



BONDADES REPRODUCTIVAS DE LAS OVEJAS DE PELO



EDICIONES
COMUNICACIÓN
CIENTÍFICA

Fernando Sánchez Dávila (editor responsable)
Javier Hernández Meléndez
Juan Carlos Martínez González
Andrés Gilberto Limas Martínez
Jairo Jeú Quintanilla Medina
Mirelly Venecia Mireles Villanueva

Bondades reproductivas de las ovejas de pelo

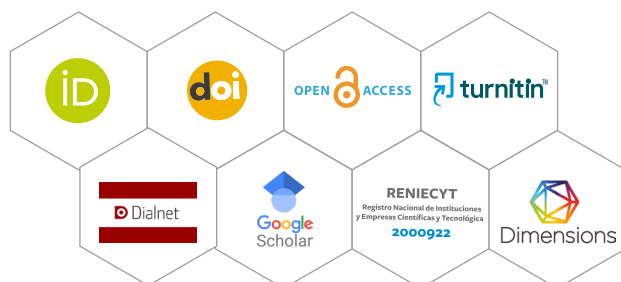
Ediciones Comunicación Científica se especializa en la publicación de conocimiento científico de calidad en español e inglés en soporte de libro impreso y digital en las áreas de humanidades, ciencias sociales y ciencias exactas. Guía su criterio de publicación cumpliendo con las prácticas internacionales: dictaminación de pares ciegos externos, autenticación antiplagio, comités y ética editorial, acceso abierto, métricas, campaña de promoción, distribución impresa y digital, transparencia editorial e indexación internacional.

Cada libro de la Colección Ciencia e Investigación es evaluado para su publicación mediante el sistema de dictaminación de pares externos y autenticación antiplagio. El proceso de dictaminación y su trazabilidad puede consultarse, así como el libro en Acceso Abierto.



comunicacion-cientifica.com

[DOI.ORG/10.52501/cc.418](https://doi.org/10.52501/cc.418)




**COMUNICACIÓN
CIENTÍFICA**
PUBLICACIONES
ARBITRADAS
HUMANIDADES, SOCIALES Y CIENCIAS

CC+I
COLECCIÓN
CIENCIA e
INVESTIGACIÓN

Bondades reproductivas de las ovejas de pelo

Fernando Sánchez Dávila
Juan Carlos Martínez González
Andrés Gilberto Limas Martínez
Jairo Jeú Quintanilla Medina
Javier Hernández Meléndez
Mirelly Venecia Mireles Villanueva



**EDICIONES
COMUNICACIÓN
CIENTÍFICA**

Bondades reproductivas de las ovejas de pelo / Fernando Sánchez Dávila y otros.—
Ciudad de México : Comunicación Científica, 2026. (Colección Ciencia e Investigación).

125 páginas : gráficas, fotografías ; 23 × 16.5 centímetros

DOI: 10.52501/cc.418

ISBN: 978-968-9803-12-6

1. Ovejas – Reproducción. 2. Ganadería ovina. I. Sánchez Dávila, Fernando, autor. II. Martínez González, Juan Carlos, autor. III. Limas Martínez, Andrés Gilberto, autor. IV. Quintanilla Medina, Jairo Jeú, autor. V. Hernández Meléndez, Javier, autor. VI. Mireles Villanueva, Mirelly Venecia, autora.

LC: SF376.2 B66

DEWEY: 636.6082 B66

La titularidad de los derechos patrimoniales y morales de esta obra pertenece a los autores D.R.© Fernando Sánchez Dávila, Juan Carlos Martínez González, Andrés Gilberto Limas Martínez, Jairo Jeú Quintanilla Medina, Javier Hernández Meléndez y Mirelly Venecia Mireles Villanueva, 2026. Reservados todos los derechos conforme a la Ley. Su uso se rige por una licencia Creative Commons BY-NC-ND 4.0 Internacional, <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/legalcode.es>

Primera edición en Ediciones Comunicación Científica, 2026

Diseño de portada: Francisco Zeledón • Interiores: Guillermo Huerta

Ediciones Comunicación Científica, S. A. de C. V., 2026,
Av. Insurgentes Sur 1602, piso 4, suite 400,
Crédito Constructor, Benito Juárez, 03940, Ciudad de México,
Tel.: (52) 55-5696-6541 • Móvil: (52) 55-4516-2170
info@comunicacion-cientifica.com • www.comunicacion-cientifica.com
f comunicacioncientificapublicaciones **✉** @ ComunidadCient2

ISBN 978-968-9803-12-6

DOI 10.52501/cc.418



Esta obra fue dictaminada mediante el sistema de pares ciegos externos.
La trazabilidad de la dictaminación puede consultarse, así como el libro en
acceso abierto, en <https://doi.org/10.52501/cc.418>

Índice

<i>Resumen</i>	9
<i>Prefacio</i>	11
<i>Introducción</i>	13
1. Distribución de las razas de pelo en México y a nivel mundial	15
2. Características reproductivas de la oveja.	25
3. Parámetros reproductivos	41
4. Parámetros reproductivos del carnero	55
5. Productividad de las ovejas de pelo.	73
6. Modificación de la función reproductiva.	77
7. Identificación de áreas de oportunidad y necesidades de investigación	107

Conclusión	109
Referencias	111
<i>Sobre los autores</i>	123

Resumen

El presente libro, titulado *Bondades reproductivas en ovejas de pelo*, abarca importantes temas de reproducción dirigido a productores, estudiantes y profesionistas de la especie ovina, los cuales van desde la distribución de las razas de pelo más importantes en México y el mundo, hasta la función reproductiva de la hembra (como el destete y su primer parto), así como la manera de alcanzar una mayor frecuencia de pariciones independientemente de la época reproductiva. Asimismo, estudia la evaluación de parámetros reproductivos (cuya tasa de reproducción se considera un factor crucial que afecta la productividad de los rebaños), con la finalidad de reducir el intervalo entre ellos para obtener más de tres partos cada dos años y, por tanto, aumentar la producción de corderos durante la vida reproductiva de la oveja. De hecho, un capítulo describe las formas de modificar la función reproductiva de la oveja, lo cual comprende estrategias de alimentación hasta un programa de sincronización del estro y la ovulación. En este contexto, podemos decir que el presente libro ayuda a realizar una selección más objetiva de las hembras.

De la misma manera, para el carnero, se estudia desde el desarrollo de los corderos de pelo bajo diferentes escenarios de crianza hasta el efecto macho en diferentes épocas reproductivas, lo cual incluye el inicio de la pubertad, la actividad sexual y la calidad seminal de los machos.

Palabras clave: *eficiencia reproductiva, sincronización del estro, efecto macho, comportamiento sexual, calidad seminal.*

Prefacio

Existen numerosos beneficios en la revisión del estado actual de los conocimientos relacionados con los resultados reproductivos y las características productivas de los ovinos de pelo. En primer lugar, la información que se recopila en este libro sirve como material bibliográfico para la comunidad científica que realiza trabajos de investigación sobre esta especie de importancia zootécnica, al tiempo que contribuye a la comprensión de los datos generados por las investigaciones realizadas hasta la fecha.

En segundo lugar, permite a los académicos identificar lagunas en el conocimiento actual y determinar futuras prioridades de investigación sobre esta especie. Al conocer los trabajos que se han realizado, los científicos pueden evitar la duplicidad de las investigaciones y fomentar la colaboración entre grupos de investigadores en todo el mundo. La escasez de fondos para desarrollar investigación básica en ciencia animal es un problema especialmente apremiante. La colaboración entre grupos de investigación aumentaría la productividad y mejoraría las relaciones académicas entre instituciones.

Por otra parte, las ovejas de pelo son importantes para la economía ganadera de los países con grandes poblaciones de ovinos, pero su productividad y sus bondades han sido soslayadas. No sólo las reproductivas, sino también otras características como la resistencia a parásitos, la capacidad de adaptación y la longevidad. Se han realizado intentos para mejorar la productividad de las razas de pelo mediante cruzamientos con genotipos

importados, pero se han hecho pocos esfuerzos de evaluación, análisis y selección dentro de las propias razas de pelo para mejorar su productividad, incluida la reproducción y la resistencia a los parásitos. La identificación de áreas de investigación podría fomentar nuevas inversiones por parte de los sectores público y privado. Comprender el conocimiento existente o su ausencia es fundamental para quienes establecen y formulan políticas relacionadas con el sector ganadero a nivel mundial.

Introducción

La producción mundial de carne ovina alcanzó las 17.5 millones de toneladas en 2024, lo que supone un incremento del 0.8 % con respecto a 2021 (FAO, 2025). China es el principal consumidor de carne ovina a nivel mundial, con casi 4.2 millones de toneladas, seguido por los países de Argelia, Afganistán y Nigeria. China tiene la población más grande del mundo, con 185 millones de cabezas de ganado ovino (FAO, 2025). En el continente americano, los pequeños rumiantes se distribuyen principalmente por Latinoamérica hasta la Patagonia. Con 8 575 908 ovejas, México se sitúa en cuarto lugar en América, sólo después de Brasil, Argentina y Perú (FAO, 2025).

La creciente demanda de carne ovina a nivel mundial se debe, entre otras cosas, al aumento de la urbanización y, por lo tanto, a una mayor demanda de carne ovina en sus diferentes presentaciones comerciales. Por ello, es necesario mejorar los actuales sistemas de producción y comercialización de estos pequeños rumiantes a nivel mundial. En particular, en México, las ovejas contribuyen sustancialmente a los medios de subsistencia de las familias rurales, ya que son una fuente de ingresos, alimentos (carne y leche) y materias primas industriales (pieles y lana). También contribuyen a que los grandes productores incrementen sus ingresos económicos y a que una población en particular cumpla sus funciones socioeconómicas y culturales, lo que asegura una forma de inversión.

Como resultado de la creciente labor académica e investigadora de las universidades y centros de investigación, se han desarrollado diferentes

estrategias que han mejorado la productividad y la eficiencia terminal del cordero para el abastecimiento y han desarrollado la cadena de valor de la ganadería ovina a nivel mundial. Las áreas de mayor desarrollo a nivel mundial han sido la eficiencia reproductiva y el mejoramiento genético. En este sentido, el desarrollo e implementación de técnicas reproductivas en las ovejas de pelo han permitido, por un lado, desarrollar y evaluar más eficientemente los protocolos de sincronización del celo y la ovulación, y, por otro, conocer el potencial reproductivo del carnero de pelo para inducir el celo en cualquier tipo de oveja de lana o pelo durante todo el año. Estas prácticas son factibles y pueden representar un paso importante para mejorar la prolificidad y la calidad de los corderos de los rebaños ovinos a nivel mundial. Por ello, antes de emprender estudios que identifiquen enfoques y metodologías para la difusión de la genética mejorada, es esencial revisar y documentar los conocimientos actuales sobre los recursos genéticos de ovinos de pelo disponibles en todo el mundo, ya que la capacidad reproductiva y el rendimiento productivo son aspectos clave en la ovinocultura moderna.

Por lo tanto, los objetivos de este libro son: (1) proporcionar una revisión de los conocimientos actuales relacionados con los resultados y las características reproductivas de las razas de ovejas de pelo en todo el mundo, y (2) identificar las necesidades prioritarias de desarrollo reproductivo de las razas de pelo más representativas a nivel mundial.

1. Distribución de las razas de pelo en México y a nivel mundial

Hasta 2024, la población mundial de ovejas era de 1190 millones de cabezas, de las cuales el 40 % se concentraba en Asia, seguido de África con un 25 %. En el continente americano se concentraba únicamente el 7.9 % de la población mundial. Del total de cabezas de ovino a nivel mundial, el 12 % corresponden a razas de pelo, distribuidas principalmente en África (90 %) y Latinoamérica y el Caribe (12 %). En el caso de México, de la población total nacional (8.2 millones), el 55 % se concentra en cinco estados: Estado de México, Hidalgo, Veracruz, Oaxaca y Guanajuato.

Black belly

Esta raza es originaria del oeste de África y fue introducida en el Caribe a principios del siglo XVII por españoles y portugueses en su ruta hacia Brasil. En la actualidad, se encuentra distribuida por todo el Caribe, el norte y noroeste de Sudamérica, México, Estados Unidos y Costa Rica. Es de color pardo rojizo u oscuro, con una línea inferior negra muy notable que va desde la mandíbula inferior hasta la parte ventral de la cola, la cual es delgada y de longitud media. Sus orejas son cortas, con las puntas dirigidas hacia delante, de color negro con bordes blancos. Ambos sexos suelen ser cornudos y tener una capa pilosa; los machos presentan un cuello bien desarrollado y una crin en la entrada del pecho. Se considera una raza de

tamaño medio: los machos adultos pesan de media 65 ± 9.2 kg y las hembras adultas entre 35 y 45 kg. Esta raza se caracteriza por su altura y rusticidad. Las hembras tienen glándulas mamarias bien desarrolladas y son prolíficas y fértiles, por lo que se reproducen en cualquier estación del año y pueden tener hasta 1.5 partos al año.

Figura 1a. *Reproductoras de la raza black belly*



Fuente: Ganadería La Encantada Blackbelly (2026).

Figura 1b. *Hembra joven black belly con su cordero*



Fuente: Ganadería La Encantada Blackbelly (2026).

Figura 1c. Cordera de la raza black belly



Fuente: Ganadería La Encantada Blackbelly (2026).

Figura 1d. Oveja adulta con su cría de la raza black belly



Fuente: Ganadería La Encantada Blackbelly (2026).

Figura 1e. *Machos adultos de la raza black belly*



Fuente: Ganadería La Encantada Blackbelly (2026).

Figura 1f. *Machos adultos de la raza black belly*



Fuente: Ganadería La Encantada Blackbelly (2026).

Figura 1g. *Lote de ovejas black belly gestantes*



Fuente: Ganadería La Encantada Blackbelly (2026).

Pelibuey

Es originaria del oeste de África y fue introducida en el Caribe (Cuba) por los colonos españoles. Se desarrolló en México y se distribuyó por toda Centroamérica. Su color es muy variado: desde el blanco, negro, marrón claro u oscuro, rojizo, pinto, hasta una combinaciones de estos. Tiene la cola delgada y el cuerpo largo. Ambos sexos suelen ser cornudos y tienen una capa de pelo fino y corto. Se le considera una raza de tamaño intermedio: el macho adulto pesa entre 50 y 61 kg, y la hembra entre 35 y 40 kg. Se trata de una raza de carne, rústica y de prolificidad intermedia (de 1.2 a 1.5 crías por parto), que se reproduce en cualquier estación del año y puede tener hasta 1.3 partos al año.

Figura 2. Rebaño de la raza pelibuey canelo



Fuente: Rancho Las Potrancas, Ing. Walter Lanz Villegas.

Saint croix

Esta raza es originaria de las razas de pelo que llegaron de África en el año 1500 y posteriormente se establecieron en las Islas Vírgenes de Estados Unidos. El color blanco es el que predomina, aunque también hay ejemplares

pardos. Ambos sexos son cornamentados y los machos presentan una melena larga en el cuello, denominada «de león». Son de complexión mediana: los machos adultos pesan entre 50 y 80 kg, y las hembras entre 40 y 60 kg. Presentan una de las tasas de prolificidad más altas (1.6-2.0 crías por parto). Además, esta raza contribuyó a la formación de la raza *katahdin* en Estados Unidos. Las crías pesan al nacer alrededor de 3.1 ± 1.1 kg y alcanzan entre 12 y 15 kg al destete, a los 60 días de edad.

Figura 3. *Reproductores machos de la raza saint croix*



Fuente: Dr. Fernando Sánchez Dávila, Rancho Mary.

Katahdin

Esta raza se originó en Estados Unidos entre 1950 y 1957 en la región de Maine, mediante cruces entre razas de lana, principalmente la *suffolk*, y razas de pelo africanas, entre las que destaca la *saint croix*. Posteriormente, se incorporó otra raza inglesa, la *wiltshire horn*, para dar origen a esta raza sintética. Las ovejas *katahdin* se introdujeron en México en la década de los noventa. Actualmente, se encuentran distribuidas por la mayor parte del continente americano. Sus características fenotípicas generales son las siguientes: color blanco, manchado o de diferentes tonalidades de café; cola gruesa; cuerpo profundo y compacto. Ambos sexos son acornes y tienen orejas gruesas y de longitud media. La piel tiene una mezcla de pelo y lana. Es una raza de tamaño intermedio: el macho adulto pesa entre 90 y 115 kg, y la hembra entre 55 y 75 kg. Las crías presentan un peso al nacer de entre 3.6 y 4.0 kg $\pm$ 1.2 kg. Se considera una raza de doble propósito (materna y cárnica) que proporciona un mayor rendimiento y es resistente a diversos climas, desde el frío extremo hasta el tropical. Se les considera dóciles y con buen instinto maternal. Alcanza valores de prolificidad de hasta 1.8 crías por parto (Unión Nacional de Ovinocultores de México, 2022).

Figura 4. Reproductor macho de la raza *katahdin*



Fuente: Keno's Ranch, Eliezer Villarreal González.

Dorper

Se trata de una raza sintética originaria del sur de África, resultado del cruce entre la raza cabeza negra de Persia y el macho *dorset horn*. En la actualidad, está distribuida por todo el continente americano. Existen dos variedades de esta raza: una con cabeza negra y cuerpo blanco, y otra completamente blanca. Estos animales tienen la cola más gruesa y el cuerpo profundo y compacto. Ambos sexos pueden presentar cuernos y su piel es una mezcla de pelo y lana. Se considera una raza de tamaño intermedio: los machos adultos pesan entre 82 y 91 kg, y las hembras, entre 54 y 63 kg. Se trata de una raza de carne pesada, con alto rendimiento y resistente al trópico. Tiene un buen instinto maternal, tolera bien las variaciones climáticas y muestra hábitos de pastoreo no selectivos. También tiene buena conformación, crece rápido y tiene un alto rendimiento en canal. Las hembras tienen tres partos en dos años.

Figura 5. Lote de carneros de la raza Dorper negro, corderas en desarrollo, hembra adulta y carnero joven dorper blanco



Fuente: Rancho "La Reforma", General Terán, N.L., México.

