



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM AMECAMECA
LICENCIATURA EN MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**Implementación de un protocolo de inducción y
sincronización de estros en ovejas Dorset en una
época no reproductiva**

T E S I S

Que para obtener el título de Médica Veterinaria Zootecnista

P R E S E N T A

Shalom Carolina Tapia García

CO-DIRECTORES

Dr. Juan José Ojeda Carrasco
Dr. Pedro Abel Hernández García

Amecameca, Estado de México, mayo, 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
CENTRO UNIVERSITARIO UAEM AMECAMECA
LICENCIATURA EN MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**Implementación de un protocolo de inducción y
sincronización de estros en ovejas Dorset en una época no
reproductiva**

T E S I S

Que para obtener el título de Médica Veterinaria Zootecnista

P R E S E N T A

Shalom Carolina Tapia García

CO-DIRECTORES

Dr. Juan José Ojeda Carrasco
Dr. Pedro Abel Hernández García

REVISORES

Dra. Virginia Guadalupe García Rubio
Dr. Enrique Espinosa Ayala

Amecameca, Estado de México, mayo, 2024

i. RESUMEN

A pesar de que la producción ovina se presenta como una alternativa viable para enfrentar la pobreza rural, el principal problema que enfrenta es la baja eficiencia. Esto se debe a que ciertas razas ovinas presenten estacionalidad reproductiva, lo que limita la producción. Por ello, los tratamientos de sincronización buscan agrupar los estros para realizar la Inseminación Artificial, en periodos relativamente cortos controlando los periodos de reproducción para incrementar la eficiencia reproductiva y productiva, así como el mejoramiento genético de los rebaños, lo que representa ventajas para los productores. El objetivo de la investigación fue evaluar un protocolo de inducción y sincronización de estros para inseminación artificial a tiempo fijo en ovejas Dorset en una época no reproductiva. El estudio se realizó con 25 hembras adultas de la raza Dorset, con peso promedio de 51.2 ± 6.52 Kg a las que se les colocaron esponjas intravaginales impregnadas con 20 mg de Acetato de Fluogestona, al retiro de las esponjas se aplicaron dosis diferenciales de gonadotropina coriónica equina, según el peso de las ovejas (500 o 600 U.I. por vía intramuscular). La detección del estro se realizó por laparoscopia de 53-56 horas de retiradas las esponjas. Después de 52 horas de la aplicación de gonadotropina se realizó la Inseminación Artificial a tiempo fijo, con semen de un carnero Dorper, en una dosis de 0.5 ml, aplicando 0.25 ml en cada cuerno uterino. A los 15 días de la inseminación artificial se introdujo un carnero Dorper para que la cubrición de hembras que repitieron celo. El diagnóstico de gestación se realizó por ecografía abdominal. De las 25 ovejas incluidas en el protocolo el 100% presentó estro. En el diagnóstico de gestación, se identificaron 20 hembras gestantes para una tasa de fertilidad del 80% (64% para inseminadas artificialmente y 14% para preñadas por monta natural). La tasa de prolificidad fue de 1.59 ± 0.855 corderos. La tasa de prolificidad para las ovejas preñadas por inseminación artificial fue de 1.77 ± 0.913 y para la monta natural de 1. Los partos múltiples incluyeron un parto de cuatrillizos, un de trillizos y cinco de mellizos, siendo la tasa de prolificidad de 2.43 ± 0.787 (17 corderos/7 partos). El protocolo de inducción-sincronización de ovejas Dorset en etapa no reproductiva resultó altamente eficiente, con el 100% de ovejas que

presentaron el estro y tasas de fertilidad y prolificidad similares a las reportadas para ovejas en época reproductiva.

Palabras clave: Inseminación Artificial a tiempo fijo, Tasa de Fertilidad, Tasa de Prolificidad.

ii. ABSTRACT

Although sheep production presents as a viable alternative to address rural poverty, the main problem it faces is low efficiency. This is because certain sheep breeds have reproductive seasonality, which limits production. Therefore, synchronization treatments seek to group estrus to carry out Artificial Insemination, in relatively short periods, controlling the reproduction periods to increase reproductive and productive efficiency, as well as the genetic improvement of the herds, which represents advantages for producers. The objective of the research was to evaluate an estrus induction and synchronization protocol for artificial insemination at a fixed time in Dorset sheep in a non-reproductive season. The study carried out with 25 adult females of the Dorset breed, with an average weight of 51.2 ± 6.52 kg, to which intravaginal sponges impregnated with 20 mg of Fluogestone Acetate. Upon removal of the sponges, differential doses applied of chorionic gonadotropin equine, depending on the weight of the sheep (500 or 600 I.U. intramuscularly). Detection of estrus carried out by laparoscopy 53-56 hours after removing the sponges. After 52 hours of the application of gonadotropin, Artificial Insemination performed at a fixed time, with semen from a Dorper ram, in a dose of 0.5 ml, applying 0.25 ml to each uterine horn. 15 days after artificial insemination, a Dorper ram introduced to cover females that repeated heat. Pregnancy diagnosis made by abdominal ultrasound. Of the 25 sheep included in the protocol, 100% presented estrus. In the pregnancy diagnosis, 20 pregnant females were identified for a fertility rate of 80% (64% for artificially inseminated and 14% for pregnant by natural mating). The prolificacy rate was 1.59 ± 0.855 lambs. The prolificacy rate for ewes pregnant by artificial insemination was 1.77 ± 0.913 and for natural mating, was 1. The multiple births included one birth of quadruplets, one birth of triplets and five births of twins, with the prolificacy rate being 2.43 ± 0.787 . (17 lambs/7 lambs). The induction-synchronization protocol for Dorset sheep in the non-reproductive stage was highly efficient, with 100% of sheep presenting estrus and fertility and prolificacy rates similar to those reported for sheep in the reproductive season.

Keywords: Fixed-time Artificial Insemination, Fertility Rate, Prolificacy Rate.

i. ÍNDICES

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Introducción de la ganadería en México	3
2.2 Primeras razas ovinas traídas a México en la época de la Colonia	5
2.3 Producción actual de ovinos a nivel mundial, nacional y estatal	7
2.3.1 Población ovina a nivel nacional	8
2.3.2 Población ovina y sistemas de producción en el Estado de México	10
2.4 Clasificación de razas ovinas de acuerdo con el fin zootécnico e importancia económica en México	12
2.4.1 Razas de pelo	14
2.4.2 Razas de lana corta y larga	15
2.5 Sistemas de producción de ovinos	17
2.6 Sistemas de producción ovina y su relevancia para los diversos sectores productivos	18
2.6.1 Sistema de producción intensivo o estabulado	19
2.6.2 Sistema de producción semi-intensivo	20
2.6.3 Sistema de producción extensivo	21
2.6.4 Sistema de traspatio.	23
2.7 Forma de comercialización de los Sistemas de Producción Ovino (SPO) de acuerdo con el sistema de producción	24
2.8 Consumo de carne de ovino en México	24
2.9 Manejo reproductivo de los ovinos	25
2.9.1 Anatomía del aparato reproductor de la oveja.	25

2.9.2	Fisiología de la endocrinología reproductiva de la oveja	30
2.9.3	Manejo y control de la reproducción	35
2.10	Protocolos hormonales	43
2.10.1	Sincronización con Prostaglandina (PG)	43
2.10.2	Progesterona más prostaglandinas (P4 + PGS)	44
2.10.3	Progesterona, prostaglandinas y gonadotropina coriónica equina (P4 + PGS + eCG)	45
2.11	Tipos de inseminación artificial	46
2.11.1	Inseminación vaginal o “disparo en la oscuridad” . . .	47
2.11.2	Inseminación Artificial cervical	48
2.11.3	Inseminación Artificial Transcervical o Intracervical. .	49
2.11.4	Inseminación Artificial por laparoscopia	50
2.11.5	Inseminación a tiempo fijo	52
3.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	53
4.	JUSTIFICACIÓN	54
5.	OBJETIVOS.	55
6.	HIPÓTESIS	56
7.	MATERIAL Y MÉTODOS.	57
7.1	Entorno experimental: instalaciones y manejo	57
7.2	Características del rebaño	58
7.3	Selección de ovejas para inducir el estro y sincronizar.	58
7.4	Manejo previo a la sincronización	59
7.5	Inicio del protocolo de sincronización	59
7.6	Retiro de las esponjas	60
7.7	Aplicación de gonadotropina coriónica equina (eCG).	60
7.8	Detección del estro	61
7.9	Inseminación artificial a tiempo fijo	61

7.10	Monta natural de la hembras repetidoras	62
7.11	Diagnóstico de gestación	62
7.12	Estimación de la tasa de fertilidad	62
7.13	Estimación de la tasa de prolificidad	62
8.	RESULTADOS	63
9.	DISCUSIÓN	70
10.	CONCLUSIONES	74
11.	REFERENCIAS	75

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Inventario Estatal y Nacional de ovinos en México 2012-2021.	9
Cuadro 2	Distintos protocolos de sincronización del estro en ovejas.	38
Cuadro 3	Presencia de estro y tasas de fertilidad y prolificidad obtenidas en el estudio	64
Cuadro 4	Número de crías y proporción de sexos obtenidos por tipo de inseminación	65
Cuadro 5	Peso individual de los corderos al nacer por tipo de inseminación.	66
Cuadro 6	Peso promedio de los corderos al nacer por tipo de parto e inseminación.	67
Cuadro 7	Peso individual de los corderos a los dos meses de edad por tipo de inseminación.	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Representación del Códice Florentino del desembarque de diferentes especies de ganado.	4
Figura 2	Ovino de raza Latxa	6
Figura 3	Ovinos de la raza Churra	6
Figura 4	Ovinos de la raza manchega	7
Figura 5	Sistema de producción intensivo de ovejas	20
Figura 6	Producción semi-intensiva de ovinos	21
Figura 7	Sistema de producción extensivo de ovinos.	22
Figura 8	Sistema de producción de traspatio	23
Figura 9	Anatomía del aparato reproductor de la oveja	25
Figura 10	Radiografía de la irrigación uterina y ovárica, con aumento 21X empleando la técnica de clarificación de tejido	27
Figura 11	Ritmo de secreción de melatonina pineal	32
Figura 12	Protocolo de sincronización utilizando prostaglandinas en hembras ovinas.	44
Figura 13	Protocolo de sincronización utilizando progesterona y prostaglandinas.	45
Figura 14	Protocolo de sincronización utilizando progesterona, prostaglandinas y gonadotropina coriónica equina.	45
Figura 15	Técnica de inseminación artificial cervical en ovinos	49
Figura 16	Técnica de inseminación artificial transcervical en ovinos	50
Figura 17	Inseminación artificial por laparoscopia	51
Figura 18	Características del rebaño empleado en el estudio	58
Figura 19	Examen por ultrasonografía abdominal	59
Figura 20	Aplicación de esponjas intravaginales impregnadas con Acetato de Fluogestona	60
Figura 21	Inseminación artificial por laparoscopia abdominal	61
Figura 22	Corderos obtenidos en la investigación.	67

1. INTRODUCCIÓN

Los rumiantes históricamente han proporcionado al hombre diferentes beneficios como leche, carne, lana y otros subproductos, como grasas para la fabricación de jabones y estiércol como fertilizante para la tierra (Retes *et al.*, 2012).

Los ovinos son considerados como una especie que tiene ventaja sobre las demás especies domésticas, ya que no tiene problemas para adaptarse a cualquier medio por sus características de tamaño corporal pequeño, alta prolificidad, fecundidad y resistencia al parasitismo, lo que dependerá de las razas (De la Cruz, 2015).

La oveja doméstica (*Ovis aries*) es una especie de rumiante pequeño muy extendida, criada principalmente por su lana, carne, leche y pieles. La especie se ha desarrollado en una diversidad de razas adaptadas para servir a propósitos en diversos entornos climáticos que van desde las zonas altas y frías de las tierras altas del norte de Europa hasta las zonas áridas de África, Asia y Australia. Las ovejas son principalmente animales de pastoreo, que cortan pastos cerca del suelo y se crían en una amplia gama de sistemas de producción alrededor del mundo, lo que refleja las condiciones ambientales prevalecientes y el contexto socioeconómico (FAO, 2010).

En México, en las últimas décadas la producción ovina ha tenido un crecimiento sostenido, constituyéndose de forma paulatina en una alternativa viable para enfrentar la problemática asociada a la pobreza rural, tanto por los ingresos económicos que se generan, como por el creciente número de pequeños y medianos productores que se involucran en esta actividad. A pesar de tratarse de una actividad pecuaria que generalmente se desarrolla como una actividad secundaria o complementaria a las actividades agrícolas, como una vía para utilizar los residuos de las cosechas, el incremento en el número de unidades de producción ovina, da cuenta de la utilidad económica y social que puede generar esta actividad (Romero, 2005; De la Cruz, 2015).

El hecho de que ciertas razas de ovinos, principalmente las destinadas a la producción de lana y carne (doble propósito), presenten una estacionalidad reproductiva y por tanto un parto al año, limita la producción (Arroyo, 2011). Es por ello que los avances logrados en programas de reproducción asistida en las diferentes especies y para el caso particular de los ovinos, abren la posibilidad de impulsar el desarrollo de esta actividad, particularmente mediante el empleo de la inseminación artificial (I.A.) como biotecnología reproductiva, que además de posibilitar mejoras en el valor genético de la descendencia, con la implementación de programas de mejora genética; también ofrece la posibilidad de programar la producción al obtener lotes de corderos homogéneos que pueden destinarse a la finalización, así como cubrir las demandas del mercado a lo largo del año (Hernández *et al.*, 2017); por lo que el objetivo de este trabajo fue implementar un protocolo de sincronización de estros para inseminación artificial a tiempo fijo en ovejas Dorset en la región de Amecameca, Estado de México.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Introducción de la ganadería en México

La historia de la introducción y los primeros desarrollos de la ganadería en México ya ha sido estudiada en algunos de sus aspectos particulares, pero no ha sido analizada de manera global. Hernán Cortés, ayudado por sus recursos, representó al criador exitoso debido a que sus intereses estuvieron marcadamente orientados a la organización de nuevas expediciones y a la forma de solventar sus necesidades, estableció criaderos de ovejas y vacas sobre las rutas de expansión que él percibió como adecuadas, en regiones no muy pobladas y apartadas de los asentamientos españoles más importantes, especialmente hacia las fronteras de Michoacán y Tehuantepec, en la vertiente del Pacífico, esta ubicación dio una relativa marginalidad a sus unidades de producción ganaderas (García, 1999).

Uno de los beneficios que la conquista de los españoles trajo a nuestro territorio para la gente nativa de esos tiempos y que a la fecha sigue beneficiando, es precisamente la ganadería, la cual gracias a las modificaciones que se le han realizado a lo largo de los años, sigue favoreciendo a miles de productores. Con el arribo de éstos, llegaron también nuevas especies mamíferas, tales como los bovinos, équidos, porcinos, caprinos, entre otras (Figura 1). En la época de la colonia, la actividad ganadera bovina que ya gozaba de una larga tradición ibérico-africana, se constituyó como el eje central para la repoblación con animales “ganadería” en el Golfo de México, realizada a expensas del despojo de tierras a los nativos (García, 1999).

De acuerdo con Doolittle, los primeros rumiantes que llegaron a la región del Pánuco en 1527 provenientes de las Islas de Cuba y La Española fueron introducidas por Nuño de Guzmán, aunque se considera que el “primer ranchero de México” fue Harnap, que intercambiaba ganado bovino por esclavos huastecos para ser empleados como mano de obra (Barrera, 1996).



Figura 1. Representación del Códice Florentino del desembarque de diferentes especies de ganado, según la reprografía de Marco Antonio Pacheco. (Fuente: Tomado de García, 1999).

Poco tiempo después, los ovinos empezaron a tomar gran importancia como especie destinada a la producción y consumo de las pequeñas familias.

Las investigaciones realizadas en torno al origen de las ovejas domésticas (*Ovis aries*), ubican su origen filogenético en el muflón asiático (*Ovis orientalis*) y los inicios de su domesticación en la región denominada Creciente Fértil que comprende los actuales territorios de Irak, Siria y Turquía, identificando diversos procesos de diversificación asociados tanto a mutaciones genéticas de la especie

ancestral, adaptaciones ambientales y la influencia generada por los propósitos humanos para la reproducción de la especie. Con la diseminación de las especies por todos los continentes, el énfasis se ha puesto en las especies de cola delgada provenientes del oeste africano (West African, Djallinke o Dwarf), como los posibles ancestros de la raza Pelibuey, introducida en las décadas de los 30-40's en México, siendo la raza más estudiada tanto por su alta capacidad de adaptación a diferentes zonas agroecológicas, climáticas y capacidad reproductiva (Aguilar-Martínez *et al.*, 2017).

2.2 Primeras razas ovinas traídas a México en la época de la Colonia

Las primeras razas españolas que llegaron al territorio mexicano traídas en el segundo viaje de Colón en 1493, fueron las razas: Latxa, Churra y Manchega, originarias de España. A partir de la cruce de estas razas, con las que fueron introducidas al país de manera subsecuente provenientes de diferentes países del mundo, se ha logrado el mejoramiento genético y aumentar la productividad de esta especie (Romero, 2005).

Ovino de raza Latxa

La denominación de esta raza ovina deriva del vocablo “Laxa”, que en el idioma vasco significa “basta”, como una forma de identificar la abundante lana burda característica de los ovinos de esta raza y que en Francia es identificada como “Manech” (mexicoganadero.com). La raza Latxa (Figura 2), es una de las razas ovinas españolas más primitivas, son animales de perfil recto, tamaño mediano, con miembros largos y tronco corto (proporciones longilíneas), con la piel fina y sin pliegues, que poseen vellón blanco abierto y lana gruesa, los cuernos se pueden presentar en ambos sexos. Es una raza autóctona de las regiones montañosas lluviosas españolas, con un alto grado de adaptación a las condiciones del medio en el que viven en los que predominan una accidentada orografía y elevada pluviosidad (RFEAGAS, 2010).



Figura 2. Ovino de raza Latxa (Fuente: Tomado de RFEAGAS, 2010).

Ovino de raza churra

Esta raza incluye ovinos de talla mediana, proporciones longilíneas, lana abundante y larga, con patrón de pigmentación periférica en pardo o negro en la parte terminal de las orejas, rodeando los ojos y labios. La altura a la cruz de los machos es de 81 y en las hembras de 68 cm. y el peso en adultos de 73 y 66 Kg, respectivamente (MAPA, 2014). El aspecto de estas ovejas es de ganado rústico, de vello desflecado y manifiesta expresión lechera muy alta (Figura 3).



Figura 3. Ovinos de la raza Churra (Fuente: Tomado de RFEAGAS, 2010).

Ovino de raza manchega

La denominación de esta raza se asocia a su origen en la Región de la Mancha, en donde además se produce mayoritariamente. Tanto por sus características productivas como por el número de cabezas que alcanzan las

poblaciones de estos ovinos, se considera como una de las más importantes (Figura 4).



Figura. 4 Ovinos de la raza manchega (RFEAGAS, 2010).

A partir de lo ya mencionado, la ovinocultura se ha desarrollado de manera considerable a lo largo de todo el territorio mexicano, y ha sido una buena fuente de ingresos económicos no solo para los grandes productores, sino también para las familias con granjas o unidades de producción de traspaso en zonas rurales, quienes, en muchos de los casos, por la disponibilidad de los recursos de la agricultura, desarrollan la producción ovina como una actividad secundaria (De la Cruz, 2015).

2.3 Producción actual de ovinos a nivel mundial, nacional y estatal

La ovinocultura es una actividad ganadera intensiva que a nivel global produjo en 2016, según datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) 9 millones 310 mil 532 toneladas de carne y que en México la cifra hasta noviembre de ese año alcanzó 56 mil 683 toneladas, casi 2% más que en 2017.

De acuerdo con las proyecciones hechas por la FAO y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), para 2026 a nivel mundial el consumo de carne ovina llegará a 2.1 kilogramos *per cápita* de forma anual, rubro en donde China es el principal productor con cerca de cuatro millones de toneladas

al año, aproximadamente 30% del total global. En lo que a importación se refiere, la Unión Europea (UE) es la región que más compra este tipo de carne a nivel mundial (38%) y en segundo lugar se ubica China (17%); tanto la UE como China necesitan importar debido a que su producción no es suficiente para cubrir la demanda para el consumo interno.

Respecto a las exportaciones de carne de ovinos, los primeros lugares son ocupados por Australia y Reino Unido, seguidos por Holanda, Uruguay, Nueva Zelanda y España; en tanto que la exportación de ovinos vivos, nuevamente la primera posición es ocupada por Australia, seguida por España, Rumania y Hungría (Ganadería.com, 2016).

A pesar de que el crecimiento poblacional en México de 2008-2021 fue de 14.7% y que la producción de carne ovina se incrementó en un 23% para el mismo periodo, la producción nacional no cubre las necesidades del consumo nacional, considerando además que ésta apenas representa el 0.5% de la producción global. En nuestro país, el Estado de México (14.2%), Hidalgo (10.4%) y Veracruz (8.7%), son las entidades que más aportaron al total nacional (Consejo Mexicano de la Carne, 2021).

En cuanto a la demanda, el Sistema Productivo Ovino (SPO), refiere que el consumo total del cárnico es de 76 mil toneladas (1000 gramos *per cápita* al año aproximadamente) de los cuales 70% pertenecieron a la producción local, mientras que el 30% restante corresponden a las importaciones (ICAMEX, 2021).

2.3.1 Población ovina a nivel nacional

De acuerdo con datos de la SAGARPA, para el periodo 2001-2021 se tuvo un crecimiento del 70% en la producción ovina nacional, al pasar de una producción estimada de carne de 36 mil toneladas en 2001 a 67 mil toneladas para 2021, reportando un inventario de alrededor de casi de 8 millones 767 mil cabezas, para el último año del periodo. El incremento en la producción nacional redujo el volumen de importaciones de carne ovina entre 2001 y 2017, de 58 mil a 10,379 toneladas, cifras que se asocian con la demanda de la población para el consumo de este

cárnico. Desde el punto de vista del mejoramiento genético, México destaca como un importante exportador tanto de animales en pie, semen de alta calidad, así como embriones, principalmente a países de Centro, Sudamérica y El Caribe (Cuadro 1) (SIAP, 2020).

Cuadro 1. Inventario Estatal y Nacional de ovinos en México 2012-2021.

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Estado de México	1,326,982	1,385,487	1,398,954	1,410,238	1,429,818	1,450,089	1,371,356	1,379,974	1,355,113	1,365,816
Total Nacional	8,405,902	8,497,347	8,575,908	8,710,781	8,792,663	8,902,451	8,683,835	8,708,246	8,725,882	8,766,678

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del SIAP, 2020

En el país, las diferentes razas ovinas se distribuyen de la siguiente manera:

- **Región centro:** 52 %, con razas productoras de carne (Suffolk, Hampshire, Rambouillet y Dorset).
- **Zona sur:** 23 %, predominando las razas de pelo (cruzas Pelibuey, Black Belly, Katahdin y Dorper)
- **Región occidente:** 14 %, con razas de pelo cruzadas con razas laneras.
- **Región norte:** 11 %, con inventario básicamente de la raza Rambouillet y cruzas de ganado de pelo (Arteaga, 2011).

A nivel nacional, en los Estados que tradicionalmente se desarrolla la ovinocultura y que aportan de manera significativa a la producción nacional como el Estado de México e Hidalgo, se han destinado apoyos gubernamentales que buscan apoyar a los productores locales a través de programas de capacitación, la implementación del mejoramiento genético, o el apoyo económico para mejorar la infraestructura y tecnología de las unidades de producción (Garduño-Villafaña y Salazar-García, 2015).

La producción de carne de ovino en el país, se estimó para el 2020 en 64 mil 758 toneladas, muy buena cifra para tratarse de esta especie; sin embargo, en comparación con las demás carnes populares como la res, el pollo y el cerdo, resulta

ser una cifra baja (Consejo Mexicano de la Carne, 2021; *Statista Research Department*, 2021).

2.3.2 Población ovina y sistemas de producción en el Estado de México.

Para el año 2021 se estima un inventario ovino de 1,365 816 cabezas (SIAP, 2020). En el Estado de México, la región que se considera con una larga tradición en la producción de ovinos es la del Valle de Toluca-Atlacomulco. Desde el punto de vista agroecológico en la entidad, los sistemas de temporal y humedad residual se consideran como los dos grandes sistemas de producción. A pesar de que la producción ovina estatal se caracteriza por sistemas de mediana producción, familiares y de traspatio, esta actividad agropecuaria tiene una fuerte influencia e impacto social principalmente en las zonas rurales, tanto en las áreas de comercio como de servicios (ICAMEX, s/f).

La región Toluca-Atlacomulco integra a 14 municipios que en su conjunto contribuyen con el 37.1% de la producción de carne ovina estatal y con el 44.9% de lana. El principal productor es el Municipio de Temoaya, seguido de los municipios de Acambay, Jocotitlán e Ixtlahuaca. Los resultados generados en esta región se asocian principalmente al aprovechamiento de recursos agrícolas empleados para la alimentación de los ovinos, como los granos, esquilmos, subproductos agrícolas y forrajes nativos. Es un hecho que existen áreas de oportunidad en cuanto a alimentación se refiere, ya que no se suplementa al rebaño de acuerdo con los requerimientos asociados a la edad o estado fisiológico del rebaño o época del año, por lo que la integración entre agricultura y ovinocultura, representa un área de oportunidad (Delgado, 2017).

Sin embargo, es un hecho que dependiendo del sistema de producción que se seleccione, los costos varían de forma considerable. En los sistemas totalmente estabulados los insumos necesarios para la crianza implican una inversión del 100%, comparados con un 60% de los requeridos para los sistemas de pastoreo, o del 80% para aquellos que combinan esta actividad pecuaria con la agricultura.

Se estima que del 70-80% del costo total de la producción se asocia a los costos de alimentación, representando la principal condicionante en la explotación ovina. Dentro de este costo, cerca del 70% es absorbido por las hembras, y en general por el rebaño de cría (ICAMEX, s/f).

El propósito principal de engordar corderos en corral es mejorar la calidad de la carne y obtener buenas conversiones alimenticias en la finalización en confinamiento; por lo que la alimentación en corrales requiere de una adecuada planeación nutricional que favorezca un rápido crecimiento de los ovinos. Los corderos son generalmente puestos en los corrales de engorda los últimos 60 a 90 días antes del sacrificio. De acuerdo con las características de la carne que desea obtenerse, desde el punto de vista nutricional pueden manipularse diversas variables que incluyen la reducción del tiempo de los ovinos en los corrales para canales más magras, o la introducción de dietas especiales en las diferentes etapas de producción (transición, iniciación, engorda, finalización). Por lo general, los corderos destinados al sacrificio son instalados en los corrales de engorda, en promedio de 60 a 90 días previos, para que alcancen el mayor crecimiento y peso antes de ser sacrificados (Esquivel y Estrada, 2014).

En contraste, en la zona templada mexiquense prevalecen los sistemas extensivos y semi-intensivos de crianza de corderos. Tradicionalmente, los corderos eran destetados a los 3 o 4 meses de edad, separándolos del rebaño para facilitar su manejo y posterior venta en pie; sin embargo, en los últimos años hay un interés creciente de los productores por realizar la engorda en corrales para venderlos ya finalizados. Las diferencias que existen entre los ovinos que son criados en condiciones de total estabulación, contra los que dependen del pastoreo; es que en los primeros el manejo nutricional les brinda raciones densas y balanceadas con altos contenidos de grano, lo que significa que desde el punto de vista energético-nutricional cuentan con los requerimientos que les permiten tener un mejor crecimiento, desarrollo y ganancia de peso, en tanto que los de pastoreo los déficits alimentarios se reflejan en mayores tiempos para alcanzar el peso y la talla, así como la producción de canales de menor calidad (ICAMEX, s/f).

De acuerdo con la estadística de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo rural (SIAP, 2020); el Estado de México es el principal productor de carne de ovino, con un total de 9 mil 184 toneladas entre enero y diciembre de 2021. A nivel municipal y conforme a los datos del 2021, los principales productores de carne para barbacoa en el Estado de México fueron: Juchitepec (430,520 toneladas) Acambay (384,940 toneladas); San José del Rincón (383,870 toneladas); Jocotitlán (353,510 toneladas); Ixtlahuaca (322,180 toneladas) y Villa del Carbón: (321 toneladas); están también Zinacantepec (282,250 toneladas); Temascalcingo (240,470 toneladas) y San Felipe del Progreso (237,650 toneladas) (El Sol de Toluca, 2022).

En la zona templada del Estado de México, siguen predominando los sistemas de producción ovina tradicionales basados principalmente en la trashumancia en pastizales nativos y áreas forestales. Consecuentemente, se trata de sistemas de baja rentabilidad, debido principalmente al uso que se da a los forrajes empleados para la alimentación, así como el manejo nutricional, reproductivo, sanitario y en su caso, de mejoramiento genético que se da a los rebaños. Así mismo, se trata de sistemas con un gran impacto ambiental por la baja sostenibilidad, asociada a la pérdida de cobertura vegetal natural, lo que a su vez propicia la pérdida de suelo y un bajo nivel de conservación de los hábitats naturales (Bobadilla-Soto *et al.*, 2021).

2.4 Clasificación de razas ovinas de acuerdo con el fin zootécnico e importancia económica en México

A medida que el uso de la lana se fue diseminando, la domesticación ha ido sufriendo cambios de acuerdo con los propósitos de la crianza. En el caso de la lana, se han seleccionado cruza de razas ovinas domesticadas con el propósito de aumentar el desarrollo del vellón o lana. Son razas de talla mediana que además de tener una alta adaptación a las regiones semiáridas, son buenas productoras de lana, con variaciones de acuerdo con la raza. La lana fina proviene de ovinos de la raza Merino y sus correspondientes cruza, siendo comunes algunas zonas de Australia y Nueva Zelanda, la península Ibérica, Sudáfrica y en el continente americano en el poniente de los Estados Unidos y diferentes países de Sudamérica.

Hasta mediados del siglo XVIII la crianza de ovinos estuvo monopolizada por España. Posteriormente, con la introducción de ovejas de la raza Ramboulliet originarias de Francia, se dio paso a la generación de variedades similares, que junto con la raza Merino representan las más importantes formadoras de lana fina (Hick *et al.*, 2009).

Otras razas importantes en la producción de lana de longitud media a larga y de menor calidad que las anteriores, son la Hampshire, Suffolk y Lincoln, representan el 15% de la población ovina a nivel mundial. En Escandinavia ovinos parecidos a las razas anteriores, pero de cola corta, producen lana de longitud media, constituyen el 3% de la población total y se caracterizan por su elevada tasa de reproducción (Mujica, 2005).

Tommey (1984), clasifica a los ovinos de lana mediana en dos subtipos:

- a) Las razas "Caras Negras o Down", de lana corta y finura mediana (50's a 56's) típicas productoras de carne, ovejas prolíficas y buenas madres, corderos de crecimiento precoz, buena alzada y desarrollo como la Suffolk, Hampshire y Shropshire.
- b) Las razas "Cara Blanca", de lana larga y finura mediana (48's a 58's), productoras de lana y carne, de buena alzada y desarrollo, corderos de buen crecimiento, pero no precoces y adecuada fertilidad tales como la Romney Marsh, Columbia y Targhee. La producción exitosa de esta raza ovina de lana mediana, exige la selección de las mejores praderas.

En contraste, las razas de pelo corto que no producen lana son características de las regiones tropicales, y la crianza está relacionada principalmente con la producción de carne. Entre las razas de este tipo están: la de Panza Negra de las islas Barbados (Black Belly), la oveja persa de cola negra; la Pelibuey y Saint Croix, Katahdin y Dorper de México y América Central (Mujica, 2005).

2.4.1 Razas de pelo

Black Belly: se identifica el origen en la Isla de Barbados, es una raza que está bien adaptada a las áreas tropicales tanto del trópico alto como bajo, aunque en México además de las regiones tropicales como el Caribe, también se encuentran en áreas templadas. Se caracterizan por ser ovinos rústicos, no estacionales, muy prolíficos y con una gran capacidad materna para el cuidado de las crías y la producción de leche, lo que les permite realizar la crianza de 2-3 corderos siempre y cuando cuenten con una adecuada alimentación. Son animales de talla media, las hembras tienen un peso que oscila entre los 40-45 kg y los machos de 60-80 kg (AMCO, 2007).

Katahdin: es originaria de Estados Unidos, es una raza que se ha difundido por toda la República Mexicana, son resistentes a los cambios de clima, adaptables, de bajo mantenimiento, producen carne magra de excelente calidad, son animales de alta prolificidad, con excelente habilidad materna, buena producción de leche y resistente a los parásitos (KHSI, 2009). Cuando la crianza se realiza en sistemas intensivos de engorda, destaca la ganancia y precocidad de los corderos. Como adultos, los machos pueden alcanzar un peso que oscila entre los 120 y 130 kg, en tanto que en las hembras el rango es de 60 a 75 kg (AMCO, 2007).

Saint Croix: Es una raza originaria de las Islas Vírgenes (en El Caribe), que predomina en estados nororientales del país, principalmente en San Luis Potosí, Nuevo León y Tamaulipas. Es un ovino de color blanco, se caracteriza por ser resistente al pastoreo en condiciones de altas temperaturas, son animales que no presentan cuernos, su color es blanco sin manchas de ningún otro color; son ovinos rústicos de alta prolificidad y adaptables a todo tipo de clima, el peso en las hembras adultas es de 45-50 kg y de los machos de 70-90 kg (AMCO, 2007).

Dorper: es una raza productora de carne, originaria de Sudáfrica, se introdujo a México en los años 90's, se encuentra distribuida sobre todo el territorio nacional gracias a su adaptabilidad a todos los climas. Los machos alcanzan un peso de 113-136 kg y el peso de las hembras oscila de 90-102 kg, poseen un pelo de color blanco

y una cabeza negra, o pueden ser totalmente blancos, en algunos ejemplares puede notarse el crecimiento de un poco de lana, que mudan sin dificultad (AMCO, 2007).

Pelibuey: es originario de Cuba, se encuentra distribuido por todo el territorio nacional, en especial en el noreste de México, donde las condiciones climáticas son típicamente desérticas. Los ovinos de pelo de raza Pelibuey han sido adaptados por los productores para la producción de corderos en sus unidades de producción. Bajo estas condiciones, esta raza ha demostrado una gran capacidad reproductiva, rustica y adaptativa, colaborando en mejorar la eficiencia productiva de los rebaños debido a su reducido manejo y bajo costo de producción (AMCO, 2007).

Existen tres variedades en color para esta raza:

- 1) Canelo, color café en todo el cuerpo, pero a veces puede presentar la cola color blanco
- 2) Blanco, totalmente blanco con pequeños puntos en las orejas y en la boca
- 3) Pinto, presenta manchas color café cuando el ejemplar es blanco y viceversa (AMCO, 2007).

2.4.2 Razas de lana corta y larga

Dorset: Estos ovinos son de tamaño mediano y talla larga, con gran desarrollo muscular lo que favorece la producción de carne, la lana es densa y blanca con fibras negras ausentes. Es una raza que no presenta cuernos; la borrega pesa alrededor de 60-70 kg y los machos de 100-160 kg. Una característica que ha sido reportada en nuestro país es que en la zona Central del territorio nacional se comporta como una raza estacional (Cruz *et al.*, 2005; AMCO, 2007)

Hampshire: es un ovino de tamaño medio, productor de carne, originario de Inglaterra, son ovinos caras negras, de rápido crecimiento, se caracterizan por su gran rusticidad, velocidad en la ganancia de peso y buenas conversiones en engordas intensivas. La raza Hampshire se desarrolla en zonas frías y templadas de los estados de Hidalgo, México, Veracruz, Querétaro, Ciudad de México, Puebla y Tlaxcala, el peso en las hembras oscila entre 80-110 kg y en los machos de 140-180 kg (AMCO, 2007).

Rambouillet: son ovinos de raza grande y porte elegante, con lana blanca y fina en todo el cuerpo excepto en la cara, que está totalmente descubierta, vigorosos, con cuernos gruesos color ámbar y espirales bien marcados solo en carneros, se desarrollan principalmente en el centro-norte del país (San Luis Potosí, Guanajuato, Hidalgo), son ovinos desarrollados extensivamente en zonas áridas, producen una lana fina que es exportada a los Estados Unidos, el peso en las hembras adultas es de 70-80 kg y en los machos de 120-150 kg (AMCO, 2007).

Romanov: es una raza originaria de Rusia, traída a México en los años 90's, se destaca por su alta prolificidad, pudiendo producir de 3-5 corderos por parto (Ponce *et al.*, 2012). Esta raza se desarrolla en los estados de Querétaro, Jalisco y Estado de México, los corderos nacen de color negro, cambiando posteriormente algunas de las fibras a blanco, dando apariencia de una lana grisácea (King, 1981). Se adapta a todo tipo de clima y su precocidad permite obtener su primer parto antes del año de edad; su peso adulto en hembras es de 50 kg y en los machos oscila entre los 80 y 90 kg (AMCO, 2007).

Suffolk: raza ovina originaria de Inglaterra, corresponde a un animal de buen tamaño. Los carneros bien alimentados llegan a pesar de 100 a 150 kg y las hembras de 60 a 90 kg, son activos, sin cuernos tanto machos como las hembras, prolíficos, las hembras son excelentes lactantes, presentan la cara, orejas y patas muy negras y libres de lana, el vellón es de color blanco (AMCO, 2007). Son de rápido crecimiento, lo que la hace que sea una raza apropiada para la producción de corderos. Es capaz de desarrollarse en una gran variedad de condiciones climáticas, aunque se adapta mejor a los climas húmedos que a los secos, debido a sus mayores requerimientos alimenticios como raza de carne (INIA, 2004).

Charollais: Raza de origen francés, que se introdujo a México en los años 30's, su principal objetivo es producir sementales para la cruce, esta raza produce una excelente canal, con un lomo largo y ancho. Se adaptan a sistemas estabulados e intensivos, las ovejas no suelen presentar problemas al parto y los machos muestran una fecundidad alta. Cabe destacar que la calidad de la lana es baja, pero si se cruza con otras razas, los corderos heredaran la calidad de la madre en

cuestión de lana, el peso en las hembras es de 90-110 kg y en los machos de 120-150 kg (INIA, 2004; AMCO, 2007).

East Friesian: esta raza productora de leche, originaria de los países bajos, incluye animales de talla grande, las ovejas pueden producir hasta más de 3 litros de leche; son ovinos que están desprovistos de lana en cabeza, patas, cola y ubre, no tienen cuernos, son altamente fértiles, tienen una elevada prolificidad, no son estacionales, es una raza de introducción reciente a nuestro país y se produce en condiciones de semi-estabulación (semi-extensivo) en el centro del país, el peso en las hembras es de 70 kg y los machos oscila entre 90-120 kg (AMCO, 2007).

Texel: es una raza originaria de Holanda, son animales de tamaño grande llegado las hembras a pesar 70 kg o más y los machos hasta 120 kg, también se caracterizan por su alta prolificidad y se usa como raza productora de carne, su vellón es blanco cremoso, largo y grueso, los sementales son utilizados en el apareamiento con otras razas para elevar la producción de leche o carne, es un animal sin cuernos y con cabeza corta (AMCO, 2007).

Ovino criollo: se considera una raza de alta rusticidad, tiene buena adaptación a los medios y una considerable producción lechera. Es un animal de constitución larga, cabeza de perfil recto, orejas largas un poco caídas con las puntas negras igual que la nariz y alrededor de los ojos. Los machos tienen cuernos y su peso oscila entre los 45 y 50 kg y 35 a 40 kg en las hembras. La producción de leche alcanza entre los 45 y 47 litros, tienen de una a dos crías, y se producen principalmente en el Estado de Hidalgo, en el Valle de Tulancingo. Sin duda alguna, conforme ha pasado el tiempo se han desarrollado técnicas y conocimientos para mejorar el rendimiento de esta noble especie, la cual poco a poco se abre puertas en mercados locales e internacionales (Ulloa-Arvizu *et al.*, 2009).

2.5 Sistemas de producción de ovinos

Los Sistemas de Producción de Ovinos (SPO), incluyen de forma integral las técnicas de alimentación, manejo y selección aplicadas a un rebaño, tomando en consideración tanto las características ecológicas y socioeconómicas de una

determinada zona geográfica. Por lo tanto, el sistema debe tener en cuenta la región, clima, recursos nutritivos, competencia con otros programas ganaderos o de cultivo, costo de las labores, acceso a medios, tecnologías de vanguardia, consulta con especialistas, así como la naturaleza del producto y la lógica imperante en el mercado (Pérez *et al.*, 2011).

Las unidades de producción en diferentes zonas geográficas, suelen variar dependiendo de la selección de razas ovinas que más se adecúen a las condiciones físicas y climatológicas, así como a otras condiciones, que incluyen:

- Características geográficas (tipo de suelo, topografía, altitud, latitud y clima) de la zona en que se ubica la unidad de producción.
- Orientaciones del mercado: demanda de ovinos en pie y canales, de acuerdo con el peso y características de la carne, respectivamente.
- Disponibilidad de apoyos gubernamentales, para el otorgamiento de recursos aplicables a las unidades de producción, acorde con las necesidades de la población.
- Costo económico de las actividades productivas, que incluyen los recursos destinados a la adquisición de piensos y/o alimentos, infraestructura (acondicionamiento del alojamiento del rebaño, equipos e instalaciones), pago por servicios veterinarios, entre otros.
- Tipo de régimen nutritivo-alimentario en función del sistema productivo (extensivo, semi-intensivo e intensivo) (Pérez *et al.*, 2005).

Al hablar de un sistema de producción, se refiere también al nivel tecnológico con el que se cuenta, y eso a su vez, se basa en las necesidades y los recursos (financieros, materiales y humanos) disponibles para la crianza. Dichos sistemas se clasifican en: intensivo, semi-intensivo y extensivo (Pérez *et al.*, 2011).