La descripción de cada una de las razas se basa en informes de diferentes fuentes de información, como asociaciones nacionales (UNO), locales e internacionales. No obstante, sería conveniente aportar más información de campo para que los ovinocultores dispusieran de más opciones a la hora de realizar los mejores cruzamientos con el material genético que ofrecen las razas de pelo explotadas en México y desarrollar estrategias reproductivas para ovejas y carneros.

Pelifolk

Originaria del estado de Jalisco, es el resultado del cruce entre pelibuey y black belly. Posteriormente se cruzó con carneros *suffolk*, una raza que está ganando espacio entre los productores mexicanos. Se han recopilado datos interesantes sobre su producción y reproducción, como el hecho de que las corderas alcanzan la madurez sexual a los 426.5 días de media, con una prolificidad de 1.52 crías por parto, de las cuales el 54.6 % son partos simples, el 39.8 % dobles o gemelares, el 5.2 % triples y el 0.5 % cuádruples. Asimismo, los pesos reportados cuando nacen los corderos es de 3.99 kg y de 3.65 kg en las hembras. La duración de la lactancia de los corderos descritos anteriormente va entre los 54 y 82 días, con un peso de destete promedio de 21 kg y una ganancia diaria de 300 g, lo que indica que estos animales tienen una tasa de crecimiento muy aceptable y que las madres producen suficiente leche. El pelifolk es un animal de buen peso adulto, con mayor cobertura de pelo que de lana, rústico y resistente a diferentes climas.

Figura 6. Crías lactantes de la raza pelifolk



Fuente: Keno's Ranch, Eliezer Villarreal González.

Damara

La oveja damara, con su aspecto característico, forma parte de la vegetación de la costa occidental de África, donde existe una franja semiárida con escasas precipitaciones (entre 0 y 150 mm al año). Esta raza se encuentra muy extendida: desde Malí, Costa de Marfil, Nigeria y Angola hasta la región norte de Kunene, en Namibia. En 1904, los exploradores alemanes que recorrían Namibia vieron a esta raza ovina de patas largas criada por ganaderos. Durante la época del gobierno alemán, la región norte de Namibia se llamaba Gross Namaland, y la región de Kunene, Gross Damaland. Como las encontraron en Gross Damaland, los alemanes las llamaron ovejas damara. Estas tienen una alta tolerancia a la pérdida de peso estacional, buena resistencia a las enfermedades ovinas locales y buenas habilidades maternas. También, tienen una buena tolerancia a los parásitos internos, pues su alimentación principal la componen hierbas, arbustos y matorrales, por lo que casi pueden clasificarse como ramoneadoras. Presentan una tasa promedio del 35 % de partos dobles, con una tasa de fertilidad del 89-95% un peso al nacer de 4.3 ± 0.7 kg y un peso de 19.8 ± 1.8 kg al destete (80 días). Alcanzan un 98% de sobrevivencia al destete.

Figura 7. Reproductores ovinos de la raza damara



Fuente: Dr. Fernando Sánchez Dávila.

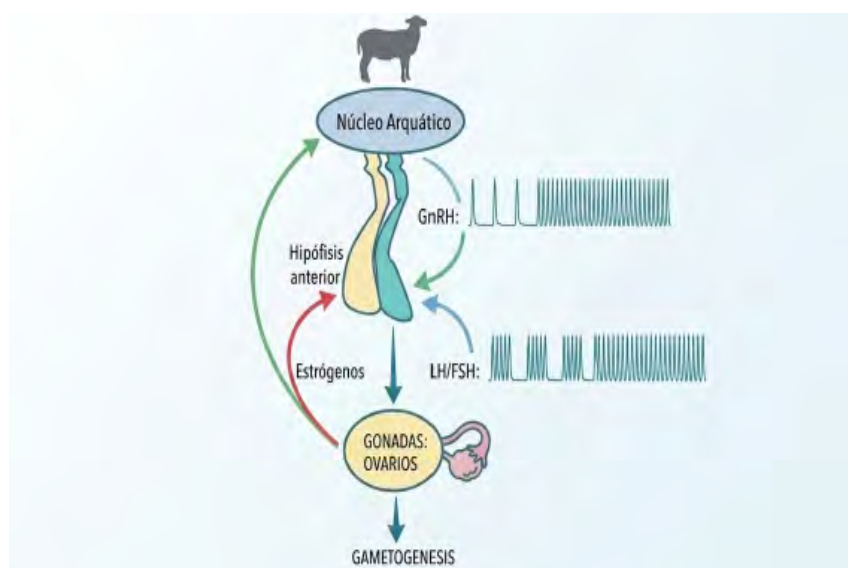
2. Características reproductivas de la oveja

Pubertad

La pubertad se define como la edad en que las corderas presentan su primer celo (son receptivas al carnero) y, a partir de ese momento, presentarán celo cada 17 días hasta que finalice su edad reproductiva. Este proceso se ve afectado por factores ambientales y genéticos. El desarrollo físico y psicológico hacia la edad adulta, debido a cambios en la actividad conjunta del hipotálamo cerebral y los ovarios o testículos, conduce en última instancia a la capacidad de reproducirse. Para secretar las hormonas implicadas en la reproducción se requiere la activación del hipotálamo, para la liberación pulsátil de los factores gonadotróficos se requiere la activación de la pituitaria y para generar gametos se requieren los ovarios (véase figura 8). El aumento de la testosterona en los corderos y del estradiol en las corderas se acompaña de la aparición de características sexuales secundarias. En la mayoría de las especies, la pubertad se debe a un aumento en la frecuencia de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH, por sus siglas en inglés), pero los mecanismos subyacentes a este aumento pueden ser muy diferentes entre especies. En el caso de las ovejas, los pulsos de GnRH se producen poco después del nacimiento y en la primera etapa, seguidos de una fase silenciosa o pausa juvenil, durante la cual el generador de impulsos GnRH permanece inactivo. La pubertad se inicia con el despertar del generador de impulsos GnRH (véase figura 8). Sin embargo, en la literatura actual se utilizan a menudo diferentes términos para definir las fases pos-

natales en ovejas, como pre, peri y puberales, que no siempre se especifican en función de la edad.

Figura 8. Representación esquemática de la endocrinología de la pubertad en corderas



Fuente: Dr. Fernando Sánchez Dávila.

En la mayoría de las especies, la pubertad se produce antes en las hembras que en los machos, excepto en el caso de las ovejas, pues los carneros muestran un aumento de la GnRH y de los pulsos de esta hormona un par de semanas antes que las corderas. Cabe señalar que la mayoría de las razas de lana son reproductivamente estacionales. Por lo tanto, en las ovejas de pelo, el inicio de la pubertad se ha definido alternativamente como el inicio de la ovulación o el primer celo (estro), que se presenta al menos seis meses después del nacimiento y depende de muchos factores genéticos (entre y dentro de las razas), así como del medioambiente y, sobre todo, del nivel de nutrición. En el caso de las ovejas de pelo explotadas en México, y de acuerdo con las investigaciones realizadas principalmente en la raza pelibuey, la pubertad se ha definido como la edad en la que la hembra en

crecimiento muestra su primer celo. Por ejemplo, un estudio realizado en el centro de México investigó el rendimiento reproductivo de las ovejas pelibuey y concluyó que las corderas alcanzaban la pubertad a los cinco meses y medio de edad con un peso vivo de 17.9 kg, lo que corresponde al 46 % del peso corporal maduro de esta raza. Este dato es inferior a los seis y medio meses que indicaron previamente otros autores, quienes observaron que el 70 % de las corderas pelibuey alcanzaban la pubertad antes de dicha edad. Posteriormente, el 63 % de las corderas presentó ovulación silenciosa antes del primer estro conductual. No se observaron aumentos transitorios de actividad lútea en el 45 % de las corderas que quedaron embarazadas en el primer apareamiento. Además, el 21.1 % de las hembras no ovuló durante el primer celo, por lo que las estimaciones del inicio de la pubertad basadas sólo en el primer comportamiento de celo pueden verse sesgadas.

En la tabla 1 se observan las investigaciones realizadas en México sobre el inicio de la pubertad en corderas de pelo de las diferentes razas explotadas. Se observa claramente que la raza que más se ha estudiado es la pelibuey, y la mayoría de los estudios, si no todos, se han realizado en el centro y sur del país. En la literatura citada, se evaluaron principalmente dos métodos para mejorar o adelantar el inicio de la pubertad en las corderas: el efecto macho y los niveles o fuentes de nutrientes. Los autores de los diferentes estudios citados mencionan que el efecto macho estimula la presencia del estro más tempranamente, entre los 12 y los 21 días, y que suplementar con el objetivo de incrementar el peso vivo o la condición corporal puede acelerar la presencia del estro y aumentar la tasa de ovulación. Es sorprendente que los estudios sobre las razas sintéticas, como la dorper y la katahdin, sean tan limitados, sobre todo a nivel internacional y si se tiene en cuenta que las publicaciones consultadas se realizaron desde 1986 hasta 2022. Sin embargo, se hace referencia a siete trabajos científicos, de los cuales uno es extranjero (Greeff et al., 1993), que reporta el inicio de la pubertad en corderas dorper a los 213 días. La media de inicio de la pubertad de los trabajos citados fue de 253.36 días, con un peso de 31.7 kg. Es importante señalar que, en todos los casos, la pubertad se alcanza antes en las razas de pelo que en las de lana. Esto representa una gran ventaja para las siguientes decisiones reproductivas y productivas dentro del rebaño por diversas razones:

1. Los animales pueden incorporarse al rebaño reproductivo a una edad más temprana.
2. Se puede estimular a las corderas con el efecto macho para incrementar los estros fértiles y suplementarlas para mejorar su estado nutricional e incrementar la tasa de ovulación.
3. Al someterlas antes a la reproducción, se acorta el intervalo entre generaciones.

Tabla 1. Reportes de investigaciones realizadas en México sobre el inicio de la pubertad en las diferentes razas de ovejas de pelo

<i>Autores</i>	<i>Raza</i>	<i>Año</i>	<i>Edad Pubertad (días)</i>	<i>Peso a la pubertad (kg)</i>	<i>Intervalo entre estros</i>
Álvarez, L., y Andrade, S.	Pelibuey	2008	239.8±5.7		17±7.2
Pascual et al.	Pelibuey	2009	216.0 ± 3.0		
Rodríguez et al.	Pelibuey	1986	257 ± 30.6	19.33 ± 2.0	18.6 ± 6.1
Elizarraraz et al.	Pelibuey	2008	260.1 ± 1.7	30.35 ± 0.2	
Elizarraraz et al.	<i>Saint croix</i>	2008	275.6 ± 1.9	29.73 ± 0.3	
Elizarraraz et al.	<i>Black belly</i>	2008	280.3 ± 3.9	28.15 ± 0.6	
Elizarraraz et al.	<i>Katahdin</i>	2008	290.6 ± 3.2	39.58 ± 0.5	
Elizarraraz et al.	Dorper	2008	300.3± 7.9	45.32 ± 1.2	
Roldán-Roldán et al.	Pelibuey	2016	239.3 ± 10.9	29.78 ± 4.4	
Hernández-Marín et al.,	Pelibuey	2016	215.0 ± 8.3	24.40 ± 3.5	
Greeff et al.	Dorper	1993	213.0 ± 31.0	39.00 ± 2.7	
Promedio			253. ± 9.8	31.74 ± 1.7	

Fuente: Dr. Fernando Sánchez Dávila.

En todos los trabajos se menciona categóricamente que la pubertad se ve más afectada por el peso que por la edad. En el caso de las ovejas de la raza dorper, que podrían presentar estacionalidad, las corderas nacidas en otoño e invierno alcanzan invariablemente su pubertad antes de la siguiente época reproductiva, es decir, entre los 10 y los 12 meses de edad.

Por ello, es necesario retomar las líneas de investigación en razas maternas como la *saint croix* y la *black belly*, así como en razas sintéticas como la dorper y la *katahdin*, con el fin de establecer estrategias de estimulación temprana de las corderas por medio de métodos naturales como el efecto macho combinado con una buena alimentación. Esto es crucial, ya que una deficiencia nutricional en la primera etapa de la vida puede afectar la edad del primer parto y, en consecuencia, la edad del primer servicio en diferen-

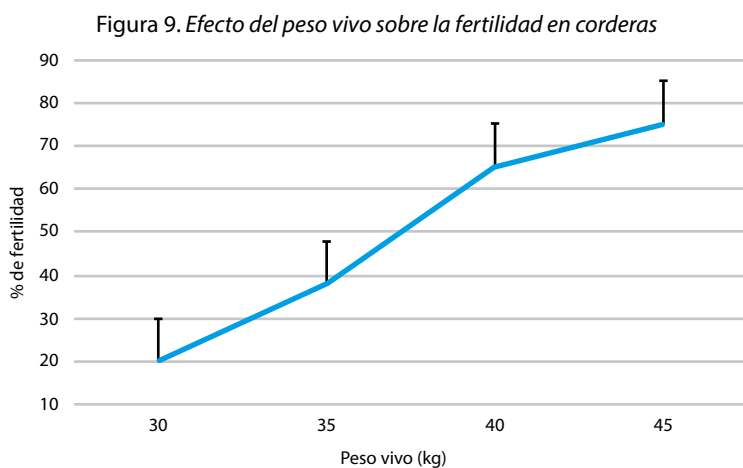
tes regiones del mundo. En este caso, la nutrición puede modular la función reproductiva y fisiológica a través de ciertas hormonas metabólicas que circulan por el organismo, como la insulina, el factor de crecimiento similar a la insulina (IGF-I), la hormona del crecimiento y la leptina.

El conjunto de estas hormonas estimula la liberación de la LH y modula la función folicular en las ovejas. Determinar el inicio de la pubertad permite implementar estrategias de cubrición controlada durante el periodo reproductivo y lograr la cubrición a una edad de entre ocho y nueve meses, ya que la mayoría de las razas de pelo que se explotan a nivel global, sobre todo las puras, pueden presentar su primer celo fértil en cualquier época del año. La limitación será la disponibilidad de nutrientes. Para superarla, es necesario lograr un incremento de peso de entre 150 y 250 g/día de media, desde el nacimiento hasta el destete.

Además, actualmente existe una gran cantidad de literatura sobre el efecto de la época reproductiva en el inicio de la pubertad, principalmente en las razas de lana. Cabe destacar que, conforme las ovejas se explotan en latitudes más alejadas del ecuador, la época reproductiva es más corta y, por lo tanto, el anestro estacional es más largo. La razón es que las corderas que nacen y se destetan al inicio del anestro presentan el inicio de la pubertad hasta el año siguiente, aunque sigan creciendo y su peso corporal supere el 50 % de su peso adulto. Sin embargo, actualmente los productores tienen como objetivo preñar al mayor número posible de corderas (por encima del 70 %). Para lograrlo, es necesario que las corderas alcancen, como mínimo, la mitad de su peso vivo. Cuanto mayor sea el peso vivo de las ovejas en el momento del empadre, mayor será el porcentaje de preñez y la tasa de ovulación. Por lo tanto, la cantidad de partos aumentará entre un 8 y un 13 % (véase la figura 9).

Estudios realizados en ovejas merinas en años recientes determinaron que, por cada kilogramo de peso vivo que se incrementa en el momento del empadre, habrá, de media, 4.8 fetos más por cada 100 ovejas. Por lo tanto, la investigación con corderas de pelo deberá centrarse en conseguir tasas de crecimiento elevadas y empadres a una edad más temprana, con el fin de evaluar su posible relación con la eficiencia reproductiva en el primer parto. Posteriormente, se deberá trabajar para incrementar la presión de selección y, por tanto, el progreso genético mediante corderas más fértiles

en las razas de pelo que se explotan en México. Es necesario señalar que las corderas procedentes de partos sencillos suelen alcanzar la pubertad antes que las nacidas de partos dobles, pues estas últimas suelen tener un menor peso al destete. Por lo tanto, el desarrollo de las corderas hasta el primer servicio deberá ir siempre acompañado del peso vivo, ya que la fertilidad de las corderas aumenta de forma curvilínea conforme se incrementa el peso al primer servicio (véase la figura 9). Convendría desarrollar líneas de investigación enfocadas en evaluar corderas de las diferentes razas de pelo que se explotan en México y relacionarlas con el punto de equilibrio de la edad y el peso al primer parto, teniendo en cuenta que se ha utilizado el criterio de que las corderas deben ser cubiertas con el 70 % de su peso vivo adulto y con un mínimo de 9 a 10 meses de edad.



Fuente: Nieto et al. (2013).

Sin embargo, no se encuentran estudios relacionados exactamente con la respuesta a este criterio adaptado para ovejas de pelo con resultados tangibles y verídicos hasta hoy en día. Es necesario que, en el momento del primer servicio, las corderas cumplan el criterio de peso requerido para su edad. Sin embargo, lo más importante es no descuidar su condición corporal después del parto, puesto que puede afectar a la respuesta ante la introducción del carnero en el segundo parto, así como a la tasa de prolificidad. Al tener una menor condición corporal, se reduce la tasa de ovulación. Por

ello, las corderas primíparas deberán seguir creciendo para alcanzar su peso adulto. Por ejemplo, en estudios realizados con ovejas *saint croix*, se observó que las corderas de primer parto tardaron hasta 11.8 días más que las ovejas adultas en presentar su primer estro tras la introducción del carnero. Además, la tasa de ovulación bajó hasta un 13 % por cada unidad que disminuyó la condición corporal. Por lo anterior, es imprescindible tener en cuenta que las corderas de primer parto presentarán un desarrollo limitado para el segundo. Es importante tener en cuenta que la condición corporal no deberá bajar de dos durante el periodo de lactancia, para evitar escenarios negativos para la cordera, como anestro posdestete, disminución de la tasa de ovulación y aumento de las pérdidas embrionarias tempranas. Debido a esto, el seguimiento y la evaluación de las corderas de primer y segundo parto deben ser una prioridad para los productores. Estas evaluaciones permitirán incluir a las corderas en programas de selección genética, lo que incrementará el progreso genético de los rebaños.

Ciclo ovárico y sus características endocrinológicas

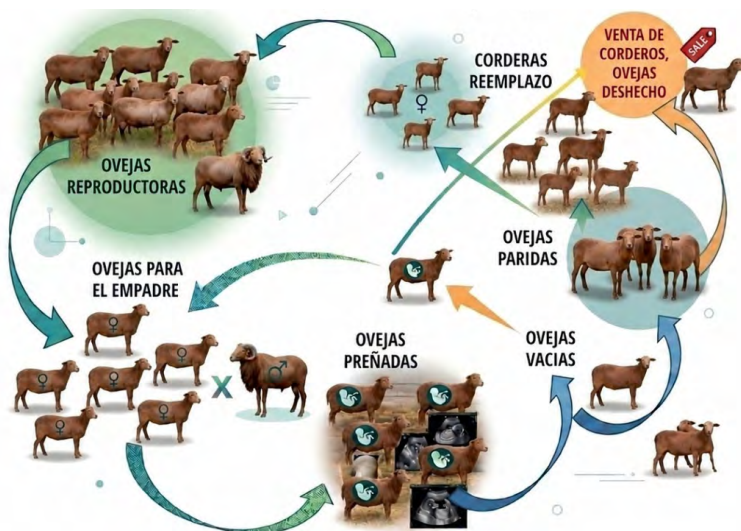
Las ovejas son animales poliéstricos estacionales, lo que significa que sólo presentan actividad ovárica y comportamiento sexual durante el celo en un periodo de tiempo determinado del año. Este último se presenta cada 17 ± 3 días. La mayoría de las razas de lana domesticadas tienen una estación reproductiva restringida que ocurre en otoño e invierno, cuando disminuyen las horas de luz del día y comienza la actividad hormonal mediante el incremento de la secreción de melatonina, que activa la glándula pineal. En las ovejas de pelo, la estación reproductiva está menos marcada que en las de lana. Sin embargo, las razas de pelo sintéticas, como la *dorper* y la *katahdin*, presentan una estacionalidad igual o menor que las de lana, ya que en su formación se utilizaron razas de lana, como la *dorset* y la *wiltshire horn*, respectivamente. Por otra parte, los programas reproductivos actuales se centran en que la oveja tenga tres partos cada dos años, es decir, un intervalo mínimo entre partos de ocho meses que incluye dos meses de lactancia, un mes de cubrición y cinco meses de gestación. Existen muchos estudios centrados en desarrollar sistemas de cubrición intensiva en ovejas, median-

te el uso de productos hormonales o de una combinación del fotoperíodo y del efecto macho, con el fin de producir la mayor cantidad posible de carne, leche y lana.

Ciclo estroal

El estro o celo es el período fértil en el que la hembra acepta al macho para ser fecundada. La duración promedio del estro es de 36 horas y el intervalo entre estros es de 17 ± 3 días. Es normalmente más corto en las corderas que van a su primer parto. La ovulación se produce normalmente al final del celo y la cantidad de óvulos liberados depende de varios factores ambientales, como la nutrición, el manejo, la sanidad y la condición corporal, además del factor genético de cada animal.

Figura 10. Ciclo reproductivo en ovejas de pelo



Fuente: Dr. Javier Hernández Meléndez.

En un rebaño ovino de pelo, el objetivo de un ciclo reproductivo es obtener tres partos cada dos años y, en algunos casos, se consigue reducir

el intervalo entre partos hasta 7.3 meses. Para ello, en un ciclo reproductivo normal, es necesario monitorear de forma oportuna cada una de las etapas reproductivas de las ovejas. La figura 10 muestra un ciclo reproductivo normal que se debe implementar en cualquier rebaño ovino de pelo. Por tanto, es esencial identificar de manera sencilla y permanente a cada una de las ovejas para poder llevar un registro reproductivo individual.

Es importante señalar que las características reproductivas presentan baja heredabilidad, por lo que es imprescindible identificar qué manejo dio mejores resultados en cada rebaño. El lote reproductor seleccionado deberá exponerse a un carnero o a un grupo de carneros para que se puedan montar en un periodo no superior a 35 días después de la introducción de los machos. Según la literatura consultada, se pueden obtener tasas de gestación superiores al 90 % cuando se cumplen los criterios de un manejo reproductivo eficiente, que incluyen una condición corporal superior a tres y no superior a cuatro, y el uso del efecto macho mediante la rotación de los sementales. Es decir, se debe procurar que el carnero introducido sea nuevo para las hembras, de modo que estimule la presencia del estro. Tras el empare, se debe monitorear la gestación mediante ultrasonografía para determinar el porcentaje de preñez. Las ovejas que se diagnostiquen como vacías podrán rempadrarse o ser desechadas. Por lo tanto, es necesario realizar un seguimiento continuo de las ovejas, sobre todo si el diagnóstico de gestación se realiza en una etapa temprana (entre los 30 y los 45 días), puesto que así será más sencillo detectar gestaciones gemelares y realizar una gestión nutricional más adecuada, con el fin de disminuir las pérdidas embrionarias tempranas y evitar los bajos pesos al nacer, que podrían comprometer la tasa de supervivencia de los corderos.

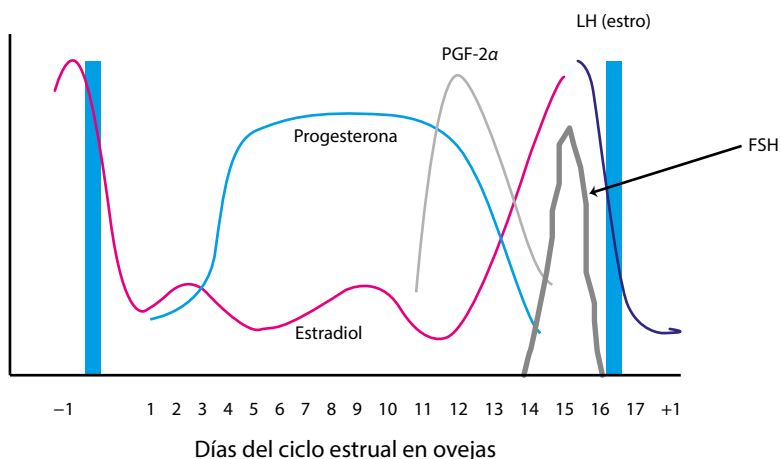
Acción de las hormonas gonadotrópicas

La duración del celo puede variar en función de la raza de la oveja. El intervalo entre el inicio del celo y el momento de la descarga preovulatoria de la hormona luteinizante (LH) varía incluso entre individuos de la misma raza. En las razas prolíficas, el intervalo es de 18 horas, mientras que en las razas no prolíficas es más bajo (entre seis y siete horas). La concentración máxima

de LH preovulatoria varía de un animal a otro y la duración de este periodo oscila entre ocho y 12 horas. Es decir, una vez finalizado el celo, la oveja experimenta un aumento de la LH para que se liberen los óvulos y puedan ser fecundados. La concentración de LH en sangre está determinada por el funcionamiento de dos sistemas distintos: uno es la oleada preovulatoria de LH en hembras, controlada por el cerebro; el otro es la secreción basal (tónica) de LH, regulada en ambos sexos por otro grupo de neuronas en el hipotálamo. En las ovejas, el nivel tónico de LH se mantiene aparentemente durante la fase de actividad lútea, mientras que la oleada preovulatoria se bloquea por la progesterona y se libera en respuesta a los estrógenos en el momento del estro. El incremento en la secreción de LH se produce cuando aumenta la frecuencia pulsátil de su descarga. Así, un incremento en la secreción de estradiol provoca que, algunas horas después, comience el estro y se produzca la oleada masiva de LH. La ovulación en las ovejas ocurre alrededor de 24 horas después de la liberación de LH y coincide con el final del celo.

Asimismo, otros autores mencionan que el estradiol contribuye a la determinación de las concentraciones de LH de dos formas: una por la acción individual de los estrógenos en la fase folicular, que provoca una supresión parcial de la LH tónica, y otra en la fase lútea, en la que actúa conjuntamente con la progesterona para controlar la LH.

Figura 11. Representación esquemática del ciclo estrual de la oveja



La secreción de la FSH por la pituitaria está bajo el control inhibitorio del estradiol y la inhibina, que son sintetizadas por los folículos ováricos. La figura 11 muestra las variaciones hormonales entre un ciclo estral y otro en ovejas. Se considera que la progesterona estará elevada durante la fase lútea y, si la hembra no queda gestante, se liberará PGF2 α (prostaglandina F2 alfa) para destruir el cuerpo lúteo e incrementar las concentraciones de estradiol, FSH y, por último, LH, que desencadena la ovulación.

Fisiología y endocrinología del ciclo estrual

Los ovarios de las ovejas cumplen dos funciones principales: la producción cíclica de óvulos aptos para la fertilización y la producción de hormonas que hacen que la hembra sea receptiva al macho y que se produzca una preñez completa. En este caso, el ciclo estral es una serie de eventos fisiológicos y endocrinológicos que se interrumpe en dos casos: cuando se produce una preñez o cuando se da un anestro estacional. La presencia del anestro estacional depende de la raza y es más marcada en las ovejas de lana. La endocrinología del estro se divide actualmente en dos fases hormonales: la fase folicular, que dura entre dos y tres días, y la fase lútea, que dura entre doce y catorce días.

Fase folicular

La foliculogénesis (desarrollo de los folículos) está controlada por las complejas relaciones entre los sistemas hormonales de las ovejas que actúan a nivel ovárico. En la mayoría de los mamíferos, el proceso de foliculogénesis implica la formación de folículos preovulatorios a partir de un grupo de folículos primordiales. El ovario ovino prepúber contiene entre 40 000 y 300 000 folículos primordiales, de los cuales algunos abandonan este estadio durante la vida fetal. El ovario de la oveja adulta posee entre 12 000 y 86 000 folículos primordiales, y entre 100 y 400 folículos en crecimiento en cada ciclo; sólo entre 10 y 40 son visibles en la superficie ovárica. De esta forma, durante la mayor parte del ciclo estral, cada ovario de la oveja adulta con-

tiene 10 folículos mayores de dos milímetros de diámetro, de los cuales dos tercios van a sufrir atresia.

El proceso continuo de crecimiento y regresión de los folículos antrales que permite el desarrollo del folículo preovulatorio se denomina dinámica folicular. En el folículo preovulatorio, el proceso final de maduración conlleva una serie de cambios endocrinos y morfológicos. Estas alteraciones están íntimamente relacionadas con la descarga preovulatoria de la hormona luteinizante (LH). La concentración intrafolicular de estrógenos, que normalmente es elevada, disminuye gradualmente después del pico de LH, mientras que la concentración de progesterona (P4) aumenta de manera acentuada entre las 20 y las 24 horas posteriores al pico. El patrón de crecimiento folicular en ondas provoca que la población de folículos de diversos tamaños cambie a lo largo del ciclo. Entretanto, la duración de la fase lútea parece determinar el número de ondas durante el ciclo. Los ciclos con tres ondas de crecimiento presentaron fases lúteas más largas que los ciclos con dos. En el momento de la luteólisis (destrucción del cuerpo lúteo), el folículo dominante se convirtió en folículo ovulatorio. El crecimiento folicular en ondas ocurre simultáneamente en ambos ovarios, lo cual es más evidente en el derecho debido al mayor número de folículos en crecimiento presentes normalmente en esta gónada. La mayor actividad constatada en el ovario derecho está relacionada con una mayor tasa ovulatoria.

Mediante ecografía en ovejas pelibuey, al inicio, mitad y final de la estación reproductiva durante el anestro, se encontraron tres ondas de crecimiento folicular y atresia (dos ondas en la fase lútea y una onda en la fase folicular), de las cuales la tercer onda es ovulatoria en las ovejas cíclicas durante el ciclo estral natural. La primera, la segunda y la tercer onda emergieron en los días 1-2, 7-8 y 14, respectivamente, después de la ovulación. Los folículos se clasificaron en pequeños (diámetro de 2 a 3.5 mm), medios (diámetro de 4 a 5.5 mm) y grandes (diámetro mayor de 6 mm).

Fase lútea

En esta fase se modifican las concentraciones de progesterona (P4), lo que prepara al útero para la posible recepción de un óvulo. Los niveles de P4

aumentan después de la ovulación, desde el día +1 hasta el día 7 u 8 del ciclo estral, y se mantienen altos durante el resto de la fase lútea, hasta el día 14 (véase figura 11). Si no se produce un embarazo tres días antes de la siguiente ovulación, la concentración de P4 disminuye drásticamente. Existe una relación inversa entre las concentraciones de P4 y la hormona luteinizante (LH). El cuerpo lúteo se mantiene en animales no gestantes o gestantes debido a un patrón relativamente lento de liberación de LH. La regresión del cuerpo lúteo es responsabilidad directa de la prostaglandina (PGF2 α) en animales domésticos, como vacas, cabras, caballos, cerdas y ovejas (véase figura 4). La secreción de esta sustancia comienza tres días antes del siguiente ciclo estral. La transferencia de la PGF2 α del útero al ovario se produce por contracorriente local. Según estudios recientes, el pasaje a contracorriente de la vena uterina a la arteria ovárica es esencial para que se produzca la luteólisis, aunque no es la única vía, pues también puede ocurrir a través de los vasos linfáticos uterinos y por la circulación sistémica.

Actividad estrual y su estacionalidad

La investigación relacionada con la actividad estral en las ovejas de pelo ha presentado resultados muy variados hasta la fecha. Algunos trabajos mencionan que las diferentes razas explotadas en México presentan algún tipo de estacionalidad. Sin embargo, está claro que no se trata de estacionalidad al 100 %, pues en un rebaño hay ovejas que durante su vida productiva nunca presentan problemas de estro fértil y otras que, dependiendo de la disponibilidad de nutrientes, presentan estro fértil, se cubren y quedan gestantes. No obstante, también puede existir otro grupo que presente anestro estacional en los días largos de luz. Por lo tanto, es necesario establecer líneas de investigación enfocadas en identificar los lotes de ovejas que presentan nula estacionalidad mediante el mejoramiento genético tradicional o, en su caso, utilizar el análisis genómico para identificar más rápidamente a estos animales.

Durante los últimos 50 años se ha trabajado intensamente para esclarecer los factores implicados en el fenómeno de la estacionalidad, la cual se define como el periodo de tiempo en el que la hembra presenta ciclos es-

trales repetitivos de unos 17 días de media, durante un periodo de entre 3 y 6 meses. Esto obedece al instinto de supervivencia que las ovejas heredaron de sus antepasados, para que los partos se produzcan en los meses más favorables para ellas y sus crías (primavera-verano). Las hembras que presentan estacionalidad reproductiva la inician en otoño para que las crías nazcan en primavera. Así, los ciclos reproductivos de los animales obedecen a situaciones que determinan si es conveniente o no que se presenten. Con el propósito de determinar si esta condición se cumple, el animal utiliza una serie de mecanismos complejos que informan sobre el estado actual del medio y que, durante su evolución, le han permitido monitorear sus características en un periodo determinado. En 1937 se observó por primera vez que, en las ovejas que se desplazaban de un hemisferio a otro, la estación reproductiva se modificaba y el empadre natural se producía cuando los días eran cortos. Posteriormente, se comenzó a estudiar el efecto del fotoperiodo sobre la reproducción de los ovinos y se llegó a establecer que entre las distintas razas existen diferencias en cuanto al inicio y la duración de la época reproductiva.

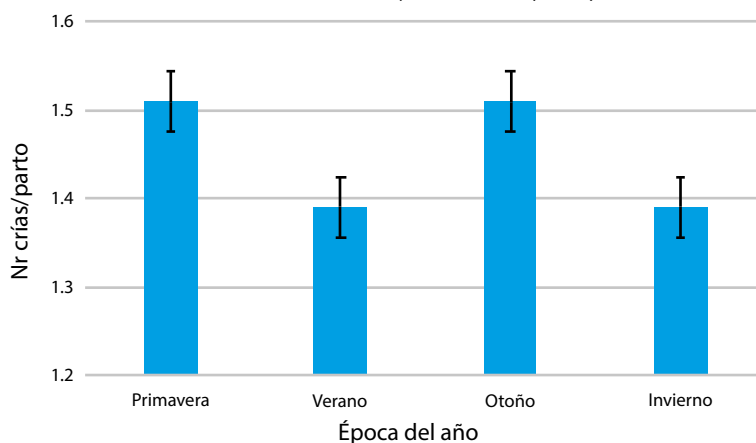
La mayoría de las razas ovinas originarias del norte de Europa presentan variaciones importantes en el celo y la ovulación. Todas las hembras tienen actividad sexual de agosto a febrero, y reposo sexual el resto del año. En la actualidad, está documentado que la estacionalidad tiende a desaparecer en las razas que habitan más cerca del ecuador. Sin embargo, la introducción de ovejas de pelo en México provocó variaciones importantes en la genética de las ovejas a nivel nacional, lo que posiblemente causó diferencias en su ciclo reproductivo anual. Por ejemplo, la ausencia de anestro estacional es una ventaja productiva que permite desarrollar programas reproductivos durante todo el año sin necesidad de utilizar fármacos hormonales u otras estrategias, como la bioestimulación sexual. No obstante, en la actualidad se ha informado de una disminución de la actividad estral de marzo a mayo, que según diferentes estudios se atribuye a factores nutricionales, así como a la temperatura y humedad ambientales. Los estudios realizados en las décadas de los ochenta y noventa concluyeron que, en el caso particular de la raza pelibuey, la actividad ovulatoria disminuye durante la primavera, independientemente de las variaciones anuales de peso y condición corporal. Además, el anestro en este periodo no está relacionado con la falta de

nutrientes, por lo que la actividad ovulatoria a lo largo del año está regulada por las variaciones anuales del fotoperiodo.

Con base en lo anterior, en el caso de las ovejas de pelo, se mencionan tres modelos de respuesta al fotoperiodo:

1. Las ovejas son sensibles a los ligeros cambios en el fotoperiodo característicos de las regiones ecuatoriales y presentan anestro estacional (este modelo se observa en aproximadamente el 30 % de las ovejas).
2. Las ovejas son insensibles a las variaciones del fotoperiodo ecuatorial y ovulan todo el año (aproximadamente el 10 % de las hembras).
3. Las ovejas tienen un elevado grado de respuesta a las variaciones del fotoperiodo, por lo que ovulan incluso cuando se les expone a fotoperiodos característicos de latitudes superiores a 35° C (10 % de las hembras).