2.6 Sistemas de producción ovina y su relevancia para los diversos sectores productivos

En las regiones en las que la producción agrícola destinada al cultivo de diversas especies, es acompañada por la producción de otras especies pecuarias

como los bovinos (*Bos taurus*-*Bos indicus*) y los SPO se realizan como actividad secundaria (alrededor del 80% en el país) éstos últimos son considerados como sistemas de subsistencia. A pesar de esta condición, en los últimos años, aunque el 30% de los SPO ha mantenido sus volúmenes de producción, en el 70% restante se han incrementado debido al aumento en la demanda de este cárnico. En los SPO en transición, también hay diferencias sobre el estatus que ocupa la ovinocultura como actividad productiva, en donde sólo el 14% la realiza de forma primaria, el 57% como secundaria y el 29% como terciaria, ya que se realiza de forma conjunta con otras actividades que representan la fuente principal de ingresos para el productor. En estos sistemas en transición sólo el 60% ha logrado aumentar sus rebaños, en tanto que el 40% restante se mantiene sin cambios significativos. Los SPO comerciales tienen como actividad principal la cría de ganado bovino y otras actividades agropecuarias alternas; de las que realizan la ovinocultura solo el 39% la realiza como actividad primaria y el 61% de forma secundaria, aunque en términos generales se considera que en el 95% de estos SPO se ha incrementado paulatinamente el número de cabezas ovinas (Pérez *et al.*, 2011).

2.6.1 Sistema de producción intensivo o estabulado

En este tipo de sistemas, los ovinos se mantienen estabulados la mayor parte de su vida, en lugares que cuentan con la infraestructura necesaria para mantener bajo control variables como la temperatura, luz y humedad principalmente (Figura 5).

Se caracterizan por su alta productividad, ya que ese es su principal objetivo, incrementar la producción en el menor tiempo posible. Para este sistema es sumamente necesario tener recursos externos e inversiones económicas, para tener condiciones de infraestructura, tecnología, alimentación, mano de obra e implementos y equipos tecnológicos altamente sofisticados (Joy *et al.*, 2007).



Figura 5. Sistema de producción intensivo de ovejas (Fuente: Tomado de Joy *et al.*, 2007).

2.6.2 Sistema de producción semi-intensivo

Es una combinación de los sistemas extensivo e intensivo, en él se emplean razas ovinas de lana o de pelo. Este sistema consiste en pastorear en agostaderos, esquilmos agrícolas, o en praderas inducidas; sin embargo y a pesar de esto, los animales al encierro, son provistos con suplementos proteicos y energéticos con el fin de incrementar la productividad del rebaño (Figura 6). Con todo ello se logra una intensificación productiva en la que hay una optimización de los recursos tanto humanos como naturales, lo que representa una ventaja en términos de sustentabilidad al reducir la dependencia del uso de recursos naturales de fuera de la unidad de producción para la alimentación de los ovinos (Joy *et al.*, 2007).



Figura 6. Producción semi-intensiva de ovinos (Fuente: Tomado de Joy *et al.*, 2007).

2.6.3 Sistema de producción extensivo

Hace referencia a sistemas que presentan una baja densidad poblacional, asociada al empleo de grandes superficies para rebaños reducidos (Figura 7). Este sistema se basa en la utilización de los recursos, principalmente alimenticios, disponibles en el territorio lo que reduce considerablemente los gastos de producción. Las principales características de este sistema son:

- Los ovinos son alimentados principalmente por pastoreo con hierbas y arbustos autóctonos naturales, y en menor grado por hierbas cultivadas y pastizales mejorados para estos propósitos. Dependiendo de su origen, estos recursos alimentarios pueden variar en calidad, cantidad y disponibilidad, especialmente los naturales, dependiendo de la zona.
- Por lo general, la carga ganadera es baja ya que el tamaño de los rebaños es reducido en comparación con las extensiones de tierra en que se realiza el pastoreo. A pesar de ello, es importante que el pastoreo se realice de forma sostenible y de acuerdo con las circunstancias socioeconómicas regionales, para garantizar tanto la disponibilidad como la selección de los forrajes por parte de los ovinos (Romero, 2005).



Figura 7. Sistema de producción extensivo de ovinos (Fuente: Tomado de Romero, 2005).

Este tipo de unidades productivas integra ovinos rústicos y de baja productividad, para los cuales no existe un fin zootécnico específico. Cuando las condiciones del medio tienden a ser desfavorables, en contextos sociales de despoblación, es muy común que se presenten fenómenos de extensificación pasiva, lo que implica que los rebaños tienden a ampliar sus áreas de pastoreo a aquellas en donde ha cesado la actividad agrícola. Para muchos pequeños productores que realizan esta actividad para la obtención de carne y/o lana, ésta representa una opción que además de reducir significativamente los gastos de inversión de la producción y de mano de obra, permite hacer uso de recursos naturales durante el pastoreo, como la vegetación nativa de praderas, estepas o llanuras, que de no ser empleados se perderían, por lo que la rentabilidad, en relación al capital invertido, es alta (Garcés *et al.*, 1995).

Los principales inconvenientes incluyen la extensa duración de los ciclos productivos, así como la estacionalidad con la que se realiza la producción, ya que ésta depende de la disponibilidad de recursos alimenticios, por lo que en general, la producción de corderos es baja (Joy *et al.*, 2007). Aunque como estrategia para este

sistema, el pastoreo trashumante busca el aprovechamiento de los recursos pastables, mediante el desplazamiento de los animales a otras áreas geográficas aledañas. Esto obliga a mover el ganado de acuerdo con la disponibilidad de forraje (Contreras *et al.*, 2021).

2.6.4 Sistema de traspatio

Este sistema de producción, se realiza por lo general en comunidades rurales o en zonas periféricas a ciudades, el objetivo principal de los productores es impulsar el ahorro de recursos financieros o el aprovechamiento de algún forraje disponible de su propiedad.

Este es el sistema productivo con presencia en todo el país, una de sus características es la alimentación, la cual se basa en el empleo únicamente de los recursos disponibles, o bien, en la combinación del uso de agostaderos, praderas, esquilmos, principalmente. En éste se emplean razas y cruza utilizadas en los demás sistemas productivos (Figura 8).



Figura 8. Sistema de producción de traspatio (Fotografía propia. Shalom Carolina Tapia García).

2.7 Forma de comercialización de los Sistemas de Producción Ovino (SPO) de acuerdo con el sistema de producción

Existe diferencia entre los productores de cada SPO. Los caracterizados como SPO comerciales, han logrado tener una adecuada producción de ovinos que se asocia con la diversificación de los productos que pueden ofertar en el mercado, relacionados con ovinos vivos para posibilitar la crianza en otras unidades de producción, que incluyen: hembras primíparas, vientres o sementales; o bien, para el consumo humano, con los ovinos finalizados. El mercado objetivo de estos SPO comerciales se dirige principalmente al Estado de México, Hidalgo, Puebla y Querétaro. A diferencia de los SPO comerciales, en los SPO de subsistencia el bajo volumen de producción sólo permite que el productor pueda vender los ovinos o la carne de manera local; en tanto que los SPO de transición se ubican en una posición intermedia; y por lo tanto, la comercialización dependerá de los volúmenes de producción (Pérez *et al.*, 2011).

2.8 Consumo de carne de ovino en México

Desafortunadamente, esta carne no se encuentra presente en la dieta de las familias mexicanas, el consumo *per cápita* en México pasó de 467g de 1970 a 1000g en 2021, (Bobadilla-Soto *et al.*, 2021; Consejo Mexicano de la Carne, 2021), además de que los platillos en los que se emplea también son muy reducidos:

- Barbacoa, es el platillo preparado con carne ovina más ampliamente diseminado, especialmente en la región central del país en los Estados de México e Hidalgo.
- Birria, es una variante del platillo originalmente elaborado con ternera de res. Se consume con alta frecuencia en Aguascalientes, Jalisco, Zacatecas, Sinaloa e Hidalgo.
- Carne de borrego al pastor o preparado a las brasas, platillo típico de Jalisco, Zacatecas y Durango.
- Borrego estilo “cabrito”, preparado en el norte del país en Nuevo León y Coahuila, como una alternativa para compensar la escasez y altos costos de

los cabritos. Se utilizan corderos lechales para prepararlos al estilo del cabrito norteño.

- Cortes finos, que son los menos consumidos incluyen el “Rack francés” (costilla), paleta, chamorro con hueso y pierna con o sin hueso.

El 95% de esta carne se consume como barbacoa, la cual está en el gusto de la mayoría de los mexicanos, aunque no es un alimento que se consuma frecuentemente (Soto *et al.*, 2006).

2.9 Manejo reproductivo de los ovinos

2.9.1 Anatomía del aparato reproductor de la oveja

En los rumiantes, el útero es denominado como *bipartitus*, debido a que los cuernos no están fusionados completamente y la tabicación interna del útero tiende a ser más extensa de lo que externamente aparenta. Esta tabicación formada por la presencia del velo uterino, identifica la condición subseptada o bipartita (*subseptus* o *bipartitus*) del útero. El útero de la oveja se caracteriza por poseer unos cuernos muy largos de 10 a 12-15 cm, dispuestos en espiral, sólo presentan un ligamento intercornual, un cuerpo muy pequeño de 2 a 3 cm y un cuello de 4 cm o más (Figura 9).

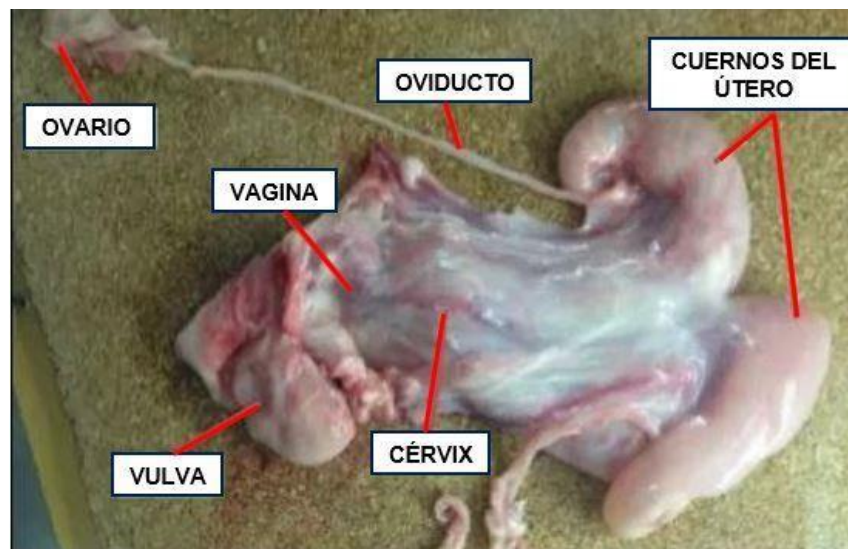


Figura 9. Anatomía del aparato reproductor de la oveja (Fotografía propia, Shalom Carolina Tapia García).

Las paredes del cuello uterino son rígidas, durante los periodos de reposo tienden a presentar tejido escleroso. Estas paredes delimitan el canal cervical estrecho, irregular y tortuoso (depresión sinuosa), que se encuentra ocluido por “bordes” espirales o transversales a manera de pliegues prominentes, llamados “anillos” que se encuentran particularmente desarrollados. Los anillos pueden variar en altura, complejidad y disposición dependiendo de la especie. Las variaciones en el tamaño del cuello, dependerán tanto de la hembra, como del número de partos.

El cérvix ovino es una estructura con una gruesa pared que se proyecta caudalmente en la vagina (Galina y Valencia, 2008). Se considera como un esfínter de la cavidad uterina por su longitud y consistencia rígida. Está formado principalmente de tejido muscular y conjuntivo fibroso.

Las propiedades del tejido conjuntivo dependen del tipo, concentración e interacciones de las moléculas que componen la matriz extracelular; por ello, las características funcionales de este órgano se alteran en forma notoria con los cambios de estos parámetros (Hafez, 2000).

Vascularización del útero

La irrigación del útero y de todo el aparato genital se caracteriza por tener grandes fluctuaciones en el volumen de sangre circulante según esté en reposo genital o en periodos de actividad, celo y/o gestación. No todas las arterias que intervienen en el riego de los órganos genitales femeninos como la ovárica, la uterina, la vaginal y la pudenda interna, proceden del mismo tronco en las distintas especies domésticas.

La vascularización del útero, está representada de forma mayoritaria por tres arterias:

1) *Rama uterina de la arteria ovárica*: Esta arteria siempre procede de la aorta abdominal, inmediatamente craneal a la mesentérica caudal, es homóloga de la arteria testicular del macho. Se la ha denominado “arteria uterovárica” porque emite una rama uterina para la porción craneal de los cuernos, aunque también emite una rama tubárica para los oviductos o tubas uterinas. Esta arteria discurre a nivel de

los músculos lumbares sujeta por el pliegue seroso al techo del abdomen y se dirige al mesoovario donde da la rama uterina; en los rumiantes es muy común encontrar a nivel del mesometrio, la anastomosis de varios ramos uterinos con la arteria uterina (Figura 10) (Anel *et al.*, 2016).

2) *Arteria uterina media o uterina media*: Nace de la arteria umbilical y a su vez ésta procede de la arteria iliaca interna, camina por el ligamento ancho, desciende a través del mesometrio para ramificarse, la distribución de las ramas varía dependiendo de la especie. En las ovejas esta arteria se anastomosa en posición craneal con ramos uterinos de la arteria ovárica y en posición caudal, con ramos de la arteria vaginal. Esta arteria irriga la porción del útero en que se desarrollará el feto por lo que aumenta su diámetro a medida que progresa la gestación haciéndose palpable en la vaca por vía rectal (Páramo, 2008).



Figura 10. Radiografía de la irrigación uterina y ovárica, con aumento 21X empleando la técnica de clarificación de tejido: (ao) arteria ovárica, (au) arteria uterina y (cu) cuerno uterino. (Fuente: Tomado de Vilá *et al.*, 2007).

3) *Rama uterina de la arteria vaginal*: es análoga a la arteria prostática en el macho. Al llegar a la vagina, emite una rama uterina que corre a lo largo de las paredes laterales de la vagina y del cérvix; adicionalmente, emite pequeñas ramas que penetran el interior de éste. Las venas uterinas forman redes semejantes a las arterias, aunque con mayor anastomosis. En ambos lados del parametrio se unen con las arterias para formar un fuerte plexo, desde el cual surgen las raíces de las ramas uterinas y la vena uterina de las venas ovárica y vaginal (Anel *et al.*, 2016). En los ovinos, al igual que en otros rumiantes, desde el punto de vista fisiológico la vena uterina tiene una menor importancia que las venas vaginal y ovárica. La vena ovárica (vena uterina principal) también conocida como vena uterovárica, forma un tronco común hacia el cual drena gran parte del útero, el ovario y los oviductos. Por su parte, la vena vaginal drena el cérvix y el cuerpo del útero, además de anastomosarse con las ramas de la vena ovárica (Hafez, 2000).

La relación histológica entre la vena uterovárica y la arteria ovárica de la oveja ha sido estudiada por diversos autores (Galina *et al.*, 1995); quienes observan que existen áreas en las cuales las paredes de los dos vasos están completamente superpuestas lo que puede favorecer la comunicación fisiológica de ambas estructuras (Rangel *et al.*, 2009).

Otro componente de la vascularización del útero, son los capilares linfáticos tienen un gran desarrollo durante la gestación, son numerosos y se agrupan para formar una densa red en la pared uterina. Aunque es difícil evidenciarlos en la mucosa, pueden identificarse en el estrato vascular en las proximidades del miometrio, como una red que se comunica con el plexo subseroso. El conjunto es drenado por varios colectores que pasan por los ligamentos anchos. El útero no posee ningún nódulo linfático propio. Los vasos de la mitad craneal del útero drenan directamente a los nódulos linfáticos lumbo-aórticos y los de la mitad caudal a los nódulos ilíacos mediales e hipogástricos y a los sacros (Vilá *et al.*, 2007; Moreno, 2011).

Inervación del útero

La inervación del aparato reproductor de la hembra, deriva de los plexos mesentéricos posteriores formados por las terminaciones nerviosas de toda la región lumbar, algunas dorsales, las primeras sacras y el plexo hipogástrico, que se forma de las últimas derivaciones lumbares, sacra y primeras coccígeas. El plexo lumbosacro comunica a los plexos hipogástrico y mesentérico, coordinando sus respuestas nerviosas. Estos dos últimos plexos, realizan un recambio en el plexo ovárico para llegar a los ganglios nerviosos, siguiendo en la mayoría de los casos las trayectorias vasculares. En los ganglios pelvianos las fibras simpáticas hipogástricas y mesentéricas se combinan con las fibras parasimpáticas provenientes de los nervios pudendos y recto-caudales (Anel *et al.*, 2016). Desde aquí, la mayor parte pasan al plexo uterino acompañando a los vasos de igual nombre, y la otra parte acompaña al ramo uterino de la arteria vaginal (Rangel *et al.*, 2009).

Encima de la pared uterina y del conducto cervical, se ubica el plexo uterino. En la vagina, el tono vaginal es regulado por el “plexo paravaginarium”, en tanto que, en el epitelio, ante la ausencia de células nerviosas, se encuentran diversos corpúsculos sensitivos, que corresponden a fibras sin mielina o poco mielinizadas, distribuidas en el endometrio y miometrio, que son las responsables de percibir los estímulos táctiles, térmicos y mecánicos en la vagina (Anel *et al.*, 2016).

A pesar de que la mayoría de estos corpúsculos sensitivos se concentran en la capa muscular, los que se ubican en la mucosa rodean a las glándulas para llegar hasta el epitelio superficial. Hasta ahora se desconoce con precisión la función del reducido número de fibras sensitivas del útero, aunque se considera que esta función puede ser variable determinada por el sistema hormonal. Aún con todo lo señalado con anterior, se ha demostrado que, a pesar de la denervación, el útero es capaz de desarrollar contracciones coordinadas y conducir todos los aspectos mecánicos asociados al parto normal (Rangel *et al.*, 2009).

Características morfofisiológicas del cuello uterino

El cérvix, llamado también cuello uterino, es un órgano de estructura similar a un esfínter que conecta la parte caudal del útero con la vagina y que está relacionado dorsalmente con la ampolla rectal y ventralmente con la vejiga urinaria (Soto y Medrano, 2008).

El cérvix, está formado principalmente por tejido conjuntivo y en pequeñas proporciones por músculo liso, lo que lo constituye como un órgano fibroso. Su pared es gruesa, con una luz estrecha debido a la presencia de prominencias transversales y depresiones de la membrana mucosa, conocidos como anillos o pliegues cervicales, que se cierran de forma espiralizada hacia los bordes (Hafez, 2000; Rangel *et al.*, 2009). El número de estos pliegues, su posición y grado de desarrollo varían de acuerdo con la especie.

2.9.2 Fisiología y endocrinología reproductiva de la oveja

Una característica de los ovinos es que son animales poliéstricos estacionales; la primera condición implica que durante la época activa de reproducción presentan múltiples ciclos estrales, en tanto que son estacionales, porque que de forma natural sólo están activos sexualmente en una determinada época del año en la que pueden reproducirse. El ciclo estral completo en las borregas incluye desde el desarrollo en el ovario de los óvulos, la preparación uterina para la gestación, la etapa de receptividad del macho y concluye con la liberación del óvulo para la fecundación. Por todo esto, es importante entender que hay varias oportunidades para que la oveja quede preñada durante una sola estación de cría (Hafez, 2000; Galina y Valencia, 2008). La condición poliéstrica estacional de los ovinos está regulada por el fotoperiodo, que varía de acuerdo con las estaciones del año y que regulan la conducta reproductiva, lo que en términos productivos representa una desventaja ya que en una gran parte del año las borregas se encuentran en anestro. Sin embargo, en México al ser un país con parte de su territorio como país tropical no se presenta este fenómeno tan marcado, aunque sí hay un pequeño descenso en las manifestaciones de estro durante los meses de marzo, abril y mayo (Arroyo *et al.*, 2011).

El ciclo estral ovino dura entre 13 y 19 días con promedio de 17 y en este se encuentran las siguientes etapas:

- **Proestro:** Corresponde a la etapa de preparación para el estro, con una duración de 2 días, en la que hay una regresión del cuerpo lúteo y se inicia el crecimiento terminal del o los folículos.

- **Estro:** Etapa en que se inicia la receptividad sexual por parte de la hembra, produciéndose al final la ovulación. La duración oscila entre 24-36 horas, mismo que puede verse disminuido por la estimulación asociada a la proximidad del macho o el coito. La ovulación ocurre generalmente a las 24 horas de comienzo del celo (14 horas tras el pico de la Hormona Luteinizante, LH), o sea hacia el final del estro. Por lo general, la mayor proporción de celos ocurren en las horas de oscuridad del día, ya sea durante la noche o la madrugada.

- **Metaestro:** Comprende el periodo de dos días posteriores a la ovulación, en el que se lleva a cabo la formación del o los cuerpos lúteos, cuya secreción de progesterona (P4) impedirá que se realice una nueva ovulación.

- **Diestro:** En esta etapa, dependiendo del número de folículos que han ovulado, se originan proporcionalmente igual número de cuerpos lúteos totalmente desarrollados. Cuando ocurre la fecundación, el cuerpo lúteo permanecerá activo a lo largo de la gestación (~145 días), en caso contrario sólo permanecerá útil de 11-12 días para luego sufrir regresión (luteosis). Lo anterior, considerando al inicio del estro como día 0 (Arroyo, 2011; Arroyo-Ledezma *et al.*, 2015).

Anestro

Después de la etapa reproductiva se produce una fase (Anestro) en la que cesan tanto los ciclos estrales como la actividad sexual. En las ovejas se han identificado tres tipos de anestro:

- Anestro estacional, que está vinculado de forma directa con el fotoperiodo (duración de las horas luz del día).

- Anestro durante la lactancia o Anestro lactacional: Se produce como resultado del estímulo mecánico de succión que realizan los corderos al lactar.
- Anestro postparto: La anovulación se presenta como una estrategia evolutiva que busca garantizar la supervivencia de la cría supeditada a la atención que reciba de la madre (Arroyo *et al.*, 2009; Gómez-Brunet *et al.*, 2012).

Debido a que la estacionalidad reproductiva de la oveja depende del fotoperiodo (horas de luz durante el día), ésta puede variar con las estaciones del año, pero también con las características climatológicas de la zona en la que habitan los animales, esto es importante debido a que el estímulo lumínico que es percibido a través de la retina se convierte en un estímulo químico al modificar la producción de la hormona melatonina producida en la glándula pineal (Figura 11). En las estaciones del año en que se reducen las horas de luz, el estro es más frecuente. La reducción del fotoperiodo, causa un aumento de la duración de secreción de melatonina por parte de la glándula pineal, que provoca la secreción de la hormona liberadora de gonadotropina en el hipotálamo; de esta forma, la melatonina juega un papel de mediador que activa el eje neuroendocrino, como respuesta al fotoperiodo (Arroyo, 2011; Gómez-Brunet *et al.*, 2012).

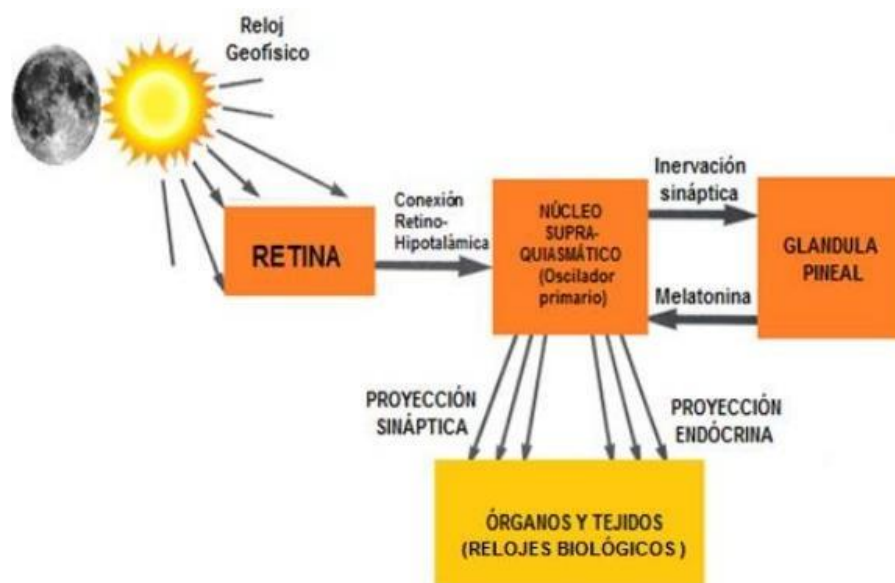


Figura 11. Ritmo de secreción de melatonina pineal (Fuente: Tomado de Gatica *et al.*, 2012).

El sistema circadiano tiene una influencia directa sobre la secreción de melatonina, proceso que ocurre durante la noche. La duración de esta secreción varía de forma inversamente proporcional al largo del día, por lo que el fotoperiodo regula la secreción diferenciada de esta hormona en las estaciones del año (Meza-Herrera, 2003; Tena-Sempere, 2012).

2.9.2.1 Etapas o fases del ciclo estral ovino

El ciclo estral en la oveja tiene una duración promedio de 17 a 18 días, integra dos fases: la primera, la fase lútea que abarca desde el 2° al 13° día; y la segunda, la fase folicular que comprende desde el día 14 hasta el día primero, contando como día 0 (cero) el día en que se presenta el estro. (Si bien se ha mencionado que el ciclo estral tiene una duración de entre 17 a 18 días, se ha observado que es más corto en corderas que en ovejas adultas, con 16.8 y 17.2 días, respectivamente Abecia y Forcada, 2010).

2.9.2.2 Control neuroendocrino del ciclo reproductivo

La estacionalidad reproductiva representa una estrategia de adaptación en términos de selección natural, que condujo al desarrollo de mecanismos especiales capaces de detectar las variaciones ambientales, así como determinar el periodo más propicio para la reproducción (Arroyo, 2011). Del conjunto de factores ambientales, el más repetible y sin variabilidad entre un año y otro es el fotoperiodo, por lo que la duración de las horas de luz, es determinante en la sincronización del ciclo reproductivo anual de la oveja. Para detectar estas variaciones en el fotoperiodo, los ovinos emplean a nivel del sistema nervioso central una red neuronal capaz de modificar las señales luminosas en respuestas hormonales, de modo que la duración de las horas de luz durante el día influye en la sincronización del ciclo reproductivo de las ovejas durante el año, a través de la síntesis y secreción de melatonina (Barrell *et al.*, 2000).

En este mecanismo, la señal luminosa es captada por la retina del ojo, para transformarse en una señal eléctrica que se conduce a través del tracto retinohipotalámico desde la retina hasta el hipotálamo, en donde la señal es captada

por el núcleo paraventricular para llegar al ganglio cervical superior en el cerebro posterior.

Cuando llega a este punto, la señal eléctrica se convierte en una señal química que estimula la liberación de noradrenalina en el ganglio cervical superior. La noradrenalina es captada por los receptores α y β -adrenérgicos de los pinealocitos de la glándula pineal, induciendo la síntesis de N-acetil-transferasa, enzima fundamental para la síntesis de melatonina (Arendt, 1998), proceso que se realiza a partir del triptófano durante las horas de oscuridad. En las estaciones de días largos, por lo tanto, se reduce la síntesis de melatonina y en cambio, se promueve la síntesis de dopamina que induce el anestro estacional en las ovejas (Malpaux *et al.*, 2002; Rosa y Bryant, 2003).

En una condición inversa, durante los días cortos, la mayor duración en la síntesis y secreción de melatonina inhibe la producción de dopamina, con el consiguiente restablecimiento de la actividad estral y la ovulación (Arroyo, 2011).

2.9.2.3 Efecto de la Kisspeptina y la GnIH (Hormona Inhibidora de Gonadotropinas) en el Ciclo Reproductivo de la Oveja

Recientemente se descubrieron dos péptidos del tipo RF-amida con efectos en el ciclo reproductivo de las ovejas: la Kisspeptina (también conocida como Metastina) y la Hormona Inhibidora de Gonadotropinas (GnIH) (Oakley *et al.*, 2009). Diversas investigaciones han mostrado que la Kisspeptina tiene efectos directos en la activación del eje reproductivo, estimulando la secreción de gonadotropinas tanto en roedores como en ovejas (Meza-Herrera *et al.*, 2010; Arroyo, 2011).

En la oveja, las neuronas kisspeptina se localizan en el núcleo arcuato y en el área preóptica y parecen ser determinantes en la presentación del pico preovulatorio de la Hormona Luteinizante (LH), responsable de estimular a los folículos para la liberación de óvulos, así como de preparar al útero para que se realice la implantación (Clarkson *et al.*, 2008).

Por otro lado, la GnIH se identificó inicialmente en el sistema hipotálamo-hipofisiario de la codorniz, determinando que inhibe la síntesis y secreción de gonadotropinas, proceso que es facilitado debido al contacto directo entre las neuronas de GnIH y HnRH de aves y mamíferos (Arroyo, 2011).

2.9.3 Manejo y control de la reproducción

La planeación reproductiva es de mucha importancia en las unidades de producción ovina, debido a que el conjunto de factores productivos y de manejo, operan de forma interdependiente, por lo que se tienen que organizar en función del calendario reproductivo que se elabore. La previsión del mismo va a posibilitar el prever la compra de materias primas para alimentación de los animales, en su caso la contratación de mano de obra extra, de la misma forma conocer de manera anticipada los momentos de venta y, por tanto, contar un mejor control de los ingresos y gastos a lo largo del año, entre otros aspectos (Daza, 2002).

De acuerdo con lo anterior, es lógico suponer que se trata de una oportunidad de mejora de la rentabilidad en la unidad de producción pecuaria, debido a procesos de homogenización, consiguiendo producciones “fuera de estación”, que permite que se puedan obtener precios más altos durante ciertas temporadas. En consecuencia, aquellos productores capaces de colocar en el mercado productos “fuera de estación”, se beneficiarán de los mejores precios, aumentando así la rentabilidad, objetivo que se consigue minimizando o contrarrestando las limitaciones que supone la estacionalidad reproductiva en los ovinos, mediante el empleo estratégico y planificado de tecnologías reproductivas, en particular aquellas orientadas a inducir ciclos estrales, durante las estaciones que de manera natural se mantiene el anestro a causa del fotoperiodo (Abecia *et al.*, 2012). Esta opción, además de ser una estrategia es también una herramienta esencial para la intensificación de la producción ovina (Hernández *et al.*, 2011).

En términos generales, el manejo reproductivo en el ovino puede clasificarse en natural, mediante la alteración de fotoperiodo, la implementación del *flushing* o el “efecto macho”; por otro lado, puede definirse como manejo reproductivo

farmacológico, usando distintos productos hormonales, como la melatonina, prostaglandinas o progestágenos, entre otros (Haresign, 1981).

La alteración del fotoperiodo involucra la exposición de las ovejas a una duración del día disminuida artificialmente (disminución de las horas luz) tras un periodo de duración prolongado. Cuando se emplea, sólo acelera el inicio del periodo reproductivo, aunque los resultados son muy variables (Buratovich, 2010).

El *flushing* consiste en incrementar el aporte nutricional de las ovejas con respecto a la energía y proteína de la dieta, por un periodo de entre 3 a 4 semanas previas al momento en el que se planea el inicio de la temporada reproductiva. Con este manejo se observa que la condición corporal de las ovejas mejora, además de mostrarse una mayor tasa de ovulación; y, por tanto, de una mejor fertilidad. Por esto, responden de mejor manera cuando la condición corporal es intermedia (2.5-3.5). Este tipo de manejo se utiliza normalmente con el propósito de mejorar la prolificidad y la fecundidad, pero no con el objetivo de inducir y sincronizar el estro (Gonzales-Garzón *et al.*, 2021).

El efecto macho se produce por la introducción de carneros a un grupo de ovejas que han estado apartadas de los machos varias semanas antes (al menos 4); con esto se produce un efecto mediado por estímulos sociales quimiosensoriales, táctiles o visuales que provocan fuertes efectos sobre la función reproductiva. El macho induce la producción y secreción de gonadotropinas en la oveja, así como la ovulación en hembras en anestro (Delgadillo *et al.*, 2009).

En cuanto al manejo farmacológico del ciclo reproductivo, tiene su sustento en la administración de hormonas exógenas que modifican los patrones reproductivos (Abecia *et al.*, 2012); ya sea prolongando la fase luteal por medio de la administración de progesterona (P4) o sus análogos; o bien, interrumpiéndola con el uso de prostaglandinas PGF_{2α} o sus análogos sintéticos, o también modificando el patrón anual de reproducción con melatonina (Malpaux *et al.*, 1999; Pope & Cárdenas, 2004; Vilarino *et al.*, 2013).

2.9.3.1 Sincronización del estro en ovejas

La sincronización tanto del estro como de la ovulación en las hembras ovinas además de estar determinado por el control de la fase luteal del ciclo estral, depende de cómo se desenvuelve el ovario durante la fase folicular, dado que el crecimiento folicular es independiente de la fase del ciclo estral (Senger, 2003).

Cuando se realiza la sincronización del estro, no es necesario detectarlo, sino que el protocolo de IA o monta directa debe realizarse en el tiempo prefijado, en función del tratamiento hormonal implementado. El tiempo varía un poco entre las hembras, aunque el estro en la mayoría se presentará entre las 36 y 48 horas y la ovulación 60 horas después de que fue retirado el dispositivo impregnado con progestágeno. Bajo estas condiciones, el momento para realizar la inseminación artificial dependerá si ésta se realiza por vía intrauterina o cervical.

Para inducir el estro y la ovulación en las ovejas se utilizan métodos farmacológicos que además de efectivos son de fácil aplicación, lo que permite una manipulación adecuada de la fisiología reproductiva y con ello, la instrumentación de programas reproductivos que favorecen la producción de esta especie pecuaria.

En este caso, es necesario diferenciar los términos sincronización e inducción. La sincronización corresponde al procedimiento que se realiza para homogenizar los ciclos de borregas que presentan cuerpo lúteo (CL) funcional; en tanto que en la inducción, se busca reducir el anestro en las ovejas (Raso, 2004).

2.9.3.2 Protocolos de Sincronización en ovejas

Los protocolos de sincronización del celo en ovinos se refieren normalmente al uso de tratamientos con progestágenos intravaginales, que son fundamentalmente las esponjas, que se mantienen dentro del animal durante 12 o 14 días. Este procedimiento se implementó por primera vez en la década de los 60's y continúa aplicándose en la actualidad. En el Cuadro 2, se presentan algunos ejemplos de protocolos empleados para la sincronización del estro, en los que se muestran algunas de las variantes utilizadas.

Cuadro 2. Distintos protocolos de sincronización del estro en ovejas

PROTOCOLO	Ovejas seleccionadas	Tratamientos	Aplicación post-retiro	% Estro	Inicio de estro (en horas)*	Referencia
Esponjas intravaginales impregnadas con acetato de Fluogestona (FGA) Dispositivos (CIDR) con progesterona natural	296 ovejas Pelibuey Condición corporal: 2-4/5 Peso $\bar{X}$: 37.8±3.0 kg	Grupo esponjas 40 mg de FGA por 12 días	Aplicación al azar de 200 o 250 UI de eCG	89.30	24h-29.33 ^b	Aké-López <i>et al.</i> , 2014
					36h-23.33 ^a	
		Grupo CIDR: Dispositivos intravaginales con 0.3 gr de PN por 12 días		93.15	48h-36.66 ^a	
					24h-43.15 ^a	
					36h-28.08 ^a	
		48h-21.91 ^b				
Inyecciones intramusculares de análogos de PGF _{2α}	20 ovejas de pelo Condición corporal: 3/5 Peso $\bar{X}$ 37.8±3.0 kg	T1: 2 inyecciones IM de 500 µg de cloprostenol con intervalo de 8 días	No aplica	90	34.4 ± 4.90 ^a	Arroyo-Ledezma <i>et al.</i> , 2015
		T2: 4 inyecciones IM de 500 µg de cloprostenol, 2 el día cero c/8h y 2 el día 8 con intervalos de 8h		100	34.8 ± 3.70 ^a	
Pre-sincronización (Pr-S) con 125 µg cloprostenol sódico (análogo de PGF _{2α})	30 ovejas Katahdin X Pelibuey Condición corporal: 3.2/5 Peso $\bar{X}$: 45±3.1 kg	Grupo Testigo: Pr-S: 1 ^a dosis, día -20 2 ^a dosis, día -11 3 ^a dosis, día -2			80	40.0 ± 2.92 ^a
Esponjas intravaginales impregnadas con Acetato de Fluogestona (FGA)		Grupo FP: Pr-S: 1 ^a dosis, día -24 2 ^a dosis, día -15 Tratamiento día-7 Esponja con 20 mg de FGA, por 5d	Final: 125 µg cloprostenol sódico IM	100	55.20 ± 4.80 ^b	
Inyecciones IM de Gonadorelina (análogo de GnRH), según el tratamiento		Grupo GP: Pr-S: 1 ^a dosis, día -26 2 ^a dosis, día -17 Tratamiento día-9 50 µg de Gonadorelina	Día -2: 125 µg cloprostenol sódico IM	90	43.55 ± 1.23 ^a	
CIDR con una dosis de 0.3 g de PGF _{2α} (Progestágeno intravaginal)	30 ovejas de pelo Pelibuey X Black Belly Condición corporal: 3/5 Peso $\bar{X}$ 35±2.4 kg	T1 0.3 g de PGF _{2α} por 5 días	2 días pre-retiro 5mg de Dinoprost IM	80	29.8±2.9 ^a	Balan-May <i>et al.</i> , 2021
		T2 0.3 g de PGF _{2α} por 7 días	2 días pre-retiro 5mg de Dinoprost IM	100	38.6±3.1 ^b	
		T3 0.3 g de PGF _{2α} por 9 días	2 días pre-retiro 5mg de Dinoprost IM	100	39.9±4.4 ^b	
Esponjas intravaginales impregnadas con Medroxiprogesterona-MPA (40 mg)	48 ovejas de pelo Pelibuey X Camuro Condición corporal: 3/5 Peso $\bar{X}$ 37.8±3.0 kg	GENERAL (Prostal)	1.0ml/IM			López <i>et al.</i> , 2021
		Control	Sin eCG	95	58.3±10 ^b	
		T1	100 UI de eCG	100	52.01±17 ^c	
			250 UI de eCG	93	60.8±25 ^b	
		T3	400 UI de eCG	98	37.1±12 ^a	
Dispositivo intravaginal CIDR® (N=Nuevos; R= Reutilizados)	172 ovejas Katahdin X Dorset Condición corporal: 3/5 Peso $\bar{X}$: 59 kg	T1 CIDR-N	No se aplicó fármaco después del retiro	95	40±10 ^b	López-García <i>et al.</i> , 2023
		T2 CIDR2-2 ^a R		100	31±9 ^a	
		T3 CIDR3-3 ^a R		93	37±13 ^{ab}	
		T4 CIDR4-4 ^a R		98	37±11 ^{ab}	

* Distintas literales representan diferencias significativas (P≤0.05)

Habitualmente, cuando se retira la esponja, se administra una inyección de gonadotropina coriónica equina (eCG), que antes se conocía como gonadotropina del suero de la yegua gestante (PMSG), que tiene un 50% de actividad FSH y otro 50% de actividad LH. La FSH es la hormona que favorece el crecimiento de los folículos ováricos y la LH favorece la maduración final y provoca la ovulación (pico de ovulación). De esta forma, se tiene un mejor crecimiento de los folículos al final del tratamiento y, con dosis crecientes de eCG, se puede aumentar la tasa de ovulación (Arroyo-Ledezma, 2015).

Cuando se habla de tratamientos progestativos intravaginales, se hace referencia normalmente a esponjas vaginales, que son dispositivos fabricados a partir de espuma de poliuretano de alta densidad, impregnadas con progestágenos generalmente con dosis variables (30, 40 o 45 mg) de acetato de fluorogestona (FGA), o de Acetato de Medroxiprogesterona (MAP), en dosis de 60 mg, que son insertadas en el fondo de la vagina en contacto directo con el cérvix. Es importante considerar que el uso de la esponja predispone a un incremento de la microbiota bacteriana lo cual puede causar vaginitis que por lo general no repercute en la fertilidad, más aún cuando se emplea la técnica de inseminación por laparoscopia; algunas ocasiones pueden generarse adherencias que pueden provocar problemas reproductivos en el rebaño (Abecia *et al.*, 2012). A pesar de esta consideración, se reconoce como un método efectivo de sincronización, tanto por la practicidad y bajo costo, pero en especial por los resultados que se logran, en que se reporta que en promedio el 94,4% de las ovejas logran presentar el estro después de este procedimiento. Para elevar su efectividad, el uso de las esponjas debe estar asociado a la administración de eCG, ya que las ovejas no entran en celo sino hasta después de que la esponja es retirada. Los tratamientos deben mantenerse durante 12-14 días, para evitar que el cuerpo lúteo funcional permanezca más allá de la duración del tratamiento (Verdoljak *et al.*, 2017).

Para manipular el ciclo estral de las borregas, es necesario conocer diferentes aspectos que incluyen entre otros, el comportamiento reproductivo y las condiciones ambientales y de los espacios físicos en los que se realiza su crianza.

De igual forma es necesario considerar las orientaciones fisiológicas de las borregas, principalmente el estado corporal, las técnicas de manejo que se siguen en los lugares donde se mantiene a los animales, así como gastos adicionales que deben realizarse de acuerdo con la disponibilidad de presupuesto con que se cuente. Previo a la selección del método de sincronización a emplear, la eficacia debe estimarse en función de los objetivos productivos por lo que es importante tomar en cuenta parámetros como la edad, raza, técnicas, tipo de producción, condición corporal entre otras, que deben ser consideradas antes de escoger un método para elegir el que más adecúe a las necesidades específicas de la unidad de producción (Lozano-González *et al.*, 2012).

El periodo idóneo para realizar la sincronización de estros es cuando las ovejas presentan el ciclo estral, lo que implica que en los ovarios de forma natural existen cuerpos lúteos o folículos maduros y el eje Hipotálamo-Hipófisis-Gónadal funciona con normalidad. El propósito de la aplicación de los tratamientos de sincronización es lograr agrupar los estros para realizar la IA a las borregas del rebaño, en periodos relativamente cortos controlando con ello los periodos de reproducción. Para realizar la sincronización de estros, pueden emplearse dos métodos: el primero, implica la supresión o inducción del cuerpo lúteo para que las ovejas alcancen la fase folicular al mismo tiempo; y el segundo consiste en la supresión del desarrollo folicular durante una fase luteínica extendida artificialmente (Hernández, *et al.*, 2017).