Figura 12. Efecto de la época de empad্রে sobre el número de crías en ovejas Saint Croix en el noreste de México (Sánchez et al., 2015)



Fuente: Dr. Fernando Sánchez Dávila.

Por lo tanto, se ha establecido como prioridad desarrollar estrategias de alimentación o suplementación, así como una buena gestión de la explotación, con el fin de minimizar los efectos de la estación del año sobre la reproducción. Así, estudios realizados en ovejas *saint croix* (véase figura 12) establecen que la época de cubrición afecta al número de crías por parto,

pero no a la frecuencia de partos, en ovejas explotadas a 25° de latitud noreste y en condiciones ambientales de altas temperaturas en una región semidesértica de México. Esto se debe a que las ovejas de pelo, originarias de África, son capaces de reproducirse incluso en situaciones de estrés calórico y escasez de nutrientes. Esta información deberá validarse en otras regiones del país mediante investigaciones básicas y datos fidedignos que fortalezcan y formalicen los criterios de cada raza de pelo explotada en la gran variedad de climas y entornos del territorio nacional.

3. Parámetros reproductivos

El reciente aumento del consumo de carne de ovino ha incrementado la demanda de producción de corderos. Por lo tanto, es necesario mejorar las técnicas actuales de producción. La tasa de reproducción se considera un factor crucial que impacta la capacidad de los productores para satisfacer la creciente demanda de carne ovina y, por tanto, la optimización de este factor maximizará la tasa de producción y aumentará la eficiencia de las ovejas. A medida que crece la industria de producción de ovinos, el objetivo es reducir el intervalo entre partos para obtener tres cada dos años y, por tanto, aumentar la producción de corderos durante la vida reproductiva de la oveja. En este contexto, la evaluación de los parámetros reproductivos permitiría hacer una selección más objetiva de las ovejas. A continuación describimos los más importantes.

Prolificidad

La *prolificidad* se define como el número de crías obtenidas por oveja parida y ha mostrado gran variabilidad de resultados a lo largo de los años de estudio entre las diferentes razas de pelo explotadas en México. En la tabla 2 se pueden observar valores de prolificidad que van desde 1.02 hasta 2.04.

Es importante señalar que la prolificidad, al igual que el resto de las variables reproductivas, depende principalmente de factores nutricionales,

de manejo, de la época del año y de las razas explotadas en México. La mayoría de los trabajos presentados se basan en datos de rebaños de productores nacionales cuyos resultados se publican. Un factor que afecta directamente a la prolificidad es el nivel nutricional previo al empadre, ya que estimula la tasa de ovulación. Esto se puede observar en la figura 13, en la que se muestra claramente que suplementar a las ovejas con 500 g de concentrado o de algún grano (maíz, sorgo o trigo) provoca un efecto agudo sobre la tasa de ovulación en los primeros siete días de suplementación. Sin embargo, en ovejas está bien establecido que la tasa de ovulación en relación con el peso vivo es un efecto curvilíneo. Hay estudios que sugieren que la suplementación tiene un mayor efecto en las ovejas con una condición inferior a 3 y superior a 1 en una escala del 1 al 5, donde 1 es flaca y 5 obesa.

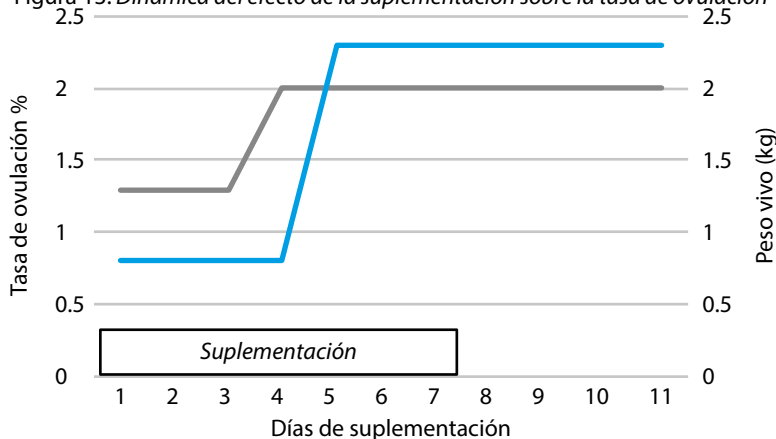
Tabla 2. Resumen de trabajos realizados en ovejas de pelo explotadas en México sobre algunos parámetros reproductivos en los rebaños nacionales

Autores	Razas	Prolificidad	Edad primer parto (días)	IEP (días)	Fecundidad	% Pariciones
González-Godínez et al., 2014	Dorper, <i>katahdin</i>					29.2-67.7 para Dorper. De 38.8-72.7 para <i>katahdin</i>
Tec Canché et al., 2016	Pelibuey	1.5 ± 0.6	526.7±107.1	259.4±70.3		
Carrera-Chávez et al., 2016	Pelibuey, <i>black belly</i> , dorper, <i>katahdin</i>	1.28-1.57				33.5-44.3
Galina et al., 1996	<i>Black belly</i> , pelibuey	1.37= BB; 1.55 = pelibuey	465.1±12.1	242±16		
Macías-Cruz et al., 2009	Dorper, <i>katahdin</i> , pelibuey	2.07-2.09				
Magaña-Monforte et al., 2013	Pelibuey	1.47±0.02	442.5±6.7	247.5-267.0 ± 2.2		
Schoeman, 2000	Dorper	1.02-1.52				
Elias et al., 1985	Dorper	1.49			137.2	
Cloete y Villiers, 1987	Dorper	1.12-1.49				
Burke et al., 2002	<i>Saint croix</i> , dorper	1.41 y 1.67				
De Wet et al., 1993	Dorper	1.08				
Hinojosa-Cuellar et al., 2015	Pelibuey, dorper	1.19±0.03; 1.26±0.02		259±39; 264±56		
Andrade-Montoya et al., 2015	Pelibuey, <i>black belly</i> , <i>saint croix</i>	1.70±0.08;	468±3.5; 438.5±3.5			

Fuente: Dr. Fernando Sánchez Dávila.

Las condiciones muy bajas y muy altas acarrearán efectos negativos sobre la tasa de ovulación y, por lo tanto, sobre la prolificidad. Cabe destacar que los incrementos en la tasa de ovulación y en la prolificidad no son proporcionales debido, entre otros factores, a las pérdidas embrionarias que se producen en las primeras etapas de desarrollo al competir por el espacio uterino de la oveja.

Figura 13. Dinámica del efecto de la suplementación sobre la tasa de ovulación



Fuente: Scaramuzzi et al. (2006).

Edad al primer parto

Según los trabajos de investigación consultados, este parámetro reproductivo en ovejas de pelo varía entre 442 y 562 días. Las grandes diferencias en cuanto a la edad se deben principalmente a la raza, el estado nutricional y la época reproductiva. En los resultados que se presentan en la tabla 2 se observa que las razas pelibuey, *black belly* y *saint croix* tienen registros de la edad en el primer parto (EPP). Por lo tanto, la EPP es una variable importante para incorporar a las corderas al rebaño productivo. Para ello, se deben considerar dos aspectos:

1. Integrar y desarrollar a las corderas a partir de los 15 días de edad para que consuman alimentos de alto valor nutricional y alcancen un

peso elevado en el momento del destete, en función de la raza. De las diferentes razas que se explotan, se ha observado que las razas pelibuey, black belly y saint croix se destetan con un peso medio de entre 12 y 18 kg; en el caso de las razas dorper y katahdin, el peso medio al destete es de entre 20 y 32 kg, con una edad de dos meses en ambos casos.

2. Desarrollar normalmente las crías, con aumentos diarios de peso vivo de entre 150 y 250 g/día. No se deben cebar las corderas, ya que esto tiene efectos negativos sobre la reproducción y la producción de leche en el primer parto. Por lo tanto, las corderas deberán tener entre ocho y 10 meses de edad y un peso vivo mínimo y máximo del 50 al 70 % de su peso adulto al momento de la cubrición.

Sin embargo, hacen falta más estudios para determinar el efecto ambiental sobre la edad del primer parto en las cinco razas de pelo que se explotan y su impacto en la productividad de los rebaños ovinos. Por ejemplo, en ovejas de la raza *lacaune* se ha estudiado que, cuanto más tarde la oveja en llegar a su primer parto, se ven afectados, en primer lugar, la producción de leche a lo largo de su vida productiva y, en segundo lugar, la cosecha de corderos, que disminuye entre un 0.2 y un 0.4 crías por parto por cada mes que se incrementa la edad al primer parto.

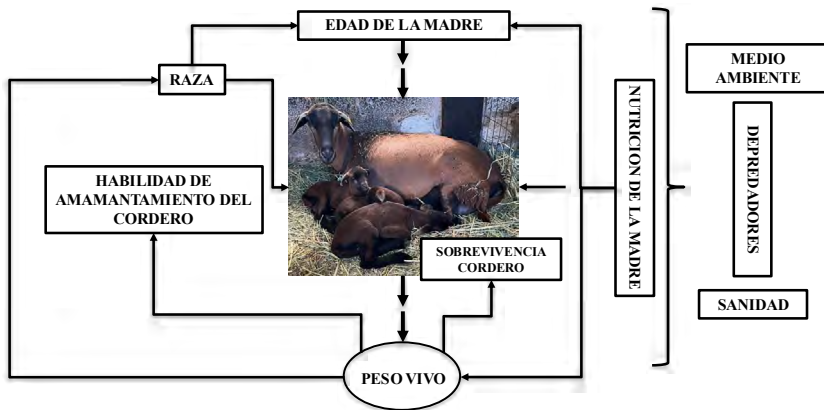
Dado que la edad al primer parto es una característica con una heredabilidad media (entre 0.15 y 0.24), los programas de selección de cada raza deberán centrarse en establecer criterios y metodologías fiables para que las ovejas tengan su primer parto antes de cumplir los 15 meses, sin comprometer su desarrollo corporal y evitando los partos distócicos. Si las corderas alcanzan el primer parto a los 12 meses, será necesario incrementar sobre todo el peso al destete para que logren un buen desarrollo posdestete, teniendo en cuenta que se empadran entre los siete y los ocho meses de edad. Para acelerar la EPP, es necesario llevar a cabo un programa de selección que someta la descendencia a evaluaciones genéticas y que permita disponer de una población de ovejas de cada raza más fértil y, por lo tanto, más productiva. En otros estudios se han establecido estrategias para que las corderas alcancen antes su peso y edad al primer servicio, lo que permite incre-

mentar la cosecha de corderos en un 20 % en comparación con las corderas que no se expusieron a carneros durante su desarrollo puberal.

Porcentaje de sobrevivencia

Se sabe que la supervivencia del cordero es un componente clave de la eficiencia reproductiva de los rebaños de ovejas. Ha sido objeto de estudio durante muchas décadas y el objetivo de este libro es proporcionar una actualización de algunas ideas principales sobre la comprensión actual de la extensión y la variabilidad de la mortandad de corderos de las diferentes razas explotadas en México. Por ejemplo, es importante señalar las causas de la mortalidad de los corderos: distocia, inanición/exposición, mala maternidad y depredación, que se pueden observar en la figura 14.

Figura 14. Factores que afectan el porcentaje de sobrevivencia en corderos



Fuente: Dra. Mirelly Venecia Mireles Villanueva.

También es importante señalar la importancia del peso al nacer y la tasa de supervivencia. Entre las estrategias que se deben implementar, se incluyen las siguientes: proporcionar una nutrición adecuada a las ovejas, garantizar una buena provisión de refugio y seleccionar a las ovejas en función

de los diferentes ambientes en los que se explotan, así como realizar una selección enfocada en mejorar el comportamiento maternal.

Teniendo en cuenta lo anterior y la escasez de información al respecto, conviene señalar que las tasas de pérdidas posnatales en ovejas de lana pueden ser muy variables, con valores que abarcan entre el 11 y el 21 %. No obstante, las primeras horas de vida son la etapa más crítica para la supervivencia del cordero, ya que el proceso del parto provoca cambios drásticos en el recién nacido, el cual presenta acidosis, cetosis y un periodo de asfixia o hipoxia durante la transición de su estancia en la placenta a su vida fuera de ella (al iniciar la respiración pulmonar). La inanición, la exposición al frío y los problemas durante el parto se han relacionado con el peso al nacer y son factores interrelacionados que pueden contribuir a la muerte de los corderos. Estos factores predominan en los niveles medios de mortalidad, mientras que los mayores niveles de mortalidad a menudo se asocian con un aumento de causas específicas, como la distocia, los ataques de depredadores y la atención deficiente de la madre.

Por otra parte, gran proporción de las pérdidas posparto están asociadas con el hambre o con un conjunto de factores que implican parto difícil y hambre. Asimismo, se cree comúnmente que la negligencia materna es un factor importante en la mortalidad de corderos posnatales. Sin embargo, la contribución relativa de la oveja y el cordero a la tasa de supervivencia de este último sólo puede determinarse mediante la observación directa del comportamiento durante el parto. Muchos estudios han examinado, por ejemplo, la contribución de la oveja a los casos de mala madre, y está claro que la edad, la raza, las enfermedades metabólicas y la gestión influyen en la capacidad de las ovejas para desarrollar un vínculo con sus corderos.

En México, los corderos recién nacidos están expuestos a condiciones tanto hipotérmicas como hipertérmicas, por lo que se han producido más bajas por exposición al frío, que es la causa principal de muerte de corderos. En México, donde ya se ha expandido la ovinocultura, existen regiones en el norte del país con condiciones climáticas extremas que probablemente pueden ocasionar hipertermia y deshidratación en los corderos, lo que causa su muerte. Sin embargo, estas pérdidas no se han cuantificado y se deben a la expansión de las razas de pelo a nivel nacional, ya que la mayoría de las

ovejas de pelo tienen partos continuos y los corderos nacen también en los meses más fríos del año.

Intervalo entre partos

Es uno de los parámetros más importantes que se debe evaluar continuamente en los rebaños ovinos de pelo, ya que engloba todo el manejo que se les puede proporcionar a las ovejas para alcanzar una meta deseable de 7.7 meses de promedio. La mayoría de los productores debe establecer estrategias para mantener este valor o, en su caso, reducirlo, con el fin de obtener más partos por oveja y por vida productiva, acompañados de un mayor número de crías por parto.

En particular, el intervalo entre partos se compone de tres intervalos reproductivos importantes:

1. Intervalo parto-destete: involución uterina y lactancia.
2. Intervalo destete-gestación: días que dura el empadre.
3. Periodo de gestación: en promedio, para las razas de pelo se ha determinado en 151 ± 7.2 días.

Por lo tanto, el productor no puede modificar el punto tres, ya que el periodo de gestación es constante y, si se acorta, podría producir partos prematuros y aumentar las pérdidas al nacimiento. Por lo tanto, se requieren técnicas de manejo, nutrición y aplicación de fármacos (hormonas) para modificar los intervalos uno y dos.

En primer lugar, en el intervalo parto-destete, se realiza el empadre cuando se desteta, como norma general. En los diferentes estudios, se ha informado que el intervalo entre el destete y el estro se presenta en un rango de entre cinco y 11 días. Se han investigado diferentes métodos con ovejas de pelo, como el contacto con el macho después del parto, la separación temporal de las crías, la suplementación energética en ovejas con baja condición corporal y la introducción de machos de pelo a ovejas sintéticas, como las de raza dorper, para que, durante el anestro estacional que pre-

sentan estas últimas, puedan inducir el estro y mantener la continuidad de los partos.

Para ello, es necesario tener en cuenta dos aspectos importantes: por un lado, que las ovejas no pierdan su condición corporal durante el periodo de lactancia (se ha comprobado que no deben perder más de una unidad de condición corporal), ya que, de lo contrario, se produciría un anestro nutricional que impediría el desarrollo de folículos; por otro lado, las ovejas deben desarrollarse y adaptarse para que el estrés sufrido durante el destete no provoque un bloqueo del sistema hipotálamo-hipófisis-gonadal. Mecanismos como el destete temporal o definitivo, en los que la oveja no huela, oiga ni vea a sus corderos, hacen que se impulse la presencia del estro, de modo que, en el momento del destete, se puede reducir el intervalo destete-estro hasta en cinco días. Se ha comprobado que las ovejas de primer parto tardan más en presentar el estro posdestete. Esto se debe a un desequilibrio energético negativo, ya que son animales jóvenes que deben alcanzar su peso adulto. Existen otros estudios en los que la introducción de forma permanente o inmediata después del parto conlleva una disminución del intervalo parto-estro (Sánchez Dávila et al., 2015). No obstante, se debe considerar un buen seguimiento de las montas, así como un diagnóstico precoz de gestación mediante ultrasonografía, para que no se extienda demasiado la época de partos.

En cuanto al intervalo entre el destete y la concepción, es importante señalar que los productores suelen realizar los empadres durante un periodo de entre 30 y 45 días para garantizar que las ovejas tengan al menos dos oportunidades de ser montadas por los carneros. En el caso de las ovejas, la introducción del macho provoca una respuesta ovulatoria sincronizada durante los tres primeros días. Esta respuesta se debe principalmente a la feromona que desprende el macho y que desencadena un incremento en la frecuencia y amplitud de los pulsos de la hormona luteinizante (LH). El porcentaje de hembras que ovulan en respuesta al olor del macho es menor que cuando existe contacto físico total con el semental. Esto último indica que están involucrados otros sentidos en la mediación del fenómeno, pero ninguno es indispensable. En un porcentaje variable de hembras, la primera ovulación inducida es silenciosa y se sigue de una fase lútea corta. A esta fase lútea corta le sigue un segundo pico de LH y la ovulación indu-

cida origina un cuerpo lúteo de características normales. La profundidad del anestro y la actividad sexual del macho afectan la respuesta. Cuando el anestro es profundo y los machos manifiestan poca actividad sexual, aumenta el porcentaje de ovulaciones silenciosas y de ciclos cortos.