El método por el que se opte, estará supeditado a la raza de los animales, época del año, localización geográfica y las variaciones climáticas asociadas a ésta, las condiciones de manejo y los costos del procedimiento. En general, los métodos empleados para manipular los ciclos reproductivos, se clasifican en farmacológicos y naturales; los primeros, resultan altamente eficientes, ya que en ovejas con anestro estacional pueden obtenerse en lugar de uno, dos partos por año; en tanto que los naturales, si bien son más baratos, tienen la desventaja de no agrupar tan estrechamente a las hembras en celos y solo se puede utilizar en ciertas regiones y determinada época del año (Hidalgo *et al.*, 2015).

2.9.3.3 Empleo de Progestágenos (P4) en sincronización

La progesterona es conocida como la hormona del mantenimiento de la gestación en todas las especies, de acuerdo con la fisiología, es producida por el cuerpo lúteo, aunque en especies como la yegua, perra, gata y cabra, también es producida por la placenta, especialmente en los últimos dos meses de la gestación. Un caso aparte está representado por las cerdas en las que el cuerpo lúteo produce la progesterona a lo largo de la gestación. Las funciones reproductivas de la progesterona comprenden:

- Implantación
- Mantenimiento de la gestación
- Disminución de la contractilidad del músculo uterino
- Favorecimiento del crecimiento del endometrio como preparación para el proceso de la gestación
- Facilita la liberación láctea (glándula mamaria)
- Ha sido empleada en el control del ciclo estral y en sincronización de estros

El empleo indiscriminado de ésta puede ocasionar neoplasias y facilitar el desarrollo de hiperplasia endometrial quística, mucometra e incluso infecciones uterinas especialmente en perras (Arroyo-Ledezma *et al.*, 2013).

A diferencia de las prostaglandinas, el uso de la progesterona en forma natural o sintética puede realizarse en cualquier fase del ciclo estral, con excelentes resultados para inducir el estro en periodos de menor actividad reproductiva. La progesterona exógena ejerce acción de bloqueo temporal del ovario, pues inhibe la secreción pulsátil de hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) por el hipotálamo, impidiendo que se presenten el estro y la ovulación, al causar un efecto semejante al que produce la progesterona endógena. Su acción concluye una vez que la fuente es retirada, lo que induce a que en pocos días se presente el estro (Lozano-González *et al.*, 2012).

De forma artificial, el método más sencillo de inducción de la conducta estral y la ovulación, es el uso de progestágenos que actúan imitando la presencia de

cuerpo lúteo del ciclo natural (Arroyo, 2011). A pesar de los resultados reproductivos que logran obtenerse con este procedimiento, la valoración sobre la calidad de la ovulación, las alteraciones en los patrones de liberación de la LH, el bienestar animal e incluso la salud pública, están cuestionando su utilización dando impulso al desarrollo de nuevos protocolos, de una temporalidad más reducida, empleando dispositivos más efectivos y menores dosis (Abecia *et al.*, 2012).

2.9.3.4 Empleo de Gonadotropina coriónica equina (eCG)

La Gonadotropina coriónica equina (eCG) anteriormente conocida como PMSG (por las siglas en inglés de Pregnant Mare Serum Gonadotropin), es una hormona placentaria, secretada en las copas endometriales que se han formado aproximadamente en el día 40 en yeguas gestantes. Es una hormona glicoprotéica con peso molecular aproximado de 70,000 Daltones, lo que hace que no aparezca en la orina, aunque se encuentre circulando en la sangre. Sus subunidades α y β son muy similares a las de la LH y la FSH, diferenciándose porque el 45% de su masa está representado por carbohidratos, particularmente ácido siálico, que se vinculan a sus características farmacocinéticas particulares, como una vida media prolongada que favorece su uso en una sola aplicación (Rodríguez *et al.*, 2016).

Las dosis de eCG que suelen administrarse vía intramuscular el día 12 del tratamiento con progestágenos, oscilan entre 200-800 UI, cuya variación dependerá de la edad, raza, peso, época del año y lactancia, la eCG por poseer una actividad predominante de Hormona Folículo Estimulante (FSH) y también de la Hormona Luteinizante (LH), activa los ovarios promoviendo el desarrollo de los folículos, se puede acortar el intervalo de aparición de estro, su duración y aumentar la tasa de ovulación (Arroyo-Ledezma *et al.*, 2013; Arroyo-Ledezma *et al.*, 2015).

La administración de eCG, al momento de remover la fuente de progesterona o progestágeno, estimula el crecimiento folicular; al mismo tiempo, la aplicación de un análogo a prostaglandinas ($\text{PGF}_{2\alpha}$), causa lisis en las hembras que presentan cuerpos lúteos funcionales al final del tratamiento, eso permite el regreso del eje hipotálamo-hipófisis-gonadal retomando los eventos endocrinos que inducen el estro y la ovulación (Rodríguez *et al.*, 2016).

La eCG, debe emplearse con precaución, ya que provoca el aumento de la tasa de ovulación. En razas prolíficas se emplean dosis pequeñas, ya que su aplicación incrementa la posibilidad de partos gemelares, demandando un mayor esfuerzo metabólico por parte de la oveja, así como buen desarrollo de su habilidad materna. Estudios realizados en condiciones tropicales con ovejas de la raza Pelibuey a las que se les suministraron dosis de 200-250 UI de eCG, mostraron altos porcentajes de inducción del estro, encontrando una diferencia significativa con la mayor dosis. Al respecto, en otras investigaciones se ha observado que, debido al desarrollo de anticuerpos, el uso sistemático de esta hormona puede ocasionar que la fertilidad se vea disminuida (Abecia *et al.*, 2012).

2.10 Protocolos hormonales

Debido a que el cuerpo lúteo tiene como función regular la duración del ciclo estral, se han desarrollado métodos de manipulación para la sincronización de estros, algunos de los cuales buscan imitar la función lútea, en tanto que otros en ocasionar lisis al CL (Abecia *et al.*, 2012) Entre los métodos que imitan la función del cuerpo lúteo, al actuar como inhibidores de la liberación de gonadotropina, incluyen la administración de progesterona de origen natural o sintético (progestágenos) mediante el uso de dispositivos intravaginales (Lozano-González *et al.*, 2012) o implantes subcutáneos que se colocan en la cara dorsal de la oreja, como el Crestar®, un dispositivo de silicona inerte con 1-3g de progesterona (P4). Los progestágenos de mayor uso son el FGA (Acetato de Fluorogestona) un esteroide fluorado sintético y el MAP (Acetato de Medroxiprogesterona) un inhibidor de las gonadotropinas hipofisarias. Es recomendable que estos progestágenos sean aplicados en periodos de 12 a 14 días, equivalentes a la duración del diestro.

2.10.1 Sincronización con Prostaglandina (PG)

Este procedimiento consiste en la aplicación de 10mg de prostaglandina (PGS) por vía intramuscular (IM), suministrada en dos dosis, con un intervalo de entre 7 y 12 días entre cada una (Figura 12). La presencia del estro es de 24 a 48 horas después de la última aplicación, y la ovulación se presenta de 10 a 12 horas

después de haber iniciado los signos del estro. Sin embargo, este estro se presenta con una baja tasa de fertilidad (Arroyo-Ledezma *et al.*, 2015).

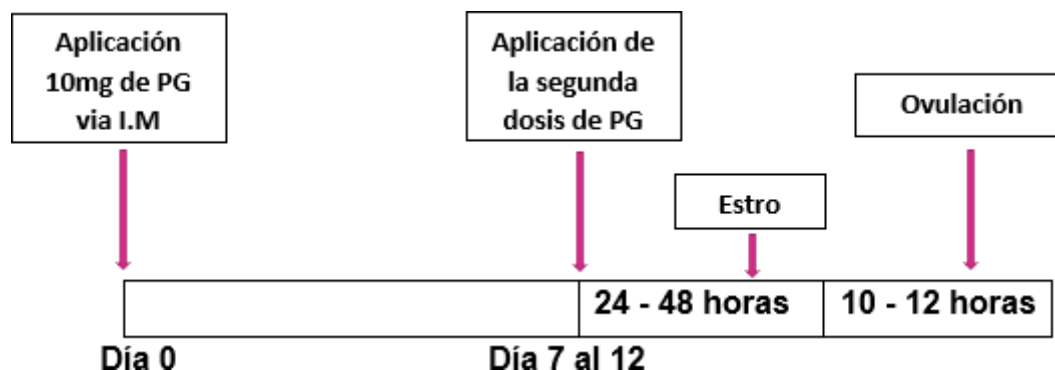


Figura 12. Protocolo de sincronización utilizando prostaglandinas en hembras ovinas. (Fuente: Adaptado de Lozano-González *et al.*, 2012).

2.10.2 Progesterona más prostaglandinas (P4 + PGS)

Para este procedimiento, se inserta la esponja o dispositivo subcutáneo cargado con dosis de 30 a 60mg de progestágeno natural o sintético como FGA o MAP (Tondello *et al.*, 2010). El día de la inserción del dispositivo es considerado el día 0, si se trata de esponja, tampón o dispositivo siliconado, su colocación debe ser intravaginal de 10 a 12 cm. Es indispensable hacer uso correcto de las medidas sanitarias debidas (uso de antibióticos y técnicas de asepsia del instrumental y equipo a emplear) para evitar infecciones en las hembras. Los dispositivos intravaginales, deben permanecer colocados entre 9 y 14 días. Tanto en el momento de la inserción como del retiro del dispositivo, es necesario aplicar una dosis IM de prostaglandinas (PGS), en proporciones de 0,12-0,30 µg dependiendo del producto que se utilice. Con el retiro del dispositivo, se suprime el aporte de P4 (Progesterona), con lo que la inhibición de GnRH se anula (Figura 13). Posterior a la aplicación de la PGS, se espera que el estro se manifieste de 36-48 horas posteriores, y la ovulación 10 horas después del estro. Con este protocolo, se presenta un incremento en el número de corderos, dada la presentación de partos

gemelares, pero una baja tasa de fertilidad y parición por la tendencia a presentar estros infértiles (Tondello *et al.*, 2010).

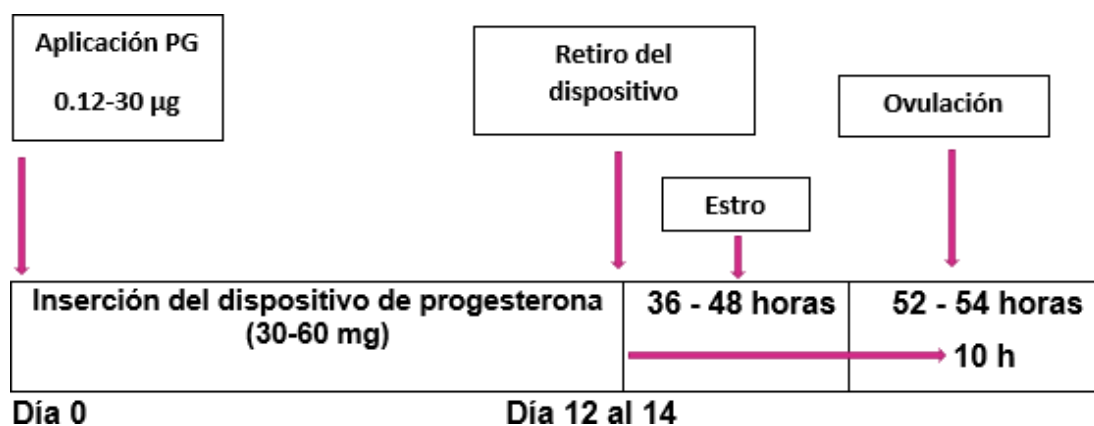


Figura 13. Protocolo de sincronización utilizando progesterona y prostaglandinas (Fuente: Adaptado de Lozano-González *et al.*, 2012).

2.10.3 Progesterona, prostaglandinas y gonadotropina coriónica equina (P4 + PGS+ eCG)

Es un protocolo en el que la administración de la prostaglandina no se realiza al inicio del mismo, sino al retiro de la fuente de P4 y al mismo tiempo que se administra eCG, pudiendo ser en dosis de acuerdo a la raza, edad y peso de las hembras.

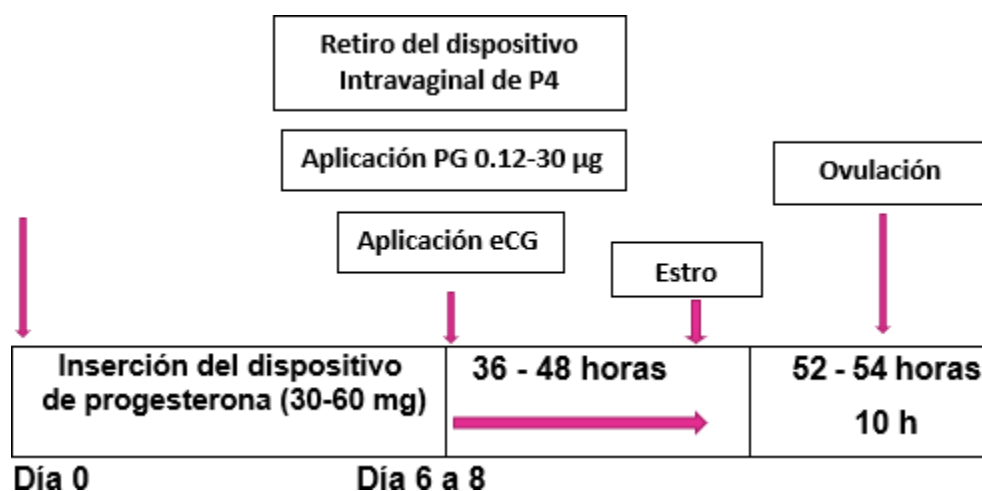


Figura 14. Protocolo de sincronización utilizando progesterona, prostaglandinas y gonadotropina coriónica equina (Fuente: Adaptado de Lozano-González *et al.*, 2012).

2.11 Tipos de inseminación artificial

La primera inseminación artificial fue realizada por Lázaro Spallanzani, un fisiólogo italiano, en una perra que después de 62 días parió tres cachorros. Pasaron 100 años antes de que Heape en 1897, sentara las primeras bases sobre la relación que existe entre estacionalidad y reproducción; así mismo, para que otros investigadores en muchos países, reportaran la utilización de la IA en caballos, perros y conejos. En 1899, Iliá Ivanov fue el primero en sentar las bases para mejorar los procedimientos prácticos de la IA. Este autor, en 1922, reportó en el *“Journal of Agricultural Science”*, el haber realizado inseminaciones en especies diversas como perros, lobos, caballos, ovinos y aves, con el siguiente desarrollo de vaginas artificiales, diluyentes y aplicadores (Hernández *et al.*, 2017).

Una de las maneras de intensificar el mejoramiento genético y productivo es el uso de biotecnologías de la reproducción. Dentro de estas tecnologías, la Inseminación Artificial (IA) ofrece mayores y mejores resultados a través de la optimización de los reproductores, ya que a partir de la producción de semen de un solo macho pueden inseminarse una gran cantidad de hembras, lo que incrementa el número de crías por semental en cada ciclo anual (Oliveira, 2009).

La inseminación artificial es una herramienta excelente y fundamental para el productor de ganado ovino, proporcionando los medios para la realización de las mejoras genéticas en corto tiempo, es una técnica que requiere la asistencia humana para introducir el semen en la vagina de la hembra sin que intervenga el macho. Sin duda esta técnica es una gran opción para incrementar la producción en carne y leche, ya que es una tecnología reproductiva relativamente sencilla y la que más ventajas tiene con relación al mejoramiento genético y al costo para su implementación. Cuando se realiza la IA en pequeños rumiantes, se debe prestar especial atención a los factores que pueden afectar la fertilidad de la especie de que se trate. Por ejemplo, la disposición anatómica del cérvix y de los procesos de dilución-conservación tanto del semen refrigerado como del congelado, entre otros (Arroyo-Ledezma *et al.*, 2015).

La ventaja más relevante de esta técnica, es el notorio incremento de la cantidad de hembras que pueden ser cubiertas con un solo reproductor. En la especie ovina, al emplear semen fresco en la IA, es posible que un semental sea capaz de cubrir más de 2000 hembras por mes de trabajo. Para el área zootécnica, las ventajas son más relevantes, debido a que permite a través del uso de sementales seleccionados el mejoramiento de la calidad de los productos (lana, carne y leche, entre otros), esto por el avance genético de los machos (Soto y Medrano, 2008).

Las desventajas de esta técnica son pocas con relación a los beneficios, probablemente la más importante sería que se debe contar con un técnico calificado y con equipo necesario para inseminación, además de que deben establecerse prácticas de manejo para identificar a las ovejas cuando están en celo o receptivas. Cuando se requiera el uso de la IA en grandes rebaños, será necesario también la sincronización de los celos, ya que, sin éste último, la inseminación no tendrá los resultados deseados, ya que las hembras ovinas son reproductivamente estacionarias, y si se espera la presencia del celo natural es muy probable que el personal requerido no esté completo, ni mucho menos listo para la realización de la misma. Es por ello que hoy en día los métodos más comunes para la sincronización de celos, son aquellos en los que se emplean las hormonas, tomando en cuenta que también es posible hacer uso del efecto macho para sincronizar a las hembras (Gómez-Brunet *et al.*, 2012).

La IA puede ser empleada de varias formas, entre estas están: la colocación del semen en la vagina (semejante a la monta natural), o depositar el semen en el cuerno uterino, y dependiendo de la colocación del semen, esta puede ser: vaginal, cervical superficial, intracervical e intrauterina, mientras más cerca sea el depósito de semen del lugar de fertilización (oviducto), más posibilidades habrá de llevar a cabo la misma (Gibbons y Cueto, 2007).

2.11.1 Inseminación vaginal o “disparo en la oscuridad”

Se denomina “disparo en la oscuridad”, ya que se introduce la pipeta de inseminación artificial por la vagina sin ningún intento de localizar el cérvix y menos

tratar de pasar sus anillos. Para realizar el procedimiento se debe colocar en una prensa la hembra, limpiar la vulva con papel absorbente o gasa impregnados con una solución antiséptica, con el propósito de evitar contaminar la vagina en el momento en que se introduce la pipeta de inseminación. A través de la comisura de la vulva se introduce la punta de la pipeta, hasta llegar a la vagina en donde la pipeta debe deslizarse con cuidado por la pared superior para evitar su introducción por el meato urinario. La pipeta debe cargarse con 0.25 o 0.5 mL de semen diluido, dejando en ésta una cámara de aire de 0.2 mL para garantizar que la dosis de semen se introduzca completa. Es de destacar que los porcentajes de fertilidad con esta técnica son bajos, independientemente de que se use semen fresco diluido, refrigerado o congelado (Gibbons y Cueto, 2008).

2.11.2 Inseminación Artificial cervical.

El depósito del semen debe realizarse en los primeros pliegues cervicales, los cuales pueden visibilizarse empleando un espéculo con fuente de luz (Figura 15). Es un método barato y relativamente fácil, regularmente utiliza semen fresco, el cual puede o no ser refrigerado (Oviedo, 2009). Este procedimiento también puede realizarse utilizando una pistola de inseminación multidosis, que al contar con un embudo dentado permite inseminar a varias ovejas a partir de una misma carga de semen, así como realizar la carga del volumen de la dosis de la inseminación.

Para efectuar la inseminación, las hembras deben colocarse inclinadas con la cabeza hacia abajo, montando los cuartos traseros en un riel o baranda. De ser necesario pueden sujetarse empleando un brete giratorio posicionándolo en la salida de la manga de manejo. Una vez realizado esto, el inseminador debe introducir el vaginoscopio (de pico de pato o recto) en la vagina, sin emplear lubricantes, por su acción espermaticida. Ya sea que se utilice la pipeta o la pistola de inseminación, se debe introducir en un ángulo de 45° a través de la vulva, para posteriormente realizar una nivelación horizontal e introducirla de 10 a 13 centímetros, dependiendo de la raza de la hembra (González y Martínez, 2016). Procurando una adecuada iluminación, se ubica el cuello uterino y se procede a revisar el estado del moco cervical, el cual debe ser cristalino, transparente, de

consistencia viscosa y formar filamentos, lo que es útil para identificar si la hembra está o no en celo; se introduce la pistola de inseminación, mediante el espéculo se deposita el semen en el tercero o cuarto anillo del cérvix.

Previo a que se realice el depósito del semen, debe retirarse un poco hacia atrás el vaginoscopio, con el propósito de permitir que la vagina anterior se cierre y con ello evitar que se derrame el semen. Para concluir, primero se retira la pipeta y posteriormente el vaginoscopio, teniendo cuidado de evitar que el semen se devuelva (reflujo).



Figura. 15 Técnica de inseminación artificial cervical en ovinos (Fuente: Tomado de Balcázar y Porras, 2013).