Intervalo destete-celo (introducción macho-celo, IMC)

Este parámetro es importante para garantizar que la oveja sea capaz de presentar un estro fértil después de que se le retiren los corderos y de que el intervalo entre partos no se alargue demasiado. Diversos estudios con ovejas de pelo se han centrado en prácticas como introducir al macho en diferentes condiciones de campo, destetar temporalmente o separar a los corderos, así como suplementar a las ovejas en función de su edad (Sánchez Dávila et al., 2015). Actualmente, ante la alternativa de estimular a las ovejas de forma natural, se han realizado estudios para evaluar la época de celo y la presencia del celo después del destete (Sánchez Dávila et al., 2015). En ellos, se ha comprobado que los carneros son capaces de estimular a las ovejas antes, en invierno (9.0 ± 0.5 días) y otoño (12.5 ± 0.6 días), que en primavera (20.2 ± 0.4 días) y verano (14.5 ± 0.3 días). Además, la respuesta de estro de las ovejas dependerá del manejo reproductivo del rebaño. Cuando las ovejas se crían en latitudes cercanas al ecuador (17° N), los cambios en el intervalo entre el destete y el estro obedecen a factores ambientales, como la temperatura y las precipitaciones, y, por lo tanto, a la disponibilidad de nutrientes. Sin embargo, cuando los animales se crían en latitudes más distantes al ecuador, las diferencias en el intervalo destete-estro dependen más bien de la relación entre el fotoperiodo y la estación reproductiva. El objetivo final de estas prácticas es reducir el intervalo entre el destete y el estro, pues así se acortaría el intervalo entre partos y, por lo tanto, se incrementaría el número de partos por hembra al año.

Los trabajos realizados con ovejas pelibuey y *saint croix* se han llevado a cabo en latitudes situadas entre los 17 y los 25 grados de latitud norte, donde la mayoría de los empadres se producen en otoño e inicios de invierno. Por lo tanto, los partos se producirán a finales de invierno y durante

toda la primavera. En las ovejas de lana, la respuesta al efecto macho en la estación reproductiva es más marcada que en las de pelo, y se alcanzan valores de intervalo macho-estro de hasta seis días. Además, la mayoría de los destetes se realizan a finales de primavera y principios del verano, cuando las crías tienen unos 60 días en promedio. La respuesta tardía en el intervalo de primavera y verano puede ser de hasta seis días posteriores en comparación con la observada en otoño e invierno, debido a la baja disponibilidad de nutrientes durante la época de sequía en la mayoría de las regiones del país. Otros estudios han demostrado que, en latitudes cercanas al ecuador, el intervalo macho-celo (IMC) en la época de sequía es de 11.3 días, mientras que en la época de lluvias es de 6.1 días. Resultados similares se han encontrado en las razas pelibuey y *black belly* al realizar empadres en diferentes épocas del año en el estado de Tamaulipas (México). En la época de sequía, el IMC puede modificarse mediante la suplementación con un concentrado que contenga al menos un 14 % de proteína cruda. En el noreste de México, se han registrado valores de 18.1 días en verano para la raza pelibuey y de 14.4 días para la raza *black belly*, que se reducen durante la época de otoño-invierno a 10.2 y 7.1 días, respectivamente. Estos resultados sugieren que las ovejas de pelo manifiestan actividad estral cíclica durante todo el año, con tendencia a incrementarla durante el otoño y el invierno, y con poca actividad de marzo a junio.

Por otra parte, otro factor importante es la influencia individual del macho. Una oveja con un ancestro poco profundo mostrará una mayor sensibilidad al carnero, siempre que el IMC no se vea afectado por otros factores como el periodo de sequía, el periodo de lactancia, la edad de la oveja, su condición corporal y su relación con la suplementación, así como por efectos propios del manejo del macho, como el tiempo de aislamiento y la experiencia sexual de los machos utilizados en los programas de empadre. En relación con este punto, se ha observado que en las ovejas *saint croix* el intervalo destete-celo puede variar de cinco a 23 días, aunque siempre es más largo en verano. Asimismo, cabe señalar que los carneros de pelo, al igual que los de lana, presentan una jerarquía social que puede afectar a su capacidad reproductiva y, sobre todo, a su capacidad para inducir el celo al entrar en contacto con las ovejas. El comportamiento sexual de los carneros también se ve afectado por la época del año y por el manejo que se les dé en

la etapa previa al empadre, así como por su respuesta a los cambios en el manejo en cada uno de los empadres.

En otros estudios (Synnott y Fulkerson, 1984; Stellflug et al. 2006; Stellflug et al. 2008) se ha comprobado que, al introducir carneros con alta capacidad de monta, el 95 % de las ovejas entrará en celo, mientras que con carneros de baja capacidad de monta sólo un 78 % lo hará. En carneros de pelo, se han encontrado valores de heredabilidad de muy bajos a medianos ($h^2 = 0.002$ a 0.22) para esta característica. Por ejemplo, durante la estación reproductiva se realizó un estudio con 884 ovejas de pelo, a las que se introdujo un lote de machos caracterizados por su alta ($n = 10$) o baja ($n = 9$) capacidad de monta. Los machos con alta capacidad fertilizaron un mayor porcentaje de hembras (56.4 %), frente a los machos con baja capacidad (29.1 %), mientras un 14.4 % de las hembras quedó sin fertilizar. Los mismos autores informan que la descendencia por parto fue de 1.5 para los machos con alta capacidad de monta y de 1.3 para los de baja libido. Asimismo, se debe considerar que la capacidad de monta de los machos puede verse afectada, entre otros factores, por la experiencia sexual de las hembras con las que se cruzan, ya que algunos autores mencionan que las hembras con más de un parto muestran una mejor respuesta a la introducción del macho que las hembras primerizas. Además, observaron que el intervalo entre la introducción del macho y el estro es de siete días en ovejas de dos años o más, en comparación con 13 días en ovejas primerizas. En la tabla 3 se muestran los resultados obtenidos en ovejas *saint croix* explotadas en la región nores-te de México, una de las pocas zonas del país donde se cría esta raza.

Tabla 3. Factores que afectan el intervalo de introducción del macho-celo postparto en ovejas *saint croix* (Medias $\pm$ EE)

<i>Fuente de variación</i>	<i>Número de observaciones</i>	<i>Intervalo introducción del macho-celo (días)</i>
Numero de parto:		
1º	204	11.8 $\pm$ 0.1
2º	153	10.4 $\pm$ 0.1
3º	107	9.8 $\pm$ 0.1
4º	136	9.6 $\pm$ 0.1
Tipo de parto:		
Sencillo	528	9.9 $\pm$ 0.1
Doble	346	9.3 $\pm$ 0.1

Época del año:		
Primavera	68	16.2±0.2
Verano	76	11.1±0.2
Otoño	464	11.1±0.1
Invierno	251	7.9±0.1

Fuente: Sánchez et al. (2011).

Como se puede observar en la tabla anterior, las ovejas de primer parto tardan más en presentar el primer estro posparto, sobre todo cuando paren en primavera y verano, puesto que se conjuga un efecto de estrés calórico con escasez de nutrientes, característico de las zonas semidesérticas del norte de México. Cabe mencionar que, en estos estudios, los carneros se introdujeron en el lote de ovejas en tres periodos diferentes: inmediatamente después del parto, en el momento del destete y con corderas que estuvieron permanentemente en contacto con los carneros. Por lo tanto, la respuesta de las ovejas dependerá de la disponibilidad de nutrientes.

Tasa de concepción y fertilidad

La eficiencia reproductiva, es decir, el número de corderos destetados por año, es el parámetro más importante en un rebaño ovino. Un alto porcentaje de destete significa tener un número adecuado de corderas de reemplazo para aplicar una selección rigurosa en los planes de mejora genética. También permite vender una buena cantidad de corderos excedentes y aumentar los ingresos de la empresa.

Los estudios sobre este tema son escasos, dado que la mayoría se centran únicamente en la inseminación de la oveja y en el diagnóstico de gestación, lo cual limita mucho la información disponible. La cantidad de corderos destetados por año es importante para la gestión de la empresa ovina. Por ello, es fundamental conocer los tres aspectos que la definen, pues mediante ello se puede incidir para mejorarla. Estos aspectos son:

- Fertilidad: número de ovejas preñadas o paridas/número de ovejas empadradas.

- Prolificidad: número de corderos nacidos vivos por cada oveja parida.
- Supervivencia: número de corderos destetados/número de corderos nacidos.

Estos indicadores son aspectos parciales de la eficiencia reproductiva. Según la literatura especializada (Quintero-Elísea et al., 2011; Washaya et al., 2023; Tec Canché et al. 2016; Solano y Orihuela, 2010), la verdadera eficiencia se calcula en función de la cantidad de corderos destetados en relación con el número de ovejas que fueron empadradas oportunamente. Por ejemplo, si en un rebaño se destetan 100 corderos de un total de 166 ovejas que fueron empadradas: $100 \text{ corderos} / 166 \text{ ovejas} = 0.602$ o 60.2 %.

A este resultado lo denominamos *eficiencia reproductiva global*. Si queremos saber la eficiencia reproductiva a lo largo de la vida del animal, multiplicamos ese valor por el número de partos de la oveja (supongamos cinco). Veámoslo con un ejemplo: $0.6 \text{ (eficiencia)} \times 5 \text{ (partos en la vida de la oveja)} = 3$ corderos por oveja a lo largo de su vida útil en el rebaño. A este resultado se le denomina *eficiencia reproductiva individual*.

4. Parámetros reproductivos del carnero

Los carneros de pelo han formado parte de las líneas de investigación de los profesionales que quieren establecer las variantes reproductivas que se presentan en ellos. Es importante señalar que, a partir del año 2000, se ha intensificado el estudio reproductivo del carnero de pelo. No obstante, las variantes reproductivas se han estudiado de forma muy limitada y no en todas las razas explotadas en México, por lo que es importante impulsar la investigación básica y aplicada del carnero de pelo a nivel nacional y en las diferentes regiones agroecológicas en las que se explota actualmente.

Pubertad

En otros estudios se ha evaluado el crecimiento corporal y se ha determinado que la pubertad ocurre de dos a cuatro semanas antes en los corderos machos que en las corderas. Identificar a los corderos dentro de las razas explotadas y determinar el inicio de la pubertad es importante para acelerar el progreso genético mediante una selección temprana de los candidatos a sementales. Por lo tanto, en una explotación ovina es necesario incrementar la eficiencia biológica y económica mediante una mejora reproductiva de hembras y machos. Los carneros se incorporan a partir de los 12 meses de edad y, desde el punto de vista del comportamiento sexual y la calidad del semen, es necesario maximizar la utilización de carneros sobresalientes para

obtener altas tasas de preñez y prolificidad desde una edad temprana. Las razas de pelo se caracterizan por utilizarse como líneas maternas, debido a su alta prolificidad y a la ausencia de estacionalidad en diferentes latitudes. Además, en los últimos años, se han utilizado carneros de estas razas para inducir el celo en ovejas de lana fuera de la temporada reproductiva. El comportamiento sexual y la calidad seminal se pueden utilizar como herramienta útil para predecir la actividad reproductiva de los prospectos de sementales desde edad temprana. Sin embargo, son escasos los estudios sobre el comportamiento sexual de los corderos de pelo mantenidos en diferentes condiciones ambientales, que caractericen su desarrollo desde el destete hasta la pubertad y su posible utilización en programas reproductivos. El objetivo es reducir los costes de producción y acelerar los beneficios de la selección genética mediante una elección temprana de la progenie.

Existen variaciones entre los corderos en cuanto al inicio del comportamiento sexual y la calidad seminal, debido principalmente a la diferente gestión de los rebaños, a la crianza individual o en grupo, a la presencia de otras razas o cruces con caprinos, al mes de nacimiento y a los cambios en el fotoperiodo. Con base en lo anterior y en los pocos trabajos relacionados con el inicio de la pubertad en corderos de pelo, el Grupo de Investigación de Reproducción Animal de la Facultad de Agronomía de la UANL presenta los siguientes resultados, obtenidos en líneas de investigación desarrolladas con el objetivo de caracterizar la actividad sexual, la concentración hormonal y la calidad seminal de corderos *saint croix* nacidos en diferentes épocas del año.

Actividad sexual

Un primer trabajo, publicado en 2015, estudia el comportamiento sexual de corderos *saint croix* de dos edades diferentes. En la tabla 4 se muestran los resultados obtenidos en corderos de cuatro y 12 meses de edad en condiciones de estabulación en la región noreste de México. Los corderos de un año confinados individualmente mostraron una mejor respuesta inicial al cortejo con montas (6.1 ± 5.2 segundos), a montas con eyaculación (8.2 ± 0.1 segundos) y al tiempo hasta la primera monta con eyaculación ($126.2 \pm$

15.0 segundos), en comparación con los individuos agrupados. Esto puede deberse a que los animales confinados individualmente no experimentaron competencia alguna y fueron capaces de iniciar el cortejo más rápidamente. Por lo tanto, se produjeron más montas con eyaculación que en los corderos confinados en grupo. La diferencia entre ambos grupos probablemente se deba a que, cuando los machos se agrupan, suele aparecer un efecto de jerarquía social (dominante o subordinado) entre los animales, lo que causa un mayor estrés. Por lo tanto, la calidad del semen y los niveles de testosterona se ven afectados, así como el comportamiento sexual. En nuestro estudio, los carneros de un año no habían alcanzado su pleno potencial reproductivo, por lo que no presentaban un comportamiento sexual adecuado (frecuencia de montas y eyaculación). Debe tenerse en cuenta la edad del carnero, ya que los estudios han demostrado que los carneros de pelo y de lana de dos a tres años tienen un mejor comportamiento sexual y pueden inducir el celo en un mayor porcentaje de ovejas de lana acíclicas que los corderos de un año de edad.

Tabla 4. Efecto del tipo de confinamiento sobre el comportamiento sexual durante un año de estudio en corderos de pelo saint croix de cuatro y 12 meses de edad (medias $\pm$ EE)

Variable	Carneros de 12 meses		Corderos de cuatro meses	
	Individual	Grupo	Individual	Grupo
Número de corderos	12	12	10	10
Peso vivo (kg)	51.2 $\pm$ 2.0	54.5 $\pm$ 2.1	30.0 $\pm$ 0.6	28.3 $\pm$ 0.6
Circunferencia escrotal (cm)	32.2 $\pm$ 0.2	31.5 $\pm$ 0.2	23.7 $\pm$ 0.4	24.2 $\pm$ 0.4
Tiempo de inicio cortejo (sec)	6.1 $\pm$ 5.2 ^a	13.2 $\pm$ 6.1 ^b	27.6 $\pm$ 7.2	20.3 $\pm$ 7.2
Acercamientos laterales	19.1 $\pm$ 0.1 ^a	10.0 $\pm$ 0.1 ^b	2.3 $\pm$ 0.5	2.2 $\pm$ 0.5
Olfateos	8.1 $\pm$ 0.1	9.9 $\pm$ 0.1	5.8 $\pm$ 0.4	5.1 $\pm$ 0.4
Flehmen	4.1 $\pm$ 0.1 ^a	7.1 $\pm$ 0.1 ^b	1.5 $\pm$ 0.2	1.4 $\pm$ 0.2
Intentos de monta	1.6 $\pm$ 0.2	2.1 $\pm$ 0.2	2.8 $\pm$ 0.5	3.1 $\pm$ 0.5
Montas	4.9 $\pm$ 0.4	4.2 $\pm$ 0.4	2.9 $\pm$ 0.4	1.7 $\pm$ 0.4
Montas con eyaculado	8.2 $\pm$ 0.1 ^a	6.0 $\pm$ 0.1 ^b	4.0 $\pm$ 0.7	2.8 $\pm$ 0.6
Tiempo de la 1ª montas con eyaculado (sec)	126.2 $\pm$ 15.0 ^a	176.8 $\pm$ 14.8 ^b	49.5 $\pm$ 11.8 ^a	68.4 $\pm$ 11.9 ^b

Medias con diferente letra en la misma fila difieren estadísticamente ($P < 0.05$).

Fuente: Sandra et al. (2015).

Por otra parte, el comportamiento sexual de los corderos de cuatro meses de edad fue similar en ambos grupos (véase tabla 5). El único dato que difirió fue el tiempo hasta la primera monta con eyaculación, el cual fue más corto en los corderos confinados individualmente. Esto hace suponer que los carneros jóvenes de diferentes razas pueden presentar una actividad sexual limitada debido a la falta de experiencia.