2.11.3 Inseminación Artificial Transcervical o Intracervical.

Como resultado de los reducidos porcentajes de fertilidad que pueden alcanzarse al emplear la vía cervical en la IA, diversos autores han orientado sus esfuerzos para desarrollar técnicas en las que se utilizan fórceps y pipetas especiales para poder atravesar el tortuoso cérvix de la oveja y por último, llegar al útero donde se deposita el semen. La técnica es difícil y no se llega a penetrar la totalidad de los animales (Figura 16). La técnica consiste en fijar con pinzas uno de los bordes del fórnix en la entrada del cuello uterino y retraerlo hacia la vagina con la finalidad de introducir un dispositivo a través del cérvix (Oviedo, 2009).



Figura 16. Técnica de inseminación artificial transcervical en ovinos (Fuente: Tomado de Gibbons y Cueto, 2007).

2.11.4 Inseminación artificial por laparoscopia

De las técnicas de inseminación artificial hasta ahora empleada, la que ha mostrado una mayor eficacia es la IA por laparoscopia. En esta técnica, se practica una laparotomía en la región medio-ventral a través de cuya abertura se introduce un laparoscopio para ubicar los cuernos uterinos y depositar de manera directa el semen (Ávila y Rangel, 2006). Este procedimiento ofrece muchas ventajas, pues además de realizarse en menos de 5 minutos, las ovejas se recuperan rápidamente sin mostrar efectos negativos e incluso puede usarse el mismo procedimiento en años subsiguientes (Hidalgo *et al.*, 2015).

Para realizar la IA mediante esta técnica, se utiliza un laparoscopio rígido de 7 milímetros de diámetro, conectado con un cable de fibra óptica a una fuente de luz, un manipulador de vísceras, dos cánulas con trócar y una pipeta de inseminación.

Una vez que a la hembra se le administró un sedante y se anestesia de manera local se procede a inmovilizarla; a 2 a 3 centímetros por delante de la ubre y a 2 a 3 cm a la derecha de la línea media, se realiza una primera punción con el

trócar de 7mm (Figura 17). Se introduce el laparoscopio y se realiza la insuflación con aire dentro de la cavidad abdominal, con el propósito de desplazar las vísceras abdominales hacia la cara peritoneal y poder efectuar con facilidad la revisión del aparato genital.



Figura 17. Inseminación artificial por laparoscopia. (Fuente: Tomado de Gibbons y Cueto, 2007)

Posteriormente, se hace una segunda punción en el lado izquierdo con un trócar de menor calibre (5 mm), a través del cual se introduce el manipulador de vísceras y se ubica el útero para realizar una punción en la pared a la altura de la curvatura mayor de ambos cuernos, empleando un áspic (funda de plástico con aguja en uno de sus extremos-ASPIC palette IMV France®) depositando en cada cuerno la mitad de la dosis (0.1 mL con aproximadamente 40 millones de espermatozoides).

Una vez concluida la intervención, las cánulas se retiran aplicando una solución desinfectante en la zona, sin que sea necesario realizar sutura. Se han informado porcentajes de fertilidad con la IA intrauterina que oscilan entre el 50 y 85% (Aké *et al.*, 2014).

2.11.5 Inseminación a tiempo fijo

En la IA a tiempo fijo, pueden implementarse protocolos basados en el uso de P4 y eCG (Progesterona y Gonadotropina coriónica equina, respectivamente) para inducir celos fértiles en ovejas que se ubican en cualquier región geográfica, bajo condiciones ambientales diferentes y en cualquier época del año (Hidalgo *et al.*, 2015).

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La producción del sector ovino en México, durante mucho tiempo ha estado en manos de los productores más marginados, de menores recursos económicos y alejados de los beneficios de la asistencia técnica y la tecnología. No obstante, en décadas recientes se ha incrementado el flujo de capital para la producción ovina, dando impulso a una producción de carácter más empresarial cuyo futuro resulta muy promisorio.

A pesar de esto, la problemática que enfrenta la ovinocultura es muy compleja, pues no queda claro porqué a pesar del incremento en la demanda, de los precios competitivos para los productores, la existencia de mercados tanto nacionales como internacionales, y de ser una actividad que potenciaría el empleo, este sector no ha logrado consolidarse. Uno de los principales problemas que históricamente enfrenta la ovinocultura en el país, es la baja eficiencia productiva. Un análisis superficial, muestra que del total del inventario con que cuenta el país se sacrifica alrededor del 35% de la población, cuando en otros países rebasan el 50 por ciento. El volumen de producción nacional es deficitario y a pesar de que en los últimos 20 años ha existido un incremento importante en la producción, las importaciones de carne de ovino se han mantenido elevadas, por lo que una proporción aún importante de la carne de ovino que se consume en el país es de importación.

Por lo anterior, es trascendente el explorar y difundir biotecnologías reproductivas como las distintas alternativas para la inducción y sincronización de estros, así como la inseminación artificial a celo detectado y a tiempo fijo, que se encuentran al alcance del productor, como una opción para incrementar la productividad de los rebaños ovinos en la región y en el país.

4. JUSTIFICACIÓN

La eficiencia reproductiva es un punto clave en la eficiencia productiva a nivel regional, estatal, nacional y global de las unidades de producción ovina, como lo es en el resto de las unidades de producción ganadera en otras especies, ya que facilita la mejora de las producciones, por un lado, por la selección de los reproductores y por otro, por el aumento de la fertilidad y prolificidad de los rebaños; por ello, es absolutamente necesario un adecuado manejo reproductivo. Concretamente en el ganado ovino las intervenciones son fundamentales en el control de los periodos de empadre ya sea por monta natural o inseminación artificial. El control en los periodos de empadre tiene como objetivo producir lotes de corderos homogéneos para abastecer la demanda del mercado, superando la limitación estacional en la oferta del producto y aumentando su valor económico. Por otro lado, la inseminación artificial facilita la introducción y difusión de sementales con alto valor genético y disminuir la consanguinidad en los rebaños. Para alcanzar el objetivo de incrementar la eficacia reproductiva de los ovinos es necesario instrumentar medidas de reproducción asistida, en especial en época no reproductiva de forma natural, las cuales requieren de la sincronización e inducción de los celos, empleando hormonas exógenas.

La sincronización del celo, en el caso de las ovejas, se realiza habitualmente mediante la manipulación de la fase luteal del ciclo estral, empleando progesterona o productos análogos para la sincronización de estros en los pequeños rumiantes. Los tratamientos a base de progestágenos se aplican mediante dispositivos intravaginales en periodos de 12-14 días, para extender la vida media de un posible cuerpo lúteo en el ovario, con la finalidad de inducir, o bien, sincronizar el estro en las ovejas, siendo una opción para incrementar la producción ovina a través de programas de sincronización del estro y el empleo de la inseminación artificial a tiempo fijo.

5. OBJETIVOS

Objetivo general:

Evaluar un protocolo de inducción y sincronización de estros para inseminación artificial a tiempo fijo en ovejas Dorset en una época no reproductiva en la región de Amecameca, Estado de México.

Objetivos específicos:

Determinar la funcionalidad hipofisiaria y ovárica por medio de la tasa de presentación de estros, en ovejas Dorset inducidas con un protocolo de sincronización con acetato de fluogestona y gonadotropina coriónica equina (eCG) en una época no reproductiva.

Determinar la respuesta reproductiva por medio de la tasa de fertilidad y prolificidad en ovejas Dorset inseminadas artificialmente a tiempo fijo por la técnica de IA laparoscópica.

6. HIPÓTESIS

Al menos el 50% de las ovejas Dorset inducidas y sincronizadas mediante un protocolo hormonal de fluogestona y gonadotropina coriónica equina presentarán el estro para ser inseminadas artificialmente a tiempo fijo en una época no reproductiva y la tasas de fertilidad y prolificidad serán similares a las observadas en una época reproductiva.

7. MATERIAL Y MÉTODOS

7.1 Entorno experimental: instalaciones y manejo

La fase experimental se realizó en una unidad de producción ovina en pequeña escala de la Delegación de San Francisco Zentlalpan del Municipio de Amecameca de Juárez, Estado de México, ubicada geográficamente en las coordenadas 19° 07' 36" de latitud Norte y 92° 46' 01" de longitud Oeste a 2420 msnm, cuenta con un clima Cb(w2) templado húmedo, con lluvias en verano, la temperatura media anual es de 12° y 18° centígrados y las del mes más frío entre los -3° y 12°, la precipitación pluvial promedio de la zona es de 1,200 mm al año (GEM, 2017).

En la unidad de producción el ganado ovino es de fenotipo Dorset con orientación a la productiva cárnica y de lana, en el caso de las hembras primíparas se destinan como reemplazos del pie de cría. Desarrolla su actividad en un régimen semiextensivo, de forma que los animales pernoctan en la unidad de producción y pastan alrededor de 6 horas diarias alimentándose con los pastos nativos de la zona. Las instalaciones cuentan con dos corrales delimitados con postes de madera, piso de concreto y techado de lámina galvanizada en donde se alojan a los animales por la noche, o bien, se resguardan a las hembras recién paridas o durante el periodo de amamantamiento de los corderos. Tienen una superficie aproximada de 120 m² y se cuenta con un almacén para forraje y alimento de 60 m², los comederos y bebederos son rústicos.

El manejo de la alimentación se basa en el pastoreo en praderas nativas de uso comunal y suplementación con forraje molido de rastrojo de maíz (*Zea maíz*), Avena (*Avena sativa*) y Evo (*Vicia vellosa*); además, de maíz molido y alimento comercial para ovinos con un 14% de proteína cruda (PC). Las hembras presentaron su última parición entre los meses de marzo y abril, y desde ese momento se separó al semental del rebaño en una corraleta individual adjunto al corral principal.

7.2 Características del rebaño

El rebaño contaba con un inventario de 52 animales (27 hembras adultas, 6 primaras, 18 corderos y un semental) todos ellos del fenotipo Dorset, las hembras presentan una estacionalidad reproductiva definida (otoño-invierno) teniendo un parto por año (primavera-verano), al determinar la edad de las hembras adultas se encontró entre dos y cinco años (Figura 18).



Figura 18. Características del rebaño empleado en el estudio (Fotografía propia. Shalom Carolina Tapia García).

7.3 Selección de ovejas para inducir el estro y sincronizar

Para integrar el grupo de hembras que participaron en el programa de inducción y sincronización del estro, se eligieron 25 de las 27 hembras adultas las cuales presentaron un peso corporal promedio de 51.2 ± 6.52 K g. Las dos ovejas adultas restantes, fueron excluidas una por presentar prolapso vaginal en el último parto; y la otra, por la baja habilidad materna, al no amamantar a sus crías por lo que sería desechada del rebaño.

7.4 Manejo previo a la sincronización

Antes de iniciar el tratamiento, todas las borregas seleccionadas se sometieron a un examen por ultrasonografía abdominal (Figura 19) con un equipo portátil SIFULTRAS-4.2 (2-10 MHz) con transductor oblicuo, con el propósito de asegurar que no hubiese hembras gestantes; así mismo, se valoró la condición corporal de las hembras procurando incluir aquellas con una calificación de entre 2.5 y 3 (en escala de 1 a 5).



Figura 19. Examen por ultrasonografía abdominal (Fotografía propia. Shalom Carolina Tapia García).

7.5 Inicio del protocolo de sincronización

Se consideró como día 0, el día de inicio del protocolo, efectuando la aplicación intravaginal de esponjas cilíndricas de poliéster-poliuretano (Figura 20) que contenían 20 mg de acetato de fluogestona, indicadas para la inducción y sincronización del estro como lo refiere el fabricante, recomendando dejar entre 12 y 14 días las esponjas; iniciando los efectos entre 8-24 hrs y alcanzando una concentración plasmática máxima (CP_{máx}) de 1.4-3.7 ng/ml.



Figura 20. Aplicación de esponjas intravaginales impregnadas con Acetato de Fluogestona (Tomada durante el estudio)

7.6 Retiro de las esponjas

Las esponjas se retiraron el día 13, de acuerdo con el fabricante a las 24 hrs posteriores se detectan concentraciones menores a 0.04 ng/ml, y el celo se presenta entre las 48 y 72 hrs posteriores al retiro; no obstante, con la aplicación de una dosis de 300 a 700 U.I. de gonadotropina coriónica equina (eCG), se logra la sincronización de la ovulación y se recomienda la inseminación artificial a tiempo fijo a 55 hrs posteriores al retiro de la esponja y aplicación simultánea de eCG.

7.7 Aplicación de gonadotropina coriónica equina (eCG)

Se empleó una dosis de 500 U.I. de eCG vía intramuscular, y en el caso de las borregas que pesaron más de 55 Kg se administró una dosis de 600 U.I. La aplicación se realizó de forma inmediata al momento del retiro de la esponja vaginal. Conforme se realizó el procedimiento anterior las ovejas se fueron identificando para realizar la IA en ese mismo orden.

7.8 Detección del estro

Se realizó por vía laparoscópica en un tiempo entre 53 y 56 horas posteriores al retiro de las esponjas, se consideró que las hembras se encontraban en celo cuando se observó que los cuernos uterinos estaban turgentes y congestionados (rojizos). Con esta información se determinó la tasa de estros, con la fórmula:

$$\text{Tasa de estros: } \frac{\text{No. de ovejas sincronizadas}}{\text{No. de ovejas observadas en estro}} \times 100$$

7.9 Inseminación artificial a tiempo fijo

Se efectuó a las 52 horas posteriores a la aplicación de la eCG, mediante la técnica de laparoscopia abdominal (Figura 21), con semen fresco diluído y refrigerado en una dosis de 0.5 ml, aplicando 0.25 ml en cada cuerno uterino, el semen procedió de un carnero Dorper colectado el mismo día que se realizó la IA.



Figura 21. Inseminación artificial por laparoscopia abdominal (Fotografía propia. Shalom Carolina Tapia García).

7.10 Monta natural de la hembras repetidoras

A los 15 días de haber realizado la inseminación artificial, en el corral donde se alojaron a las hembras en estudio se introdujo un macho de raza Dorper blanco de fertilidad probada con el objetivo de dar servicio a las hembras que no gestaron por medio de la inseminación artificial y repitieron celo. El macho permaneció por un periodo de 15 días con el lote de hembras, luego fue retirado del corral.

7.11 Diagnóstico de gestación

Se llevó a cabo al día 45 posterior a la IA mediante ultrasonografía con un equipo portátil SIFULTRAS-4.2 (2-10 MHz) con transductor oblicuo por la vía abdominal, se determinó como positivo a la gestación la observación de los placentomas en el útero.

Una vez realizado el empadre y hasta el parto, las borregas incluidas en el protocolo se mantuvieron en un corral, realizando observaciones diarias con el objeto de detectar problemas de salud y posibles abortos. Antes de iniciar la fase experimental, las ovejas fueron vitaminadas (A, D, E y complejo B), desparasitadas (ivermectina), despezñadas y trasquiladas. La alimentación se mantuvo de la forma habitual y la disponibilidad de agua fue constante y a libre acceso.

7.12 Estimación de la tasa de fertilidad

El cálculo se realizó con la fórmula:

$$\textit{Tasa de fertilidad: } \frac{\textit{No. de hembras gestantes}}{\textit{No. de ovejas sincronizadas}} \times 100$$

7.13 Estimación de la tasa de prolificidad

Se determinó con la fórmula:

$$\textit{Tasa de prolificidad: } \frac{\textit{No. de corderos}}{\textit{No. de hembras paridas}}$$

8. RESULTADOS

En esta investigación se logró inducir y sincronizar de manera eficiente el celo para la inseminación a tiempo fijo de las ovejas Dorset durante una época no reproductiva.

De un total de 25 ovejas a las que se realizó el protocolo de inducción-sincronización se obtuvo una tasa de estros del 100%; es decir, de 25 hembras tratadas, las 25 se observaron con turgencia y congestión del útero mediante laparoscopia; y por tanto, todas fueron inseminadas a tiempo fijo entre las 53 y 56 horas posteriores al retiro del dispositivo intravaginal de liberación del progestágeno y la subsecuente aplicación de la gonadotropina coriónica equina (eCG).

Como se mencionó en la metodología, a los 15 días posteriores a la inseminación artificial fue introducido al corral de las ovejas el semental Dorper, el cual entre los dos y cinco días posteriores se observó que dio monta a 4 hembras, y fue retirado a los 15 días de su introducción, de tal forma que solo pudo montar a las hembras que no gestaron mediante la inseminación artificial, pero solamente durante el siguiente celo.

Al realizar el diagnóstico de gestación por ecografía abdominal se identificaron 20 hembras gestantes, de acuerdo con lo anterior, se estimó una tasa de fertilidad del 80%, resaltando que de 25 ovejas inseminadas artificialmente, solo 16 preñaron, correspondiendo a un 64%, mientras que el 16% restante (cuatro hembras) preñaron por la monta natural del semental.

Durante el periodo de gestación se observaron los siguientes eventos: a los 25 días de la inseminación artificial se presentó el deceso de una hembra, la cual tres días antes había sido diagnosticada con una indigestión y atonía ruminal, se estableció tratamiento sin tener buenos resultados, a la necropsia se encontró una masa de plásticos que provocaron la obstrucción entre el retículo y el abomaso. Se identificó gestación por la ocupación del útero en dicha borrega, pero no se pudo establecer el sexo de la cría. Así mismo, otra hembra que se estimó con 136 días de gestación, presentó el aborto espontáneo de dos productos (una hembra y un

macho). Finalmente, otra hembra en gestación murió al ingerir una pera (fruta) que le produjo asfixia, a la necropsia se encontraron dos productos (machos), se estimó que se encontraba sobre los 150 días de gestación, prácticamente al parto ya que presentaba crecimiento del tejido mamario de la ubre y secreción de calostro.

De acuerdo con lo anterior, y una vez que se presentaron la totalidad de los partos, se identificaron un total de 10 gestaciones sencillas (una cría); 7 de mellizos; un parto de trillizos y un parto de cuatrillizos.

Teniendo un total de 27 crías vivas y 5 muertas por las razones ya expuestas, siendo un total de 17 hembras con partos normales. En este sentido, la tasa de prolificidad fue de 1.59 ± 0.855 corderos (27 corderos/17 hembras paridas); el cual se mantiene prácticamente igual, si no se hubiesen presentado los eventos de mortalidad antes descritos; es decir, la prolificidad hubiese estado en 1.6 corderos (32 corderos/20 hembras gestantes) (Cuadro 3).

Cuadro 3. Presencia de estro y tasas de fertilidad y prolificidad obtenidas en el estudio

	Presencia de estro (%)	Tasa de Fertilidad (%)		Tasa de Prolificidad (%)		Partos sencillos		Partos múltiples	
General	100.00	80 (20/25)		1.59 (27/17)		10		7	
		IA	MN	IA	MN	IA	MN	IA	MN
Por tipo de inseminación		64 (16/20)		1.77		6		7	
		(4/20)		1		4		0	

IA= Inseminación artificial; MN=Monta natural

Fuente: Elaboración con base en resultados de la investigación

Al comparar por separado la prolificidad por tipo de inseminación, en la inseminación artificial a tiempo fijo fue de 1.77 ± 0.913 y para la monta natural de 1. El 53.8% de las borregas inseminadas artificialmente, presentó partos múltiples, de estas borregas con partos múltiples, cinco corresponden a hembras que tuvieron un peso mayor a los 55 Kg al momento del tratamiento hormonal (inducción-sincronización), a las cuales se aplicó una dosis de 600 U.I. de eCG. Los partos fueron un parto de cuatrillizos, un parto de trillizos y cinco partos de mellizos, siendo la tasa de prolificidad de 2.43 ± 0.787 (17 corderos/7 partos). En los partos sencillos,

por IA de las seis borregas, una parió un macho y cinco borregas parieron hembras; de las cuatro borregas preñadas por monta natural, dos parieron hembras y dos, machos. En ambos casos (partos sencillos y partos múltiples), el mayor porcentaje de crías es de hembras con 70% para los partos sencillos contra 30% de machos y para los partos múltiples, 52.95% de hembras y 47.05% de machos (Cuadro 4). Con base en el total de crías, el 59.26% corresponde a hembras y el 40.74% a machos.

Cuadro 4. Número de crías y proporción de sexos obtenidos por tipo de inseminación

TIPO DE INSEMINACIÓN	PARTOS SENCILLOS			PARTOS MÚLTIPLES			
	ID Borrega	Machos	Hembras	ID Borrega	Número de crías	Machos	Hembras
Inseminación Artificial	4		1	8	2	2	
	7		1	12	2		2
	11		1	15	2	2	
	19		1	18	2	1	1
	3290	1		3298	2	1	1
	3302		1	17	3		3
				16	4	2	2
	Total	1	5		17	8	9
Monta natural	2		1				
	6	1					
	9	1					
	20		1				
	Total	2	2				
% Total		30	70			47.05	52.95

Fuente: Elaboración con base en resultados de la investigación

Respecto al peso de los corderos, éste fue tomado tanto al nacer (Cuadro 5) como a los dos meses de edad. En los corderos que nacieron derivados de la inseminación artificial con semen del carnero Doper, se determinó un promedio general en los machos de 4.161 ± 0.386 Kg, mientras que en las hembras de 4.073 ± 0.788 Kg. Al hacer la comparación en los pesos (si nacieron de partos sencillos o múltiples), para los partos sencillos el promedio de peso para los machos fue de 4.625 Kg (un solo macho) y para las hembras de 4.810 ± 0.769 Kg. En lo que respecta a los partos múltiples el promedio para los machos fue de 4.096 ± 0.134 Kg y para las hembras de 3.716 ± 0.380 Kg. Para las borregas preñadas por monta

natural, todas presentaron partos sencillos. El peso promedio de los corderos al nacimiento, para los machos fue de 4.190 ± 0.078 Kg, y para las hembras 3.835 ± 0.120 Kg (Cuadro 6).

Cuadro 5. Peso individual de los corderos al nacer por tipo de inseminación

TIPO DE INSEMINACIÓN	PARTOS SENCILLOS PESO AL NACER (Kg)			PARTOS MÚLTIPLES PESO AL NACER (Kg)		
	ID Borrega	Machos	Hembras	ID Borrega	Machos	Hembras
Inseminación Artificial	4		5.505	8	3.885	
					4.700	
	7		5.41	12		4.255
						3.930
	11		5.435	15	3.675	
					3.880	
	19		3.845	18	4.455	3.870
				3298	4.395	4.090
	3290	4.625				3.585
				17		3.805
Monta natural	3302		3.855			3.345
				16	3.840	3.525
					3.935	3.040
	Promedio	4.625	4.810		4.096	3.716
	2		3.750			
Monta natural	6	4.135				
	9	4.245				
	20		3.920			
	Promedio	4.19	3.835			
Promedio machos		4.161 Kg				
Promedio hembras		4.073 Kg				

Fuente: Elaboración con base en resultados de la investigación

Cuadro 6. Peso promedio de los corderos al nacer por tipo de parto e inseminación

TIPO DE PARTO	INSEMINACIÓN ARTIFICIAL (Peso promedio Kg)		MONTA NATURAL (Peso promedio Kg)	
	Machos	Hembras	Machos	Hembras
Sencillo	4.625 ^a	4.810 ± 0.769 ^a	4.190 ± 0.078 ^a	3.835 ± 0.120 ^a
Múltiple	4.096 ± 0.134 ^b	3.716 ± 0.380 ^b		

* Literales diferentes en una misma columna, representan diferencias significativa ($P \leq 0.05$)

Fuente: Elaboración con base en resultados de la investigación

A los dos meses del nacimiento de los corderos, se tomaron los pesos correspondientes, excepto para uno de los machos de la borrega con ID 8 (el que pesó 3.885 Kg) que murió antes de este lapso. El resto de los corderos presentó un buen desarrollo y ganancia de peso (Figura 22).



Figura 22. Corderos obtenidos en la investigación (Fotografía propia. Shalom Carolina Tapia García).

Los pesos individuales registrados a los dos meses en cada caso, se presentan en el Cuadro 7, incluyendo la ganancia de peso. Los corderos que se obtuvieron por IA, en los partos sencillos el macho alcanzó un peso de 16.175 Kg

con un incremento de 12.090 Kg respecto del peso al nacimiento. En el caso de las hembras, el peso promedio fue de 20.988 ± 4.626 Kg con una ganancia promedio de 15.497 ± 3.926 . Para los partos múltiples de la IA, el peso promedio en los machos fue de 12.076 ± 6.316 Kg, con una ganancia promedio de 9.096 ± 5.162 Kg. En las hembras, a los dos meses el peso promedio fue de 14.796 ± 3.235 Kg, con una ganancia promedio de 11.080 ± 2.994 Kg. Para los corderos que nacieron de la monta natural (todos por parto sencillo), el promedio de peso de los machos fue de 19.050 ± 3.111 Kg, con una ganancia promedio de 14.860 ± 3.189 Kg; en las hembras el peso promedio fue de 17.750 ± 0.849 y una ganancia de 13.915 ± 0.515 Kg (Cuadro 8).

Cuadro 7. Peso individual de los corderos a los dos meses de edad por tipo de inseminación

TIPO	PARTOS SENCILLOS (Peso Kg)				PARTOS MÚLTIPLES (Peso Kg)			
	ID	Machos	Hembras	Ganancia	ID	Machos	Hembras	Ganancia
Inseminación Artificial	4		24.615	19.110	8	0.000		0.000
						17.095		12.395
	7		20.665	15.255	12		17.655	13.400
							14.865	10.935
	11		25.555	20.120	15	15.445		11.770
						19.865		15.985
	19		13.850	10.005	18	14.225		9.770
							21.075	17.205
	3290	16.715		12.090	3298	15.235		10.840
							14.395	10.305
	3302		20.255	16.400			12.835	9.250
					17		16.345	12.540
							10.295	6.950
						12.645		8.805
					16		13.825	10.300
						7.135		3.200
							11.875	8.835
Promedio		16.715	20.988	15.497		12.706	14.796	10.146
Monta natural	2		17.150	13.400				
	6	21.250		17.115				
	9	16.850		12.605				
	20		18.350	14.430				
Promedio		19.050	17.750	14.388				

Fuente: Elaboración con base en resultados de la investigación

Cuadro 8. Peso y ganancia de peso promedio de los corderos a los dos meses de edad por tipo de parto e inseminación

TIPO DE PARTO	INSEMINACIÓN ARTIFICIAL		MONTA NATURAL	
	Peso promedio (Kg)		Peso promedio (Kg)	
	Machos	Hembras	Machos	Hembras
Sencillo	16.175	20.998 ± 4.626	19.050 ± 3.111	17.750 ± 0.849
Múltiple	12.076 ± 6.316	9.096 ± 5.162		
	Ganancia Promedio (Kg)		Ganancia Promedio (Kg)	
Sencillo	12.090	15.497 ± 3.926	14.860 ± 3.189	13.915 ± 0.051
Múltiple	14.796 ± 3.235	11.080 ± 2.994		

Fuente: Elaboración con base en resultados de la investigación

9. DISCUSIÓN

En la producción animal de ovinos, es fundamental estudiar alternativas reproductivas que incrementen la productividad, la eficiencia reproductiva y el mejoramiento genético en los rebaños. La diversidad de protocolos que se han desarrollado con estos propósitos, identifican diferentes opciones que pueden emplearse, considerando que los resultados que se obtengan pueden variar dependiendo de la raza ovina de la que se trate, las condiciones climatológicas y ambientales en donde se realice la crianza, el tipo de inseminación empleada (artificial o natural), la época de empadre, así como de los procedimientos que se sigan, entre otros aspectos. En particular, los protocolos empleados para la sincronización de estros al modificar el ciclo estral, tienden a incrementar la eficiencia reproductiva de las ovejas, logrando lotes con partos programados, una mejor planeación de los aspectos zootécnicos involucrados y la reducción de los costos de mano de obra, principalmente (Aguilar-Martínez *et al.*, 2017; López-García *et al.*, 2023).

Dentro de los métodos más eficaces para la sincronización de estros, el uso de esponjas intravaginales impregnadas con Acetato de Fluogestona (FGA) han mostrado su eficacia para controlar la fase luteal del ciclo estral de las borregas, ya que presenta una actividad de 20-25 veces más potente que la progesterona (Balan-May *et al.*, 2021).

Las 25 borregas de fenotipo Dorset (100%) incluidas en el protocolo de sincronización de esta investigación, en que se empleó una dosis de 20 mg de Acetato de Fluogestona, presentaron el estro. Este resultado contrasta con los reportados por Peña *et al.* (1984) de un estudio de sincronización del estro realizado en Ajuchitlán, Querétaro con ovejas del fenotipo Romney Marsh en época no reproductiva (febrero y marzo), a las que se les aplicó la misma dosis de 20 mg de FGA, obteniendo un porcentaje de 71.4% de ovejas que presentaron estro. Así mismo, con el estudio hecho por Córdova *et al.* (1999) quienes administraron una

dosis de 30 mg de FGA a ovejas criollas (raza Ripollesa mejorada) anéstricas, obteniendo que el 95.8% de borregas sincronizadas presentaron estro.

El porcentaje de ovejas en estro obtenido en la investigación, concuerda con los resultados de Huerta (2007) de un estudio realizado en época reproductiva (septiembre-octubre), con 41 ovejas multíparas (25 de la raza Suffolk y 16 de la raza Dorset), en el que se comparó el efecto de usar esponjas completas con 40 mg de FGA y mitades de esponjas, con un equivalente de 20 mg de FGA aplicando al retiro de las esponjas una dosis de 100 UI de eCG. En el grupo a los que se aplicó la esponja completa (12 Suffolk/8 Dorset), se obtuvo una sincronización del 95% (11 Suffolk/8 Dorset); mientras que para el grupo con media esponja se obtuvo una presentación del estro del 100% (13 Suffolk/8 Dorset).

En otro estudio realizado por Rosiles (2007) en época reproductiva (otoño) con 60 ovejas de la raza Pelibuey, se aplicaron tres protocolos (cada uno con 20 ovejas) usando esponjas intravaginales de FDA: Grupo 1, esponjas con 40 mg de FGA aplicando 500 UI/IM de PMSG (Gonadotropina sérica de yegua gestante) dos días antes del retiro de las esponjas. En el Grupo 2, esponjas con 20 mg de FGA, en el día cinco una inyección oleosa de 25 mg de progesterona, provocando el efecto macho el día 8 (tres días antes de la retirada de la esponja); y en el Grupo 3, esponja con 20 mg de FDA, aplicando 25 mg de progesterona el día de la inserción. En los tres grupos, el 100% de las ovejas presentó estro pero con horas de inicio diferentes 29 ± 0.4 , 45 ± 1.2 y 79 ± 1.6 , para los grupos 1, 2 y 3, respectivamente.

Los resultados de la investigación, también concuerdan con los de Cordero-Mora *et al.* (2011) que reportan el 100% de ovejas de la raza Dorper presentaron estro para las dosis de 40, 20 y 10 mg de AFG y de 81% para la dosis de 5 mg. Aunque una de las dosis coincide con la empleada en la presente investigación, la variante es que dos días previo al retiro de las esponjas se aplicó una dosis de 15 mg de PGF_{2α} (Lutalyze™ Pfizer) por vía intramuscular para inducir la luteólisis. Sin embargo, es importante subrayar que estos tres estudios se realizaron con diferentes razas ovinas y en época reproductiva.

Estos resultados muestran que existen variaciones por las dosis, razas de las ovejas, tipo de protocolos y estación del año en que se realiza la sincronización. Debido a que la investigación se realizó en época no-reproductiva y en ninguno de los antecedentes se marca el 100% de ovejas que presentaron el estro, en la hipótesis se consideró una estimación de que al menos el 50% de las ovejas inducidas y sincronizadas con el protocolo de FGA y eCG presentaría el estro. Sin embargo, de acuerdo con los resultados obtenidos, con la dosis empleada de 20 mg de acetato de fluogestona y de 500-600 UI de eCG (dependiendo del peso de las borregas), se alcanzó el 100% de presentación de estros, que es igual al reportado para ovejas en época reproductiva en las que se han utilizado distintas dosis de FGA, como acaba de mostrarse en los referentes señalados.

En la hipótesis, también se planteó que las ovejas que presentaron el estro serían inseminadas artificialmente a tiempo fijo en una época no-reproductiva. Las 25 borregas fueron inseminadas artificialmente, pero solo 16 quedaron preñadas. A los 15 días de haber realizado la IA, las 9 borregas valoradas como no-gestantes fueron separadas en un corral al que se introdujo un semental de la raza Dorper, el cual dio monta a cuatro ovejas en el siguiente celo, las que quedaron preñadas. Del total de borregas, 5 (20%) no quedaron preñadas.

El tercer componente de la hipótesis, se relacionó con las tasas de fertilidad y prolificidad, suponiendo que éstas serían similares a las observadas en una época reproductiva. La tasa de fertilidad en el estudio fue de 80% (20/25), de este porcentaje 64% (16 borregas) preñaron por IA y 14% (4 borregas) por monta natural. Las tasas de fertilidad para ambos tipos de inseminación no mostraron diferencias significativas (χ^2 : $V_{to} > V_{te}$), (χ^2 : $112.5 > 3.841$).

En un estudio realizado en El Peñón, Temascaltepec, Estado de México por Aguilar (2017) con 19 ovejas Dorset en época reproductiva, tratadas con esponjas intravaginales con 20 mg de Acetato de Fluogestona y diferentes dosis de eCG de 9 ovejas tratadas con 400 U.I. de eCG, inseminadas artificialmente por laparoscopia sólo el 22% (2/9) quedaron preñadas, en tanto que las 10 ovejas igualmente inseminadas artificialmente y tratadas con 600 U.I. de eCG, se reporta el 50% de

fertilidad (5/10), por lo que el porcentaje obtenido en la investigación supera este rango.

Con base en los datos mensuales reportados por Alonso (1981) para la raza Dorset, el porcentaje promedio de fertilidad en época reproductiva (agosto-enero) es de 82.2 ± 9.49 , contra 39.4 ± 29.13 para la época de febrero a junio, con un porcentaje promedio anual de $69.1 \pm 9.64\%$, que se aproxima al porcentaje determinado para esta raza ovina por Velez (2018) en un estudio realizado de 2008-2017, de 66.94 ± 9.34 . Debido a que la tasa de fertilidad obtenida en la presente investigación fue de 80%, ésta fue similar al 82.2% reportado para la época reproductiva.

Respecto a la tasa de prolificidad, de acuerdo con los resultados obtenidos en la investigación, el porcentaje general fue de 1.59 ± 0.855 corderos corderos (27 corderos/17 hembras paridas). De acuerdo con los resultados reportados, las tasas de prolificidad, para las borregas preñadas por monta natural no existieron diferencias, mientras que en las inseminadas artificialmente, sí mostraron diferencias significativas ($X^2: 9 < 9.488$).

En el estudio antes referido de Aguilar (2017) con 19 ovejas Dorset en época reproductiva, tratadas con esponjas intravaginales con 20 mg de Acetato de Fluogestona y dosis diferentes de eCG, se obtuvo que el Grupo I tratado con 400 U.I. de eCG reportó una prolificidad de 1.5 ± 0.71 y para el Grupo II tratado con 600 U.I. de eCG la prolificidad fue de 1.6 ± 0.555 . En la presente investigación la dosis de eCG se encontró en el punto intermedio (500 U.I.) y para cinco borregas de más de 55 Kg fue la misma (600 U.I.), la prolificidad promedio que se obtuvo fue de 1.59 ± 0.855 , que se sitúa dentro de estos rangos reportados para ovejas inseminadas en época reproductiva, por lo que se cumple el supuesto de similitud del dato considerado en la hipótesis de esta investigación.

10. CONCLUSIONES

El protocolo de inducción-sincronización de ovejas Dorset en etapa no reproductiva de la Región de Amecameca, probado en la presente investigación empleando esponjas intravaginales impregnadas con 20 mg de Acetato de Fluogestona y la aplicación post-retiro de 500 U.I. y 600 U.I. de gonadotropina coriónica equina (eCG), resultó altamente eficiente. La funcionalidad hipofisiaria y ovárica de las borregas fue óptima al alcanzar 100% de presentación de estros, 50% más de lo previsto en la hipótesis, y con porcentajes similares a los reportados para ovejas sincronizadas en época reproductiva.

De igual forma, la eficiencia del protocolo queda demostrada con las tasas de fertilidad y prolificidad. Para la primera, se obtuvo un 80% que es muy similar al 82.2% reportado para ovejas en etapa reproductiva y, para la prolificidad de igual forma el resultado de 1.59 ± 0.855 , se ubica dentro de los rangos de 1.5 ± 0.71 y 1.6 ± 0.555 reportados para la misma raza ovina, en época reproductiva.

11. REFERENCIAS

- Abecia, MA y Forcada, MF (2010) Manejo reproductivo en ganado ovino. Editorial Servet.
- Abecia, JA, Forcada, F, & González, BA (2012). Hormonal Control of Reproduction in Small Ruminants. *Animal Reproduction Science*, 130, 173-179.
<https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2012.01.011>
- Aguilar-Martínez, CU., Berruecos-Villalobos, JM., Espinoza-Gutiérrez, B; Segura-Correa, JC., Valencia-Méndez, J., Roldán-Roldán, A. (2017) Origen, historia y situación actual de la oveja pelibuey en México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, vol. 20, núm. 3, septiembre-diciembre, 2017, pp. 429-439.
<https://www.redalyc.org/pdf/939/93953814003.pdf>
- Aguilar, RLA (2017). Respuesta reproductiva de ovejas Dorset importadas de Nueva Zelanda tratadas con dos niveles de eCG, inseminadas por laparoscopia. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Agrónomo Zootecnista, Universidad Autónoma del Estado de México, 84 p.p.
- Aké, LJR, Centurión, CFG, Magaña, MJG, y Aké, VR. (2014). Efecto del progestágeno y la dosis de gonadotropina coriónica equina en la sincronización del estro y tasa de gestación en ovejas pelibuey inseminadas por laparoscopia. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 1(3), 261-268.
<https://www.scielo.org.mx/pdf/era/v1n3/v1n3a6.pdf>
- Alonso, AJI (1981). Manejo de la reproducción en el ovino. *Ciencia Veterinaria* 3: 433-464.
<https://www.fmvz.unam.mx/fmvz/cienciavet/revistas/CVvol3/CVv3c13.pdf>
- AMCO (2007). Asociación Mexicana de Criadores de Ovinos. México. Pp. 1-30.
https://www.uno.org.mx/razas_ovinas/catalogo_razas.pdf

- Anel, RL, Álvarez, GM y Boixo PHJC (2016) X Curso Teórico práctico de reproducción e inseminación artificial en ganado ovino y caprino. Departamento de Patología Animal: Sanidad Animal. Universidad de León. <https://docplayer.es/43308299-X-curso-teorico-practico-de-reproduccion-e-inseminacion-artificial-en-ganado-ovino-y-caprino.html>
- Arendt, J (1998). Melatonin and the pineal gland: influence on mammalian seasonal and circadian physiology. *Reviews of Reproduction*. 3: 13-22. <https://doi.org/10.1530/ror.0.0030013>
- Arroyo, J, Magaña-Sevilla, H y Camacho-Escobar, MA (2009). Regulación neuroendócrina del anestro posparto en la oveja. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10 (2009): 301-312. <https://www.redalyc.org/pdf/939/93912996001.pdf>
- Arroyo, J (2011) Revisión. Estacionalidad Reproductiva de la oveja en México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 14 (2011): 829-845. <https://www.redalyc.org/exportar/cita.oa?id=93921493001>
- Arroyo-Ledezma J, De La Torre-Barrera J y Ávila-Serrano, NY. (2013) Respuesta reproductiva de ovejas de pelo sincronizadas con progesterona o prostaglandinas. *Reproductive response in hair sheep synchronized with Progesterone or prostaglandins*. *Agrociencia* 47: 661-670. 2013. <https://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v47n7/v47n7a3.pdf>
- Arroyo-Ledezma J, Hernández-López J, Ávila-Serrano, NA, Camacho-Escoba y MA (2015) Respuesta estral y perfil hormonal en ovejas de pelo sincronizadas con protocolos cortos a base de prostaglandinas. *Agrociencia* vol.49 no.5: 475-482. México jul./ago. 2015. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952015000500001
- Arteaga C, JD (2011). La revista del borrego, Boletín borrego No. 8. Diagnóstico actual de la situación de los ovinos en México. 2011. <http://www.borrego.com.mx/archivo/n46/f46diagnostico.php>

- Ávila-Castillo, BR, García-Flores EO, Molina-Mendoza P., Peralta-Ortiz JJG y Sánchez-Torres-Esqueda MT (2019). Sincronización del estro en ovejas de pelo mediante protocolo basado en prostaglandinas + GnRH. *CienciaUAT*, 13(2): 141-151. <http://doi.org/10.29059/cienciauat.v13i2.1012>
- Ávila, OJ, y Rangel, SR (2006). Inseminación artificial y transferencia de embriones en ovinos. *Acontecer ovino-caprino*, 10-20. https://www.acontecerovinocaprino/produccion_ovina/inseminacion_ovinos/06-transferencia_embriones.pdf
- Balan-May, D, Chiquini-Medina R, Flota-Bañuelos C, Hernández-Marín A, Rosales-Martínez V y Fraire-Cordero S. (2021). Protocolos cortos para la sincronización del estro en ovejas de pelo en Campeche, México. *Abanico Veterinario*, enero-diciembre 11: 1-10. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2021.34>
- Balcázar, SJA y Porras, AAI (2013). Manual de prácticas en manejo reproductivo de ovinos y caprinos. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Barrell, GK, Thrun, LA, Brown, ME, Viguié, C & Karsch, FJ. (2000). Importance of photoperiodic signal quality to entrainment of the circannual reproductive rhythm of the ewe. *Biology of Reproduction*. 63: 769-774. <https://doi.org/10.1095/biolreprod63.3.769>
- Barrera B, N. (1996). Los orígenes de la ganadería en México. *Ciencias*, núm. 44, octubre-diciembre, pp. 14-27. <https://www.revistacienciasunam.com/en/193-revistas/revista-ciencias-44/1827-los-or%C3%ADgenes-de-la-ganader%C3%ADa-en-m%C3%A9xico.html>
- Bobadilla-Soto, EE, Ochoa-Ambriz, F, Perea-Peña, M (2021). Dinámica de la producción y consumo de carne ovina en México 1970 a 2019. *Agronomía Mesoamericana*. Volumen 32(3):963-982. Septiembre-diciembre, 2021 e-ISSN 2215-3608, <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/index>

- Buratovich, O (2010). Eficiencia reproductiva en ovinos: factores que la afectan. Parte II: Otros factores no nutricionales. Ganadería No. 36 INTA. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_ganaderia36_reproduccion_ovina.pdf
- Clarkson, J, d'Anglemont de Tassigny, X, Santos-Moreno, A, Colledge, WH & Herbison, AE (2008). Kisspeptin-GPR54 singaling is essential for preovulatory gonadotropin-releasing hormone neuron activation and the luteinizing hormone surge. The Journal of Neuroscience. 28: 8691-8697. <https://www.jneurosci.org/content/28/35/8691/tab-figures-data>
- Consejo Mexicano de la Carne (2021). Compendio estadístico 2021. Comecarne.org. <https://comecarne.org/wp-content/uploads/2021/05>
- Contreras, A, Sánchez, LA, Corrales, JC, García-Galán, A, García, RE, De la Fe, C, Aldeguer, MP, Gómez-Martín, A (2021). La trashumancia del ovino segureño: una oportunidad para la innovación docente en veterinaria. AN. VET. (Murcia) 35: 31-47 (2019-2021). <https://revistas.um.es/analesvet/article/view/413011>
- Cordero-Mora, JL, Sánchez-Torres Esqueda T, Molina-Mendoza, P, Nieto-Aquino, R, Peralta-Ortiz, J, Cárdenas-León, M, Mejía Villanueva, O, Olivares-Reyna, L y Figueroa-Velasco JL (2011). Reducción de dosis de Acetato de Fluorogestona mediante partición de esponjas para sincronización del estro en ovejas. Revista Científica FCV-LUZ, Vol. XXI (6): 492-499. <https://www.redalyc.org/pdf/959/95920056004.pdf>
- Córdova, IA, Ruiz LG, Saltijeral OJ, Pérez JF y Degefa DT (1999). Inducción y sincronización de celos en ovejas criollas anéstricas estacionales con esponjas vaginales impregnadas de FGA y PMSG inyectable. Archivos de Zootecnia 48: 437-440. <https://www.uco.es/servicios/ucopress/az/index.php/az>
- Cruz, CL, Torres, HG, Núñez, DF, Becerril, PCM (2005). Evaluación de características productivas de corderos Hampshire, Dorset y Suffolk en

pruebas de comportamiento, en Hidalgo, México. Agr. 40: 59-69.
<https://www.redalyc.org/pdf/302/30240106.pdf>

Daza, AA (2002) Mejora de la productividad y planificación de explotaciones ovinas. Editorial Agrícola Española.