Tabla 5. Efecto de la época del año sobre el comportamiento sexual y la calidad seminal en corderos saint croix de 12 meses de edad (media $\pm$ EE)

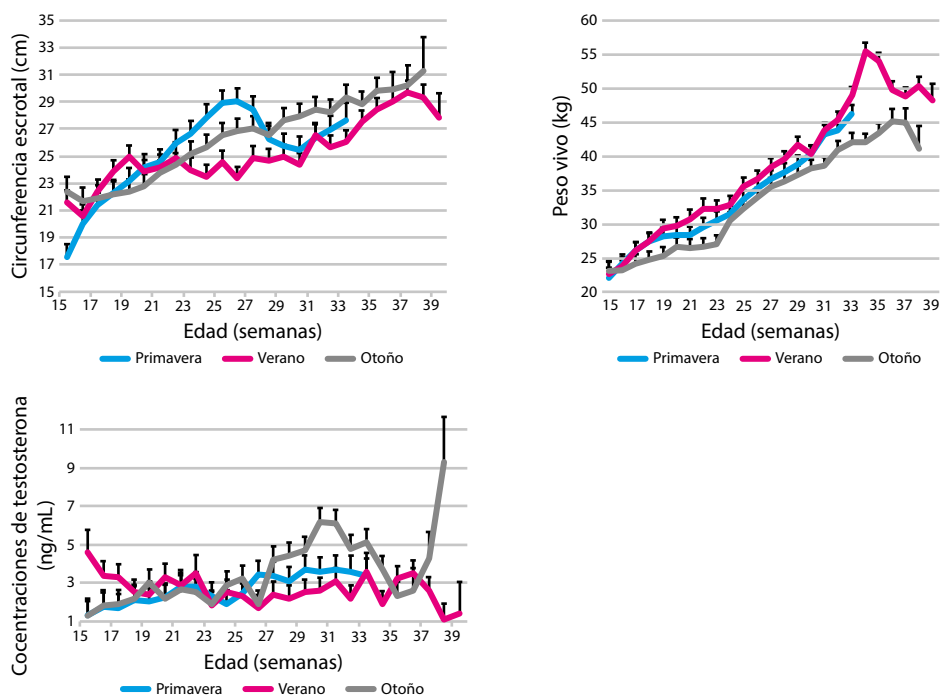
Variable	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
Peso vivo (kg)	52.2 $\pm$ 2.0 ^a	54.5 $\pm$ 2.1 ^a	49.3 $\pm$ 0.6 ^b	48.3 $\pm$ 0.7 ^b
Circunferencia escrotal (cm)	30.9 $\pm$ 0.2 ^b	32.3 $\pm$ 0.2 ^a	30.5 $\pm$ 0.2 ^b	31.0 $\pm$ 0.2 ^b
Tiempo de inicio de cortejo (sec)	19.8 $\pm$ 3.3 ^a	14.6 $\pm$ 2.8 ^{ab}	7.4 $\pm$ 3.3 ^{bc}	3.5 $\pm$ 3.1 ^c
Acercamientos laterales	10.4 $\pm$ 0.3 ^c	11.6 $\pm$ 0.4 ^c	36.1 $\pm$ 0.4 ^b	42.4 $\pm$ 0.4 ^a
Olfateos	4.2 $\pm$ 0.1 ^b	6.1 $\pm$ 0.1 ^b	12.7 $\pm$ 0.1 ^a	13.0 $\pm$ 0.1 ^a
Flehmen	8.2 $\pm$ 0.1 ^a	7.0 $\pm$ 0.2 ^b	4.1 $\pm$ 0.2 ^b	3.4 $\pm$ 0.2 ^b
Intentos de montas	5.8 $\pm$ 0.1 ^b	6.1 $\pm$ 0.1 ^b	16.0 $\pm$ 0.1 ^a	16.5 $\pm$ 0.1 ^a
Montas con eyaculación	2.8 $\pm$ 0.1 ^b	4.0 $\pm$ 0.1 ^a	5.3 $\pm$ 0.1 ^a	4.3 $\pm$ 0.1 ^a
Tiempo a la primera monta (sec)	73.7 $\pm$ 21.9 ^c	165.8 $\pm$ 18.1 ^b	157.7 $\pm$ 21.9 ^b	236.3 $\pm$ 20.2 ^a
Volumen (ml)	1.2 $\pm$ 0.1	1.4 $\pm$ 0.1	0.8 $\pm$ 0.1	1.2 $\pm$ 0.1
Motilidad masal	2.4 $\pm$ 0.1	2.3 $\pm$ 0.1	3.0 $\pm$ 0.1	2.7 $\pm$ 0.1
Motilidad progresiva %	69.8 $\pm$ 0.2 ^b	73.5 $\pm$ 0.2 ^a	50.7 $\pm$ 0.2 ^a	64.1 $\pm$ 0.2 ^b
Conc. espermática total ($\times 10^6$)	475.9 $\pm$ 2.3 ^b	493.5 $\pm$ 14.9 ^a	404.1 $\pm$ 15.6 ^c	463.9 $\pm$ 14.0 ^b
pH semen	7.2 $\pm$ 0.3	7.2 $\pm$ 0.4	6.8 $\pm$ 0.4	7.9 $\pm$ 0.4
% de anomalías espermáticas	1.6 $\pm$ 0.002 ^b	1.3 $\pm$ 0.002 ^b	1.0 $\pm$ 0.002 ^c	2.1 $\pm$ 0.001 ^a

Medias con diferente letra en la misma fila difieren estadísticamente ($P < 0.05$).

Fuente: Sandra et al. (2015).

Por otra parte, en otro trabajo realizado en el noreste de México (Sánchez-Dávila et al., 2019), se determinaron las diferencias del comportamiento sexual de los corderos *saint croix* nacidos en distintas épocas del año. Como se puede observar en la figura 15, los corderos nacidos en primavera presentaron un desarrollo escrotal más constante y una mayor concentración de testosterona a una edad más temprana que los corderos nacidos en verano y otoño.

Figura 15. Efecto de la época de nacimiento sobre la circunferencia scrotal, (A), peso vivo (B) concentraciones de testosterona (C) en corderos saint croix en el noreste de México



Fuente: Sánchez-Dávila et al. (2019).

Sin embargo, los corderos nacidos en verano fueron los que presentaron los pesos vivos más elevados durante todo el experimento en que se desarrolló la presente investigación.

Calidad seminal

Los corderos confinados en grupo presentan una mejor calidad de semen en términos de motilidad espermática, motilidad progresiva y concentración espermática total. Estos resultados sugieren que los corderos confinados en grupo interactúan con sus compañeros y comienzan la espermatogénesis antes que los corderos confinados individualmente (véanse tablas 6 y 7). Por otra parte, en el mismo estudio, los corderos de un año de edad presentaron

mejores resultados en primavera y verano en términos de porcentaje de motilidad progresiva y concentración total de espermatozoides. Sin embargo, el porcentaje de espermatozoides anormales fue mayor en invierno y menor en otoño.

Tabla 6. Efecto del tipo de confinamiento sobre la calidad seminal durante un año de estudio en corderos de pelo saint croix de cuatro y 12 meses de edad (medias $\pm$ EE)

Variable:	Corderos de 12 meses		Corderos de cuatro meses	
	Individual	Grupo	Individual	Grupo
Número de corderos	12	12	10	10
Volumen (ml)	1.1 $\pm$ 0.1	1.2 $\pm$ 0.2	0.7 $\pm$ 0.4	0.5 $\pm$ 0.4
Motilidad masal	2.7 $\pm$ 0.1	2.5 $\pm$ 0.2	0.4 $\pm$ 0.3 ^a	1.5 $\pm$ 0.3 ^b
Motilidad progresiva %	63.4 $\pm$ 0.2 ^a	51.6 $\pm$ 0.1 ^b	8.3 $\pm$ 2.3 ^a	17.6 $\pm$ 2.3 ^b
Conc. espermática total ($\times 10^6$)	457.4 $\pm$ 10.1	461.3 $\pm$ 9.8	27.1 $\pm$ 7.2 ^a	51.2 $\pm$ 7.3 ^b
pH semen	6.7 $\pm$ 0.3	7.4 $\pm$ 0.3	7.1 $\pm$ 0.2	7.3 $\pm$ 0.2
Espermatozoides anormales %	1.4 $\pm$ 0.2	1.6 $\pm$ 0.1	3.1 $\pm$ 0.1	5.4 $\pm$ 0.1

Medias con diferente letra en la misma fila difieren estadísticamente ($P < 0.05$).

Fuente: Sandra et al. (2015).

Estos resultados muestran que los corderos *saint croix* de un año pueden alcanzar parámetros seminales adecuados para comenzar a fecundar un número limitado de ovejas. El porcentaje de morfología anormal del espermatozoide en otoño podría deberse al desarrollo sexual inmaduro propio de los corderos de esta edad. En el caso de los corderos de cuatro meses de edad (véase tabla 8), se observa que a principios de primavera presentaron una menor motilidad progresiva y concentración espermática total, así como un mayor porcentaje de anomalías morfológicas en comparación con otras épocas del año.

Esto refleja el hecho de que los parámetros sexuales pueden mejorar cuando los animales alcanzan los ocho meses de edad. En verano, en el noreste de México, las temperaturas pueden alcanzar los 40 °C. No obstante, los carneros pueden realizar su actividad sexual por encima de la media de otras razas y fecundar con éxito un grupo asignado de ovejas, especialmente si la fecundación se realiza por la noche, lo que da como resultado una tasa de reproducción y fecundidad más alta y, por lo tanto, un mayor número de concepciones. También es interesante mencionar que ciertas razas de ovejas, especialmente las criollas y endémicas, produ-

cen semen de buena calidad en regiones con climas extremos y bajo condiciones limitadas de forraje, por lo que son capaces de aparearse con éxito con un grupo de ovejas.

Tabla 7. Efecto de la época del año sobre el comportamiento sexual y calidad seminal en corderos saint croix de cuatro meses de edad (media $\pm$ EE)

Variable	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
Peso vivo (kg)	20.2 $\pm$ 2.9 ^b	24.5 $\pm$ 2.1 ^b	29.2 $\pm$ 2.3 ^a	33.2 $\pm$ 3.3 ^a
Circunferencia escrotal (cm)	22.7 $\pm$ 0.2 ^b	23.5 $\pm$ 0.2 ^b	24.3 $\pm$ 0.2 ^b	25.7 $\pm$ 0.2 ^a
Tiempo de inicio cortejo (seg)	29.8 $\pm$ 4.3 ^a	34.6 $\pm$ 3.8 ^a	13.3 $\pm$ 3.4 ^c	23.2 $\pm$ 3.4 ^b
Acercamientos laterales	1.0 $\pm$ 0.3 ^b	1.6 $\pm$ 0.4 ^b	36.1 $\pm$ 0.4 ^a	42.4 $\pm$ 0.4 ^a
Olfateos	1.2 $\pm$ 0.1 ^c	2.1 $\pm$ 0.1 ^{ab}	2.7 $\pm$ 0.1 ^a	3.0 $\pm$ 0.1 ^a
Flehmen	1.3 $\pm$ 0.1 ^b	1.0 $\pm$ 0.1 ^b	1.1 $\pm$ 0.2 ^b	2.0 $\pm$ 0.2 ^a
Intentos de monta	1.7 $\pm$ 0.1 ^b	1.1 $\pm$ 0.1 ^c	2.9 $\pm$ 0.1 ^a	3.0 $\pm$ 0.1 ^a
Montas con eyaculación	2.8 $\pm$ 0.1 ^c	4.0 $\pm$ 0.1 ^b	5.31 $\pm$ 0.1 ^a	4.3 $\pm$ 0.1 ^a
Tiempo a la 1a monta con eyaculación (seg)	33.2 $\pm$ 21.3 ^c	45.8 $\pm$ 14.1 ^b	67.7 $\pm$ 18.9 ^a	66.3 $\pm$ 21.2 ^a
Volumen (ml)	0.7 $\pm$ 0.2	0.3 $\pm$ 0.1	0.8 $\pm$ 0.1	0.6 $\pm$ 0.1
Motilidad masal	0.4 $\pm$ 0.1	0.3 $\pm$ 0.1	1.0 $\pm$ 0.1	1.6 $\pm$ 0.1
Motilidad progresiva %	9.7 $\pm$ 0.1 ^b	17.4 $\pm$ 0.3 ^a	10.8 $\pm$ 0.1 ^b	14.1 $\pm$ 0.1 ^b
Conc. espermática total ($\times 10^6$)	27.8 $\pm$ 2.2 ^c	19.3 $\pm$ 12.8 ^c	40.1 $\pm$ 13.1 ^b	53.9 $\pm$ 12.1 ^a
pH semen	7.2 $\pm$ 0.3	7.1 $\pm$ 0.3	7.0 $\pm$ 0.3	7.1 $\pm$ 0.4
% de anomalías espermáticas	4.5 $\pm$ 0.002 ^a	3.3 $\pm$ 0.002 ^b	2.0 $\pm$ 0.002 ^c	2.0 $\pm$ 0.001 ^c

Medias con diferente letra en la misma fila, difieren significativamente ($P < 0.05$).

Fuente: Sandra et al. (2015).

Estos resultados hacen que esta raza sea aún más interesante, ya que demuestran que es posible lograr un buen rendimiento reproductivo en animales jóvenes de esta especie, lo que tiene un impacto importante en los programas de cubrición durante todo el año. Lo anterior confirma que carneros de esta raza pueden utilizarse desde una edad temprana para inducir el celo en cualquier época del año en ovejas estacionales anuales.

Los resultados de este estudio indican que, como estrategia de manejo, se puede estimular la actividad sexual de los corderos a una edad temprana, ya sean de cuatro meses o de un año de edad. El objetivo es lograr un desarrollo saludable y obtener una buena calidad seminal cuando los animales sean más jóvenes. También que los corderos tengan su primera experiencia sexual al año de edad. Asimismo, este estudio ha demostrado que las razas de pelo, en particular los corderos *saint croix*, tienen un comportamiento

sexual diferente a lo largo del año, aunque son capaces de estimular y fecundar a las ovejas, lo que permite programar partos durante todo el año a partir del primer año de edad. De forma paralela, deben implementarse estrategias de manejo y nutrición para obtener los mejores resultados en términos de comportamiento sexual y calidad del semen de los corderos, especialmente en las épocas de sequía.

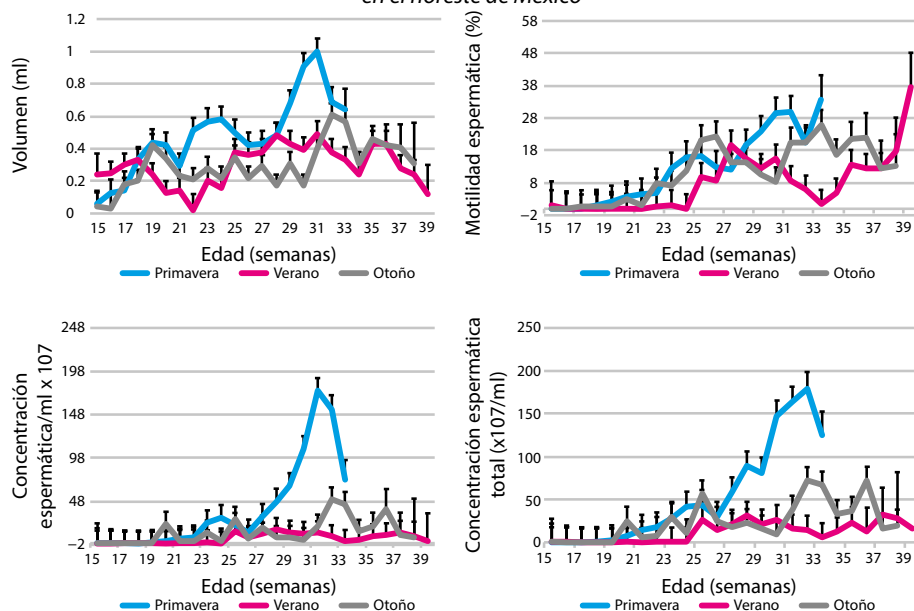
Los resultados de este experimento revelan que, en general, los corderos nacidos en primavera presentaron los mejores valores para las variables analizadas y un mayor número de ellos alcanzó la pubertad (véanse figuras 7 y 8). Cabe mencionar que la información relativa a este tema en corderos de pelo es limitada, ya que la mayoría de los trabajos publicados hasta el momento se han centrado en corderos de lana y se han llevado a cabo en lugares muy diferentes a los del noreste de México. En cuanto a las características de peso vivo (PV), circunferencia escrotal (CE) y testosterona (T), los animales analizados tuvieron, en general, un desarrollo normal en función de la edad en los tres grupos de corderos. Como era de esperar, al tratarse de animales jóvenes, los corderos no dejaron de aumentar de peso con el tiempo. Sin embargo, se observa que los corderos nacidos en verano fueron los que experimentaron un mayor aumento de peso, seguidos por los nacidos en primavera y otoño. Estas diferencias podrían establecerse como una ventaja para los nacidos en verano, ya que su desarrollo se produjo cuando las temperaturas ambientales descendieron y, por lo tanto, no sufrieron estrés termorregulador, a diferencia de los nacidos en primavera (que se desarrollaron con altas temperaturas) y en otoño (que sufrieron bajas temperaturas). Una vez destetados, se les proporcionó a estos corderos una dieta equilibrada similar para cada grupo, con el fin de que expresaran su potencial genético.

Sin embargo, en el caso de la CE y la T, se observaron fluctuaciones en sus concentraciones y se produjeron interacciones significativas en ambas dependiendo la edad de los corderos. Un factor importante que podría haber influido es la época de nacimiento, ya que los nacidos en primavera y otoño presentaron diferencias. Lo anterior apoya la hipótesis de que la liberación y frecuencia de testosterona es mayor en los animales con menor aumento de peso, ya que se reduce el flujo sanguíneo hepático, lo que provoca un aumento de los niveles de hormonas esteroideas circulantes. Sin

embargo, este proceso no se produce en animales jóvenes de menos de 15 semanas de edad. Otra hipótesis más certera, puesto que se desarrollaron bajo las mismas condiciones nutricionales, es que el desarrollo de la CE fue superior y se mantuvo elevada a partir de la semana 22 para los corderos nacidos en primavera y otoño, mientras que la T fue superior en los corderos de otoño, seguidos por los de primavera. Esto podría deberse a que, al nacer los corderos en dichas épocas, la edad en la que se destetan y la edad al inicio de la investigación (3.5 meses) corresponden al inicio y final de la época reproductiva, respectivamente, lo que afecta positivamente su desarrollo testicular. Se considera que una alimentación adecuada en cuanto a proteínas favorece el desarrollo testicular, lo cual no ocurre con los corderos nacidos en verano que, a pesar de mostrar mayor PV, no presentan un mejor desarrollo testicular. Este hecho podría considerarse un efecto refractario de los corderos nacidos en verano, puesto que se destetan en octubre o noviembre para responder más temprano al mayor desarrollo testicular. La liberación de las hormonas liberadoras de las gonadotropinas se ve suprimida debido a la disminución de las horas de luz del día hasta diciembre y, posteriormente, debido a su incremento.