Delgadillo JA, Gelez H, Ungerfeld R, Hawken PA & Martin GB (2009) The 'male effect' in sheep and goats revisiting the dogmas. Behav Brain Res 200, 304-314. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2009.02.004>

Delgado, PA (2017). Importancia económica, ambiental y social de la producción ovina en el área de protección de flora y fauna Nevado de Toluca. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma del Estado de México.
http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/67635/TTG%2008_08_17.pdf?sequence=4&isAllowed=y

De la Cruz, RJA (2015) Comportamiento productivo en ovejas pelibuey incrementando la inclusión de proteína en la dieta. Tesis de Licenciatura. Centro Universitario UAEM Amecameca, Universidad Autónoma del Estado de México.

El Sol de Toluca (noviembre, 2022). Edomex, líder en la producción y consumo de carne de ovino en el país. <https://www.elsoldetoluca.com.mx/local/edomex-lider-en-la-produccion-y-consumo-de-carne-de-ovino-en-el-pais-9246028.html>

Esquivel, A y Estrada, J (2014). La Producción de Ovinos en el Parque Nacional Nevado de Toluca. El Caso de Agua Blanca, Zinacantepec, Estado de México” [En] Arriaga, C. y Anaya, J. (Comp.). Contribución de la Producción Animal en Pequeña Escala al Desarrollo Rural.
http://siproduce.sifupro.org.mx/seguimiento/archivero/7/2013/anuales/anu_729-25-2014-05-7.pdf

- FAO, (2010). Sistemas pecuarios. <http://www.fao.org/livestock-systems/global-distributions/sheeps/es/>
- Galina, CH, Saltiel, CA, Valencia, MJ, Becerril, AJ, Bustamante, CG, Calderón, YA, Duchateau, BA, Fernández, BS, Olguín, BA, Páramo, RR y Zarco, QL (1995). Reproducción de Animales Domésticos. Ed. Limusa S.A. de C.V. México.
- Galina, C y Valencia, J (2008) Reproducción de Animales domésticos. Ed. LIMUSA, México. 2008. 569 p.
- Ganadería.com (2016). Ovinocultura, una mirada global a esta producción alternativa en la ganadería. <https://www.ganaderia.com/destacado/Ovinocultura%2C-una-mirada-global-a-esta-produccion-alternativa-en-la-ganaderia>
- Garcés, C, Díaz, JR, Fernández, N y Torres, A (1995). Funcionalidad de los alojamientos ovinos. Ovis. 40: 27-37. <http://www.cofupro.org.mx/cofupro/Publicacion/Archivos/penit68.pdf>
- García, MB (1999) Conquistadores de cuatro patas. El Colegio de México, *Arqueología Mexicana*, Vol. 6, No. 35: 62-67, enero-febrero. <https://biblat.unam.mx/en/revista/arqueologia-mexicana/articulo/conquistadores-de-cuatro-patas>
- Garduño-Villafaña, A., y Salazar-García F., (2015) Diagnóstico estático de la ovinocultura en los municipios de Donato Guerra y Villa de Allende, Estado de México. Tesis de Especialidad en Producción Ovina. Universidad Autónoma del Estado de México. <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/49834>
- Gatica, MC, Celi, I, Guzmán, JL y Zarazaga, LA (2012). Utilización de fotoperiodo e implantes de melatonina para el control de la reproducción en caprinos Mediterráneos. REDVET; Vol. 13, No. 10; 1-15. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63624631004.pdf>

- GEM (2017). Gobierno del Estado de México. Región I Amecameca.
https://issuu.com/copladem/docs/i_amecameca
- Gibbons, A y Cueto, M (2007) Inseminación artificial con semen fresco en ovinos.
Revista Presencia, No. 51, Bariloche, Argentina
- Gómez-Brunet, A, Santiago-Moreno, J, Toleda-Díaz, A, López-Sebastian, A (2012).
Reproductive seasonality and its control in spanish sheep and goats. Tropical
and Subtropical Agroecosystems, vol. 15, núm. 1, 2012, pp. S47-S70.
<https://www.redalyc.org/pdf/939/93924484004.pdf>
- González, MP y Martínez, JA (2016). Evaluación del porcentaje de preñez en ovejas
por inseminación con semen congelado y semen congelado diluido con TCM
199. Universidad de la Salle Bogotá D.C.
- Gonzales-Garzón, AC, Góngora y OA, Sánchez, GJ (2021) Efecto del flushing sobre
el desempeño reproductivo en ovejas de pelo en un centro de apoyo a la
investigación y docencia en México. Rev Sist Prod Agroecol. 12 (1): 38-57.
<https://revistas.unillanos.edu.co/index.php/sistemasagroecologicos/article/view/737/796>
- Hafez, E (2000) Reproducción e Inseminación Artificial en animales. McGraw Hill.
Séptima Edición.
- Haresign, W (1981). The influence of nutrition on reproduction in the ewe 1. Effects
on ovulation rate, follicle development and luteinizing hormono relese. Animal
Production 32, 197-202. *<https://doi.org/10.1017/S0003356100025009>*
- Hernández F, Elvira L, González-Martin JV, González-Bulnes A & Astiz S (2011)
Influence of age at first lambing on reproductive and productive performance
of Lacaune dairy sheep under an intensive management system. The Journal
of Dairy Research 78, 160-167. *<https://doi.org/10.1017/S0022029911000033>*

- Hernández, BJA, Benitez, MJA, Gómez, G. A., y Moreno, F. L. A. (2017). Inseminación Artificial Animal: Historia y Evolución. Universidad Tecnocientífica del Pacífico S.C. Primera Edición.
- Hick, M, Ahumada, VH, Prieto, MR, Castillo A, MF (2009). Caracterización zootécnica y genética de poblaciones primarias de ovinos productores de lana. Universidad Católica de Córdoba. Recuperado de <http://pa.bibdigital.ucc.edu.ar/521>
- Hidalgo, G, Rodríguez-Márquez, J, Chango, R, Mavarez, M, Morales, R, Rodríguez, M, y Arangueren, J (2015) Inseminación intrauterina por laparoscopia en ovejas mestizas West African utilizando semen Dorper congelado en pajuelas y pellets. Facultad ciencias veterinarias, XXV (5), 395-401. <http://www.redalyc.org/pdf/959/95942728008.pdf>
- Huerta, PC (2007) Sincronización del estro en ovejas, utilizando media esponja vaginal y esponja completa impregnada con acetato de flurogestona (FGA). Tesis de Licenciatura, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México. 35 p.p. <https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TES01000617281/3/0617281.pdf>
- ICAMEX, Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal (s/f) Ovinos. Recuperado de <https://icamex.edomex.gob.mx/ovinos>
- ICAMEX, Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal (2021). <https://icamex.edomex.gob.mx/ovinos>
- INIA (2004). Instituto Nacional de Innovación Agraria. Razas ovinas y caprinas en el Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA No. 127. ISSN 0717-4829.
- Joy, M, Congost, S, Delfa, R, Álvarez-Rodríguez, J y Sanz, A (2007). Diversificación de las producciones ovinas: Utilización de praderas en el cebo de corderos.

- Informaciones Técnicas del Centro de Transferencia Agroalimentaria, Gobierno de Aragón-FEOGA, 175: pp. 12. https://citarea.cita-aragon.es/citarea/bitstream/10532/839/1/10532-109_11.pdf
- KHSI, (2009). Katahdin hair sheep internacional. La raza Katahdin. Pp. 1-7 <http://www.khsi.org/BreedInfo/BreedinfoEsp.htm>
- King, JOL (1981). Ovejas. Introducción a la zootecnia. Ed: 1. Ed: Acribia. España. Pp: 229-269.
- López, J, Salinas D, Baracaldo-Martínez A, Gómez C, Herrera-Ibatá D y Atuesta-Bustos JE (2021). Efecto de la dosis de gonadotropina coriónica equina (eCG) asociada a protocolos cortos de sincronización de celo sobre el desempeño reproductivo de ovejas de pelo. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 32(1): e17775. <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v32i1.17775>
- López-García, S, Sánchez-Torres Esqueda MT, Cordero-Mora JL, Figueroa-Velasco JL, Martínez-Aispuro JA y Salinas RT (2023). Sincronización de estros en ovejas mediante protocolo de 6 días con CIDR de primera, segunda y tercera reutilización. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias 14(3): 610-621. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v14i3.6309>
- Lozano-González, JF, Uribe-Velásquez, LF & Henry OJ (2012) Control hormonal de la reproducción en hembras ovinas (*Ovis aries*). Artículo de revisión, Veterinaria y Zootecnia Vol. 6 No.2 134-147. julio - diciembre de 2012. <https://revistasoj.s.ucaldas.edu.co/index.php/vetzootec/article/view/4413>
- Malpaux, B, Thiéry, JC & Chemineau, P (1999). Melatonin and the seasonal control of reproduction. Reproduction Nutrition Development. 39: 355-366.
- Malpaux, B, Tricoire, H, Mailliet, F, Daveau, A, Migaud, M, Skinner, DC, Pelletier, J. & Chemineau, P (2002). Melatonin and seasonal reproduction: understanding the neuroendocrine mechanisms using the sheep as a model. Reproduction

- Supplement. 59: 167-179. https://www.researchgate.net/publication/10801561_Melatonin_and_seasonal_reproduction_understanding_the_neuroendocrine_mechanisms_using_the_sheep_as_a_model
- MAPA (2014). Raza ovina Churra. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). https://www.mapa.gob.es/en/ganaderia/temas/zootecnia/razas-ganaderas/razas/catalogo-razas/ovino/churra/datos_morfologicos.aspx
- México Ganadero (s/f). Ovinos Latxa. <https://www.mexicoganadero.com/razas/?sitio=ovinoslatxa>
- Meza-Herrera, CA, Veliz-Deras, FG, Wurzinger, M, López-Ariza, B, Arellano-Rodríguez G & Rodríguez-Martínez, R (2010). The kiss-1-kisspeptin-gpr54 complex: a critical modulator of GnRH neurons during pubertal activation. *Journal Applied Biomedicine*. 8: 1-9. <https://doi.org/10.2478/v10136-009-0001-0>
- Meza-Herrera, CA & Tena-Sempere, M (2012). Interface between nutrition and reproduction: the very basis of production. In: *Animal Reproduction in Livestock*. [eds. S. Astiz, A. Gonzalez-Bulnes], in *Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)*, under the auspices of the UNESCO, Eolss Publishers, Oxford, UK. <http://www.eolss.net>.
- Moreno, BI (2011) Comportamiento reproductivo del ganado Dorper en la Comarca Lagunera. Tesis de Licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/3150>
- Mujica, CF (2005). Razas ovinas y caprinas en el Instituto de Investigaciones Agropecuarias. *Boletín INIA* No. 127: 88. https://puntoganadero.cl/imagenes/upload/_5db844a3f15d4.pdf
- Oakley, AE, Clifton, DK & Steiner, RA (2009). Kisspeptin signaling in the brain. *Endocrine Reviews*. 30: 713-743. <https://doi.org/10.1210/er.2009-0005>

- Oliveira, ME (2009). Técnicas de inseminação artificial em ovinos e caprinos.
<https://www.milkpoint.com.br/artigos/producao/tecnicas-de-inseminacao-artificial-emovinos-e-caprinos-52391n.aspx?r=1521195197#>
- Oviedo, SE (2009). Inseminación artificial en ovinos. Tesis de Licenciatura de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Torreón, Coahuila, México
- Páramo, RRM. (2008) Morfofisiología de los órganos genitales del macho y la hembra. En: Reproducción de Animales Domésticos. Carlos Galina y Javier Valencia compiladores. Ed. LIMUSA 2008 pp. 27
- Peña, TLF, Hernández LJJ, Ruíz DR, Villarreal PM y Ávila DA (1984). Utilización de Acetato de Fluorogestona impregnada en esponjas intravaginales e implantes subcutáneos usados de SC 21009 para la sincronización del estro en borregas Romney Marsh. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias [antes Tec. Pec. Méx.] 47: 82-87. *<https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/3320>*
- Pérez, HP, Arrieta, GA, Candelaria, MB, Arroniz, SO, Chalate, MH, Díaz, RP, Del Carmen, AC (2005). Caracterización del sistema productivo ovino en el estado de Veracruz. Fundación produce de Veracruz, A. C. pp. 5-7.
- Pérez, HP, Vilabo, AJ, Chalate, MH, Candelaria, MB, Díaz, RP, y López, OS (2011). Análisis descriptivo de los sistemas de producción con ovinos en el estado de Veracruz, México (Descriptive Analysis of Sheep Production Systems in the State of Veracruz, Mexico) Revista Científica, FCV-LUZ / Vol. XXI, Nº 4, 327 - 334, 2011. *<https://www.redalyc.org/pdf/959/95918727007.pdf>*
- Ponce, CJL, Macías, CU, Álvarez, VFD, Sandoval, TMA, Avendaño, RL, Águila, TE (2012). Desempeño al parto y al destete de ovejas Pelibuey y sus cruizas con Romanov sincronizadas con progestágenos y diferentes dosis de eCG. Abanico Veterinario 2 (2) mayo 2012: 25-32. *<https://www.medigraphic.com/cgi-in/new/resumen.cgi?IDARTICULO=44881>*

- Pope, WF & Cárdenas, H (2004) Sensitivity of sheep to exogenous prostaglandin F_{2α} early in the estrous cycle. *Small Ruminant Research* 55 (1), 245-248.
<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2004.01.004>
- Rangel, PLE, Alarcón, ZMA, Galina, HC, Hernández, CJ, Porras, AAI, Valencia, M JJ, Balcazar, SJA, Boeta, AM, Flores, GH y Páramo, RRM (2009) Manual de prácticas de Reproducción Animal. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/licenciatura/coepa/archivos/manuales_2013/Manual%20de%20Practicas%20de%20Reproduccion%20Animal.pdf
- Raso, M (2004) Comparación de 4 tratamientos de sincronización de celos en ovinos. *Ganadería No. 9 INTA*. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_ganaderia09_sincronizacion_celo.pdf
- Retes, L. R., Domínguez, C. K., Moreno, M. S., Denogean, B. F., Ibarra, F. F., Martin, R. M. (2012). Determinación de la rentabilidad de la producción de ovinos raza Pelibuey en el norte de Sonora. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 16 (30): 887-896. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14123097010>
- RFEAGAS (Real Federación Española de Asociaciones de Ganado Selecto) (2010). LATXA Ganado ovino. <https://feagas.com/razas/ovino> <https://rfeagas.es/razas/ovino/latxa/>
- Rodríguez, LA, Álvarez, GM y Pérez-Holanda, BJC (2016) Bases fisiológicas y características reproductivas de las ovejas. X Curso teórico-práctico de reproducción e inseminación artificial en ganado ovino y caprino.
https://img.interempresas.net/docsoviespana/bases_fisiologicas_ovino_caprino.pdf
- Romero, MJ (2005). Antecedentes de la ovinocultura en México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de

- México. Zootecnia de Ovinos. Unidad 4: 139-169.
https://fmvz.unam.mx/fmvz/p_estudios/apuntes_zoo/unidad_4_ovinos.pdf
- Rosa, HJD & Bryant, MJ (2003). Seasonality of reproduction in sheep. Small Ruminant Research. 48: 155-171. *[https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(03\)00038-5](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(03)00038-5)*
- Rosiles, GE (2007). Comparación de diversos protocolos de sincronización de celo utilizando el efecto macho en lugar de la PMSG en ovejas Pelibuey. Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 41 p.p.
http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/bitstream/handle/DGB_UMI/CH/12653/FMVZ-L-2007-0191.pdf
- Senger, PL (2003) Reproductive cyclicity. Terminology and basic concepts. En Pullman WA (ed) Pathways to Pregnancy and Parturition, 2ª Ed: 144-163 Current Conceptions, Inc.
- SIAP, (2020) Servicio de Alimentación Agroalimentaria y Pesquera.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/655390/Inventario_2020_ovino.pdf
- Statista Research Department (2021)- Volumen de producción de carne de ovino en México de 2011 a 2020. Agricultura y Ganadería.
<https://es.statista.com/estadisticas/595144/volumen-de-produccion-de-carne-de-ovino-mexico/>
- Soto, LC, Delgado, M y Cuéllar, A (2006) Situación de la ovinocultura en México, engormix. *<https://www.engormix.com/ovinos/articulos/situacion-ovinocultura-mexico>* t26541.htm
- Soto, GR y Medrano, HJA (2008). Reproducción de ovejas y cabras. UNAM. Cuautitlán. México, D.F.

- Tondello, ML, dos Santos, NPC, Gaudêncio, NS, Pereira, RL, Bertolinil, M, Diniz, VA & Mezzalira A. (2010). Microbiological and functional evaluation of an alternative device (OB®) for estrous synchronization in ewes. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.40, n.2, p.389-395, fev, 2010. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33117333017>
- Toomey, BJ (1984). Manejo, clasificación y utilización de la lana. FAO, Roma. 79 p. <https://www.fao.org/3/i1283s/i1283s.pdf>
- Ulloa-Arvizu R, Gayosso-Vázquez A, Alonso, MRA (2009). Origen genético del ovino criollo mexicano (*Ovis aries*) por el análisis del gen del Citocromo C Oxidasa subunidad 1. *Tec. Pecu. Mex.* 2009; 47(3): 323-328. <http://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/download/1466/1461>
- Vélez, SE (2018). Evaluación de los parámetros productivos y reproductivos de ovinos de la raza Katahdin y Dorset en el suroeste de Antioquia. Tesis de Maestría. Universidad Católica de Oriente, Colombia. <https://repositorio.uco.edu.co/jspui/bitstream/20.500.13064/506/1>
- Verdoljak, OJJ, Vásquez, R, Casco, JF, Pereira, MM, Gándara, I, Acosta, FA, Fernández-López, P, Castillo-Rodríguez, SP y Martínez-González, JC (2017) Protocolo de Inducción de Estro en Ovejas de Lana en Anestro Estacional y su Comportamiento Productivo. *Rev Inv Vet Perú* 2017; 28(4): 904-910. <http://www.scielo.org.pe/pdf/rivep/v28n4/a15v28n4.pdf>
- Vilá, VV, Pérez, AMA, Perozo, PE, Riera, NM y Rivera, L (2007) Vascularización arterial del Ovario durante el ciclo Estral en Ovinos. *Rev. Cient.* v.17 n.4 Maracaibo ago. 2007. <https://www.redalyc.org/pdf/959/95917405.pdf>
- Vilarino, M, Rubianes, E & Menchaca, A (2013) Ovarian responses and pregnancy rate with previously used intravaginal progesterone releasing devices for fixed-time artificial insemination in sheep. *Theriogenology* 79, 206-210. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2012.10.007>