En el caso de la concentración de testosterona, como se puede observar en la figura 16, los corderos nacidos en verano presentaron una concentración inicial más alta, que posteriormente disminuyó por debajo de los 10 nmol/L a partir de la semana 18. Esta disminución fue más marcada a partir de la semana 23. Ahora bien, a partir de la semana 27, los niveles de concentración aumentaron de forma constante. Esta supresión de la liberación de testosterona a lo largo de las semanas de estudio es similar a lo que han reportado otros autores, y puede llegar a niveles mínimos cuando se inmuniza a los corderos contra la inhibina y la GnRH, o cuando se les castra. Por el contrario, los niveles aumentan cuando se utilizan implantes de melatonina. Sin embargo, en los corderos nacidos en primavera y otoño se mantuvo un incremento constante de los niveles de testosterona a partir de la semana 27, siendo más elevada la T en los corderos de otoño. Lo anterior hace suponer que los corderos de estas dos épocas inician su desarrollo reproductivo a partir de esa edad, que avanza de manera paralela al inicio de la época reproductiva en latitudes superiores a los 21°, tal como se ha mencionado en diferentes razas.

Figura 16. Efecto de la época del año sobre la calidad seminal en corderos de pelo en el noreste de México

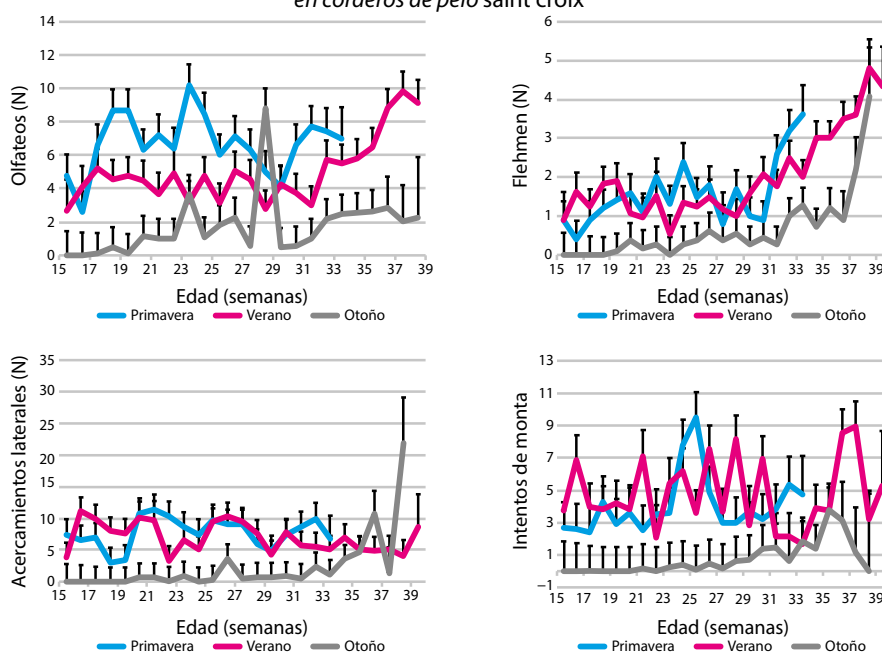


Fuente: Sánchez Dávila et al. (2019).

Por otra parte, se observó que los corderos nacidos en primavera presentaron, en general, mejores resultados en cuanto a la calidad del semen que los corderos nacidos en verano y otoño (véase figura 17). Estos resultados son comparables a los obtenidos por otros autores en otras razas, así como en carneros de la misma raza y en corderos cruzados, en latitudes entre los 20° y 25°. Estas diferencias hacen suponer que los corderos nacidos en primavera alcanzan antes la pubertad (espermatogénesis) y, por lo tanto, presentan una mejor calidad seminal. Tal se debe a que, cuando se destetan (a los dos meses de edad), se encuentra en el final de la primavera y el inicio del verano, que es el inicio de la estación reproductiva en esta latitud. Las diferencias en la calidad seminal entre los grupos de corderos son más marcadas a partir de la semana 25, lo que coincide con un aumento de la CE y la T. Sobre esta última, la concentración es mayor en los corderos de otoño. En animales jóvenes se ha documentado una alta correlación entre CE, T y calidad seminal, y se ha observado que la espermatogénesis se activa de manera más eficiente en los animales con un mejor desarrollo testicular y

con altas concentraciones de T. Los corderos de primavera se desarrollaron en un momento en el que predominaban las altas temperaturas en esta región semidesértica, lo que confirma la capacidad de los corderos jóvenes de esta raza para adaptarse a condiciones adversas del medioambiente. Al estar expuestos durante más tiempo a días largos, estos corderos alcanzan la pubertad el otoño del mismo año (días cortos), lo que activa el eje hipotálamo-hipófisis-gónadas; luego siguen los corderos de otoño y verano.

Figura 17. Efecto de la época de nacimiento sobre el comportamiento sexual en corderos de pelo saint croix

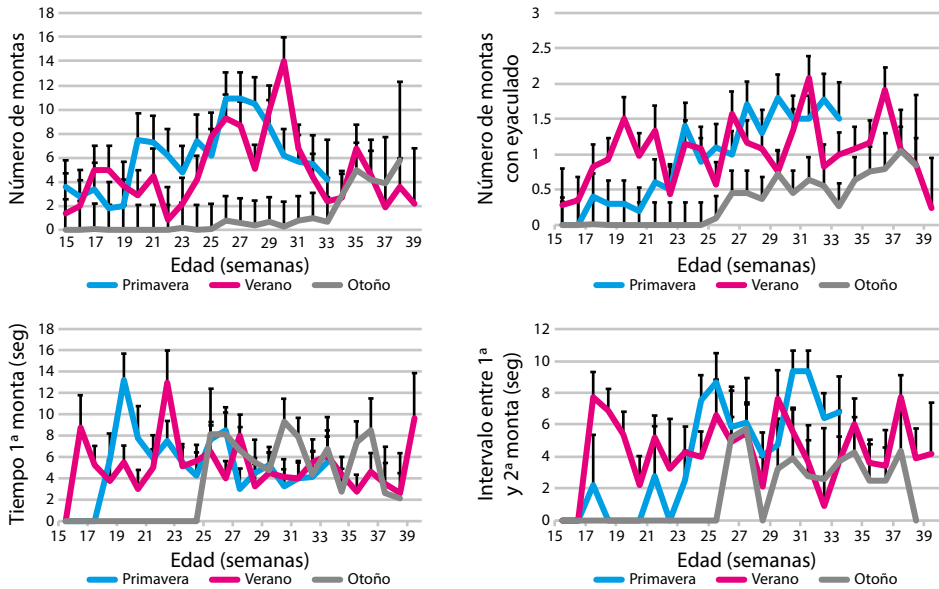


Fuente: Sánchez Dávila et al. (2019).

Por otra parte, las figuras 17 y 18 muestran que los corderos nacidos en otoño iniciaron su comportamiento sexual entre las semanas 23 y 27 para cada una de estas características, es decir, entre los seis y siete meses de edad, lo que concuerda con lo dicho por Jiménez-Severiano et al. (2010). La región de estudio, ubicada arriba de la latitud 21°, parece ser la causa de que el desarrollo sexual se inicie a una edad más temprana, lo cual también concuerda con los meses en los que la actividad sexual de varias razas se ve

afectada por la estacionalidad. Se menciona que, entre los 19° y los 22° de latitud, los corderos comienzan a presentar libido sexual baja y calidad seminal deficiente. En las mismas figuras se observa que los corderos nacidos en primavera y verano presentan un comportamiento sexual desde el inicio del estudio, mientras que los nacidos en otoño muestran dos picos en la mayoría de las características del comportamiento sexual (semanas 23 y 25). En general, presentaron un mejor comportamiento sexual que el descrito por otros autores, quienes apuntan que por la falta de experiencia, los corderos jóvenes tardan más en mostrar un comportamiento sexual ante una hembra en celo, sobre todo si se les ha inmunizado contra las hormonas de la reproducción (hormona liberadora de la hormona luteinizante, LHRH), en cuyo caso no muestran comportamiento sexual hasta las 35 semanas de edad. Este efecto puede ser más marcado en carneros cruzados adultos y en corderos que pastorean en praderas semidesérticas y tienen acceso limitado al agua. Los carneros adultos poseen la habilidad de oler a la oveja en celo, lo que provoca la liberación de feromonas y la aparición de los síntomas del cortejo sexual con mayor rapidez que en los corderos jóvenes.

Figura 18. Efecto de la época de nacimiento sobre el comportamiento sexual en corderos saint croix en el noreste de México



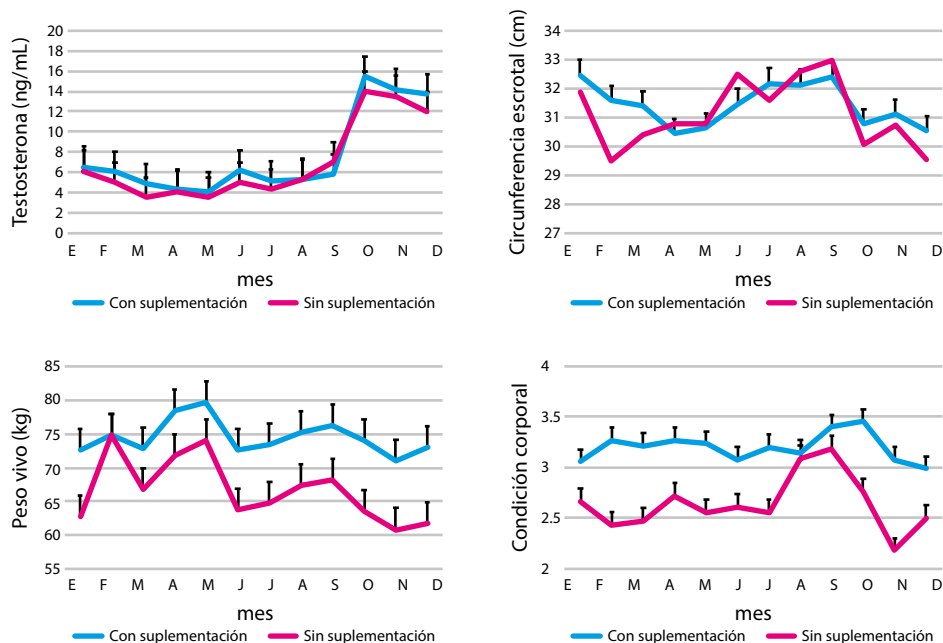
Fuente: Sánchez Dávila et al. (2019).

Por otra parte, las razas ovinas procedentes de climas templados en latitudes superiores a 35° muestran una marcada estacionalidad en su actividad reproductora. Las ovejas muestran principalmente celo en otoño, mientras que los carneros pueden reproducirse durante todo el año, aunque su actividad sexual y su producción espermática son mayores en la época de celo. Se ha identificado el ciclo anual del fotoperiodo diario como el factor determinante de este fenómeno, mientras que la temperatura ambiental, el estado nutricional, las interacciones sociales, la fecha de parto y el periodo de lactancia se consideran factores moduladores. Las ovejas de pelo, originarias de los trópicos, se han descrito como casi o completamente no estacionales. Los estudios sobre el comportamiento sexual de las ovejas de pelo en condiciones tropicales son escasos en la literatura científica, pero algunos sugieren que las altas temperaturas ambientales no afectan al comportamiento sexual de los carneros de pelo (Sánchez-Dávila et al, 2020; Santos et al., 2015). En los carneros de pelo que se explotan en latitudes entre 20° y 30°, la fertilidad está más asociada al nivel de alimentación, a la temperatura ambiental y a la distribución anual de las precipitaciones que al fotoperiodo. El noreste de México, ubicado a 25° de latitud norte y 100° de longitud oeste, se caracteriza por sus veranos calurosos y baja humedad, así como por inviernos secos y extremos. En estas condiciones, los carneros realizan una intensa actividad de termorregulación para mantener la homeostasis. El estrés por calor reduce la capacidad reproductora de los carneros, lo cual tiene un impacto negativo en la fertilidad de los rebaños y afecta directamente la espermatogénesis, la calidad y la cantidad de semen, así como el comportamiento sexual. En sistemas de producción extensiva de ovinos, en los que normalmente se practica el empadre natural, la eficiencia reproductiva del carnero podría evaluarse mediante la calidad del semen y la libido sexual.

Por lo anterior, se han llevado a cabo investigaciones para determinar las variaciones en el comportamiento sexual, la calidad seminal y los niveles de testosterona en carneros de pelo *saint croix* en las distintas épocas del año (Sánchez-Dávila et al, 2019). El presente estudio es uno de los primeros que informa sobre el comportamiento sexual, la calidad del semen y las concentraciones de testosterona en carneros de pelo cuyas condiciones de pastoreo extensivo se suplementan con concentrado en una región semidesértica del noreste de México, en latitudes entre 22° y 26°. Observamos una

variación significativa en la concentración de testosterona, la circunferencia escrotal, el peso vivo y la condición corporal durante los meses en los que se llevó a cabo el experimento (véase la figura 19).

Figura 19. Efecto de la suplementación sobre la concentración de testosterona, circunferencia escrotal, peso vivo y condición corporal en carneros saint croix pastoreando en praderas de zacate buffel durante un año de estudio (medias $\pm$ EE)

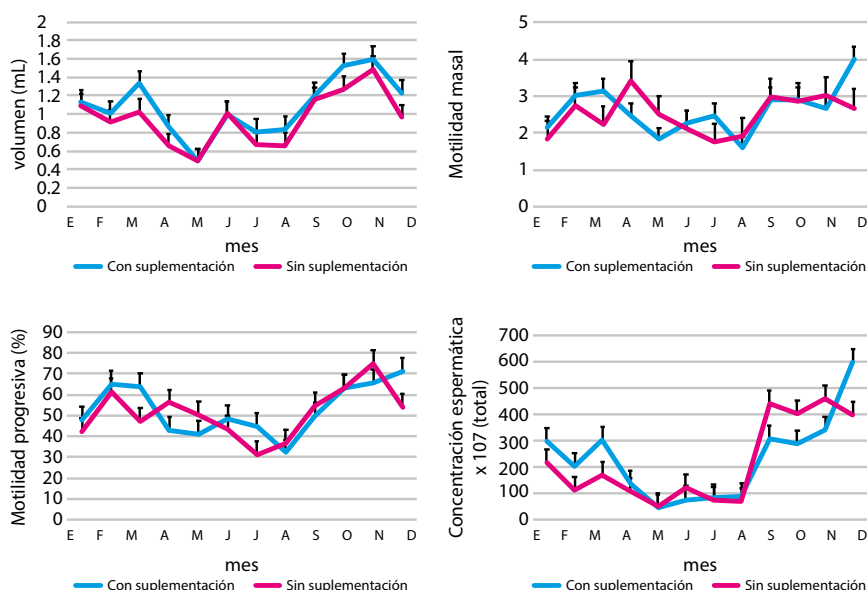


Fuente: Sánchez Dávila et al. (2020).

Las concentraciones de testosterona disminuyeron de enero a mayo en ambos grupos de carneros y aumentaron al inicio de la época de celo (junio), alcanzando su nivel máximo en octubre. A pesar de estas disminuciones en los primeros meses del año, esto no impide la respuesta sexual y es probable que estimule la presencia del estro en ovejas de la misma raza o de razas de lana. Hay que tener en cuenta que en estas latitudes hay anestro estacional durante la primera mitad del año, que está más marcado en las ovejas de lana. Desde el inicio de la época de empadre, las concentraciones de testosterona aumentaron en todos los carneros, a pesar de que entre marzo y mayo se produjo una disminución, lo que no impidió la respuesta sexual ni la

capacidad de estimular a las ovejas durante el anestro estacional (marzo-mayo). En varios estudios se han reportado los efectos del mes y la suplementación de concentrado sobre la calidad del semen. Los resultados de este estudio muestran que, de mayo a agosto, la calidad del semen se vio negativamente afectada en ambos grupos de tratamiento. Esto puede deberse a dos factores que ocurren en regiones semidesérticas: por un lado, el estrés calórico que prevalece durante la temporada de verano, cuando se registran altas temperaturas, y por otro, la escasez y baja calidad de la pastura disponible en verano. En este estudio se presentaron ambos factores a lo largo del año. Sin embargo, los carneros del grupo suplementado presentaron un efecto positivo, pues mejoraron su calidad de semen en respuesta a las temporadas críticas. No obstante, incluso los carneros que no recibieron suplementos se recuperaron rápidamente cuando llegó la estación lluviosa, lo que pone de manifiesto la capacidad de adaptación de la raza *saint croix* a condiciones extremas de temperatura y baja disponibilidad de pastos.

Figura 20. Efecto de la suplementación sobre la calidad seminal en carneros adultos *saint croix* pastoreando en praderas de zacate buffel durante un año de estudio (medias $\pm$ error estándar)



Fuente: Sánchez Dávila et al. (2020).

A pesar de la disminución de la calidad seminal durante los meses de verano, estos ovinos de pelo se recuperan rápidamente cuando mejoran las condiciones ambientales y desarrollan su capacidad de adaptación para modificar sus mecanismos fisiológicos en los periodos de altas temperaturas, comunes en esta zona semiárida. Otro resultado importante que se observó en nuestro estudio es que la calidad seminal aumentó drásticamente a partir de agosto, lo que podría deberse al comienzo de la estación lluviosa, a la disminución de la temperatura ambiental o a la reducción del fotoperiodo diario.

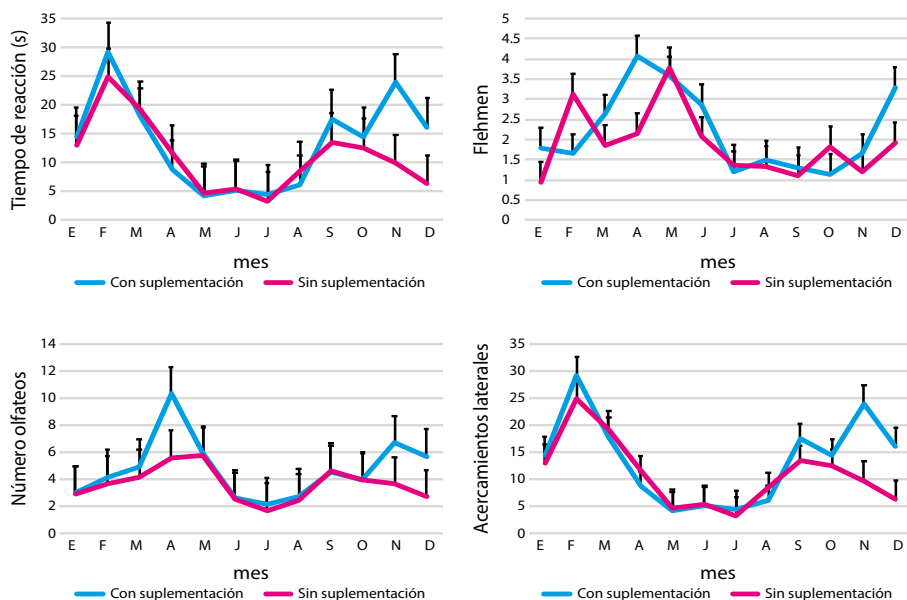
Estos cambios climáticos conducen a un aumento de la calidad del pasto nativo y a una disminución del estrés térmico del animal. En contraste con otras razas de carneros, en esta raza de pelo el efecto del fotoperiodo es menos determinante en la eficiencia reproductiva de los carneros. Los resultados de este estudio mostraron un marcado efecto mensual sobre los rasgos del comportamiento sexual (véanse figuras 21 y 22). El comportamiento sexual, medido como el número de olfateos, flehmen (levantamiento del labio superior), acercamientos laterales y montas con eyaculación, disminuyó de mayo a septiembre. Estos resultados son coherentes con los de otros autores sobre la misma raza (Aguirre et al., 2007a, 2007b), quienes informan que el comportamiento sexual de los carneros adultos y jóvenes también disminuyó durante los meses de verano. Sin embargo, a pesar de este bajo comportamiento sexual, es interesante destacar la capacidad de estos carneros de pelo para establecer estrategias y dosificar sus montas. Otros autores informan que los carneros *saint croix* fueron capaces de inducir el celo en ovejas *suffolk* dentro y fuera de la época de celo. Por ejemplo, en la misma raza se evaluó el efecto de la jerarquía social y se observó que incluso los carneros subordinados pueden mantener un comportamiento sexual aceptable y conseguir una mayor proporción de fecundación a lo largo del año.

Las otras variables de comportamiento sexual, como el tiempo de inicio del cortejo, los intentos de monta y el tiempo para la primera monta con eyaculación, presentaron un patrón diferente al de los otros rasgos de comportamiento sexual discutidos anteriormente, pero también se vieron afectados por el mes. Los valores más altos de tiempo de inicio del cortejo se observaron en mayo. Posteriormente disminuyeron, pero los carneros en

pastoreo sin suplementación siempre presentaron valores más altos que los carneros suplementados. Estos resultados concuerdan con los de otros autores sobre carneros *saint croix* (Sánchez et al., 2012; Sánchez-Dávila et al., 2012). También se informó que el tiempo de inicio del cortejo aumentó en cuatro razas durante la estación de calor seco en regiones tropicales, con valores más altos para razas pelibuey y dorper.

Los carneros que no recibieron suplementos intentaron realizar más montas que los carneros suplementados de enero a mayo, pero luego permanecieron en los mismos niveles o por debajo de los valores del grupo suplementado hasta octubre. Los carneros suplementados mostraron un pico más marcado de intentos de monta en septiembre, cuando las temperaturas tienden a disminuir y comienza la temporada de lluvias. El tiempo durante las montas con eyaculación fue similar en ambos grupos de carneros, con valores más bajos en abril y mayo. De agosto a octubre, los carneros suplementados necesitaron más tiempo para aparearse con las ovejas y realizar las montas.

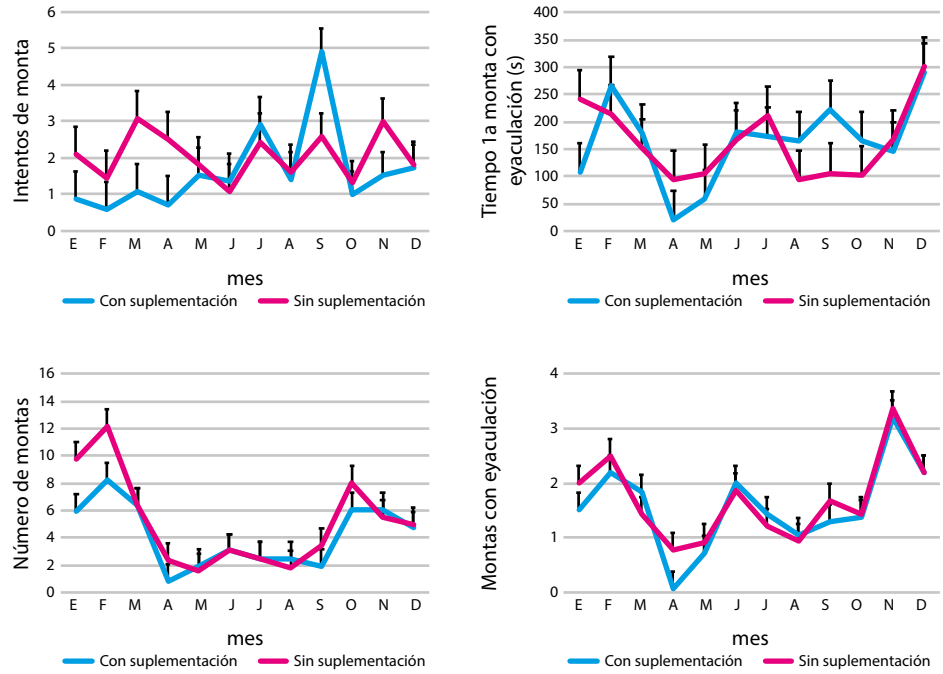
Figura 21. Efecto de la suplementación sobre el comportamiento sexual en carneros *saint croix* pastoreando en praderas de buffel durante un año de estudio (media $\pm$ error estándar)



Fuente: Sánchez Dávila et al. (2020).

Estos resultados ponen de manifiesto la importancia de la dosificación de las montas y de la actividad sexual de los carneros en condiciones de calor en zonas semidesérticas. El estrés térmico y los efectos combinados del estrés por calor y la restricción nutricional reducen el nivel de testosterona, lo que tiene un impacto grave en el rendimiento reproductivo de los carneros. Un mecanismo de adaptación de los machos de las razas de pelo consiste en liberar la hormona luteinizante (LH), que a su vez conduce a la producción de testosterona en las gónadas, de modo que el comportamiento sexual puede mantenerse.

Figura 22. Efecto de la suplementación sobre el comportamiento sexual en carneros saint croix pastoreando en praderas de buffel durante un año de estudio (media $\pm$ EE)



Fuente: Sánchez-Dávila et al. (2020).

5. Productividad de las ovejas de pelo

La eficiencia reproductiva puede mejorarse aumentando el número de partos por oveja y el número de corderos por parto, y debe ser el objetivo de toda explotación ovina. La tasa de concepción, es decir, el porcentaje de hembras que quedaron gestantes tras la exposición al carnero, debe ser superior al 90 %, y los índices de prolificidad (número de crías por parto) deben ser mayores a 1.3. Estos son los objetivos que debe tener cualquier rebaño ovino, ya que repercuten en los costes de producción.

Incremento del número de partos por oveja

Para aumentar el número de partos por oveja, se pueden evaluar diferentes condiciones, como la edad de la pubertad y la madurez sexual. La pubertad se presenta a los 10 meses en las razas de lana, mientras que en las razas de pelo se alcanza entre los seis y los ocho meses. Una buena alimentación desde el nacimiento puede ayudar a que las hembras lleguen al primer parto entre los 12 y los 15 meses de edad.

No obstante, no se deben someter a las corderas a regímenes de alimentación intensiva para que se puedan aparear entre los seis y los ocho meses de edad, ya que la producción láctea disminuye y la crianza por parte de la madre primeriza se vuelve deficiente. Un incremento mínimo diario de 100 g en corderas de pelo es adecuado para que el primer parto se produz-

ca de media entre los 13 y los 15 meses de edad, con un peso corporal de entre 42 y 45 kilogramos.

Un sistema de alimentación sencillo, que consiste en forraje o heno de buena calidad a libre disposición y un suplemento o concentrado con un 14.2 % de proteína cruda y 2.4 Mcal por kg, proporcionado a razón de 400 g por animal y día, puede ayudar a alcanzar los resultados antes mencionados. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que la dependencia de la presencia del estro según la época del año se denomina estacionalidad. Clemente et al. (2012) han estudiado que, en las razas de pelo, la estacionalidad no es tan marcada como en las razas de lana y los ciclos estrales ocurren prácticamente durante todo el año. La baja presencia de celos en alguna temporada del año se debe principalmente a los efectos del medioambiente y el clima, que influyen en la disponibilidad de forraje. En estas razas se pueden obtener hasta tres partos cada dos años. Sin embargo, existen razas de lana que sólo presentan ciclos estrales repetitivos durante un periodo corto del año, principalmente en otoño, mientras que los nacimientos se producen al inicio de la primavera, por lo que solo se obtiene un parto al año. Por su parte, los problemas reproductivos son frecuentes en rebaños con deficiencias sanitarias y alimentarias. Esto repercute en la vida productiva y la longevidad de las ovejas y tiene un efecto directo sobre el intervalo entre partos, lo que afecta el número de partos por oveja y, en consecuencia, el número total de crías.

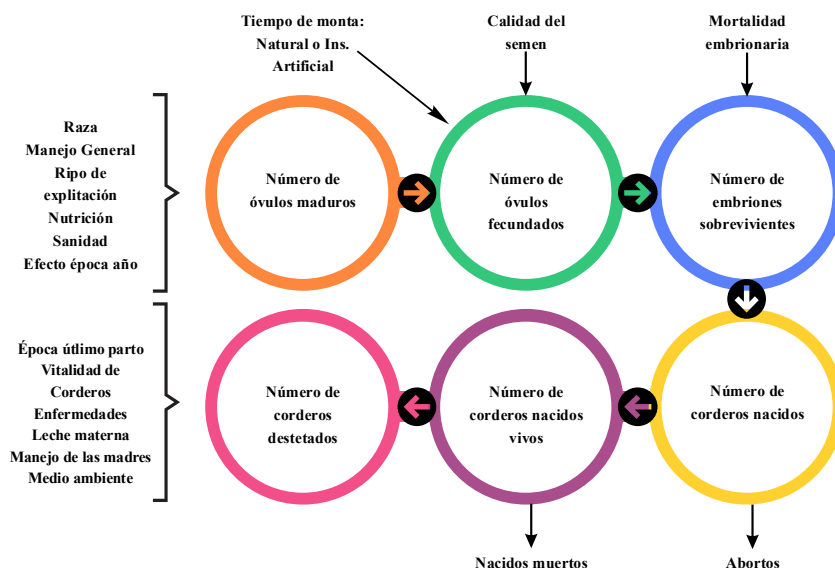
Incremento del número de corderos por parto

La herencia y el medioambiente son los factores que determinan el porcentaje de partos múltiples. Sin embargo, el medioambiente influye de manera más notable en la variación de los partos gemelares. Por ello, las ovejas se pueden agrupar en:

- Las que nunca presentarán partos múltiples aunque estén en las mejores condiciones corporales y ambientales.
- Las que presentan partos múltiples cuando las condiciones ambientales son óptimas.

- Las que presentan partos múltiples incluso cuando las condiciones ambientales no son favorables.

Figura 23. Factores que afectan el porcentaje de partos múltiples en ovejas



Fuente: Behrens (1986).

En la figura 23 se muestran las etapas clave para aumentar el porcentaje de partos múltiples. En cada una de ellas, existen factores que pueden alterar la formación y producción de un cordero. A nivel mundial, existen genotipos de ovinos que se adaptan a diferentes condiciones ambientales y se caracterizan de la siguiente manera:

1. Razas criollas que se adaptan a condiciones extremas, con partos dobles inferiores al 20 % y poca capacidad cárnica.
2. Razas con alta prolificidad, con partos de hasta cuatro crías, que presentan una mejor capacidad cárnica que las anteriores, por ejemplo: *black belly*, *romanov*, merino con gen *booroola* y *saint croix*.
3. Razas con bajos porcentajes de fertilidad y partos múltiples, pero con elevado desarrollo muscular. Entre las razas de lana se encuentran:

suffolk, texel y *rambouillet*, y dentro de las razas de pelo, se encuentran la *dorper* y la *katahdin* (véase tabla 8).

Tabla 8. *Número y porcentaje de ovejas katahdin que parieron producto de los empadres realizados en marzo-abril y mayo-junio*

<i>Variable</i>	<i>Marzo-Abril</i>		<i>Mayo-junio</i>	
	<i>Dorper</i>	<i>Katahdin</i>	<i>Dorper</i>	<i>Katahdin</i>
No de ovejas	217	72	103	37
Tasa de parición (%)	67.7	72.2	38.8	29.7
Prolificidad	1.35	1.35	1.15	1.36
Fecundidad	0.92	0.97	0.45	0.40

Fuente: González-Godínez et al. (2014).

6. Modificación de la función reproductiva

En la actualidad, se conocen con bastante precisión los mecanismos mediante los cuales el fotoperiodo regula la estacionalidad reproductiva en el ganado ovino. En las ovejas de pelo, existe una gran cantidad de factores que modulan el eje hipotálamo-hipófisis-gónadas. No obstante, el fotoperiodo es básico en la regulación de la actividad reproductiva. Entre los factores endógenos destacan la latitud-raza, la edad y el sexo, y entre los externos se encuentran la nutrición, la condición corporal, el uso de hormonas y el efecto macho. El conocimiento de estas interacciones resulta de gran importancia para modificar la fisiología reproductiva de las ovejas de pelo.

Estrategias de alimentación

El estado nutricional de un rebaño es el factor que más influye en la reproducción y es el factor sobre el que el productor tiene un mayor control, ya que puede aumentar o reducir el consumo de nutrientes. La manera de evaluar el estado nutricional de la oveja, como rumiante que es, se constata mediante la condición corporal. Por ello, es importante señalar que un bajo nivel nutricional afectaría fuertemente lo siguiente:

- El inicio de la pubertad.
- La tasa de concepción en el primer estro.

- El intervalo parto-estro.
- La salud y el vigor de los corderos recién nacidos.

Por lo tanto, es interesante plantear en este apartado la gran importancia de suministrar los nutrientes necesarios tanto a la oveja como al carnero con el fin de aumentar el número anual de partos por oveja y el número de corderos por parto.

Efecto sobre la eficiencia reproductiva de la oveja

El estado nutricional es uno de los factores que más influyen en la duración del anestro posparto. La nutrición es un factor clave, pues afecta directamente la fisiología y el rendimiento reproductivo, y también, indirectamente, influye en el crecimiento y el desarrollo folicular y, por tanto, en la tasa de ovulación. Scaramuzzi et al. (2006) han deducido que la nutrición tiene efectos positivos sobre la reproducción de las ovejas de lana, principalmente sobre la tasa de ovulación y la población folicular. Los efectos de la nutrición sobre la tasa de ovulación se han clasificado en efecto estático, efecto dinámico y efecto inmediato. Se ha comprobado que la nutrición mejora la tasa de ovulación en las ovejas debido a un aumento del peso corporal (efecto estático) o a cambios en las hormonas metabólicas (efecto inmediato). Ambos efectos aumentan el número de folículos que responden a la gonadotropina (GnRH), una hormona que se libera en el hipotálamo del cerebro tanto en machos como en hembras.

En la oveja de pelo, al ser un rumiante, la energía es un factor que afecta al rendimiento reproductivo y tiene un mayor impacto. Una ingesta insuficiente de energía en la dieta, tanto por calidad como por cantidad, puede prolongar el anestro posparto. El consumo de energía afecta una amplia variedad de mecanismos internos de los animales, incluidos los cambios en la secreción de las hormonas reproductivas del hipotálamo (cerebro), la producción de progesterona por el cuerpo lúteo durante el ciclo estral y la preñez, y los cambios en la sensibilidad del eje hipotálamo-hipófisis-gonadas, que influyen directamente en la actividad reproductiva de las ovejas (véase tabla 9). Los efectos de la energía en la dieta son variables y esta va-

riación se relaciona con las diferencias en el grado de condición corporal y peso. Se ha demostrado ampliamente que un mayor consumo de energía y proteína en ovejas sometidas a sobrealimentación afecta positivamente el diámetro del folículo dominante de los ciclos anovulatorios. En los estudios realizados en ovejas de pelo, se ha comprobado que la suplementación nutricional con dietas de alta energía estimula la formación de folículos y disminuye la retroalimentación negativa para inducir aumentos compensatorios en su formación.

Tabla 9. *Resumen de efectos del balance energético sobre el metabolismo corporal y la reproducción en ovejas*

<i>Balance energético</i>	<i>Consecuencias metabólicas</i>	<i>Efectos en la reproducción</i>
Negativo	• Pérdida de peso • Pérdida de reservas de grasa • Pérdida de tono muscular • Hiperinsulinemia • Hipoglicemia • β-OH butiratos y ácidos grasos no-esterificados elevados • Hormona del crecimiento elevada • Calor metabólico reducido • Sistema del factor del crecimiento insulínico suprimido • Urea elevada	• Inhibición de la secreción de GnRH por el hipotálamo • Ausencia de pulsos de LH • Concentraciones bajas de FSH • Inhibición de la folículoogénesis • Estradiol bajo • Alta retroalimentación negativa • Anovulación • Anestro • Retraso en la pubertad
Mantenimiento	• Mantenimiento del peso corporal • Mantenimiento de las reservas de grasa • Insulina normal • Normoglicemia • β-OH butiratos y ácidos grasos no-esterificados bajos • Hormona del crecimiento normal • Sistema del factor de crecimiento insulínico normal • Urea normal	• Secreción normal de GnRH por el hipotálamo • Pulsatilidad normal de LH • Concentraciones de FSH normales • Folículoogénesis normal • Estradiol e inhibina normales • Retroalimentación negativa normal • Ovulación y estro • Tasa de ovulación por debajo del máximo natural
Positivo	• Ganancia de peso prolongada • Reservas de grasa incrementadas • Hiperinsulinemia • Hiperglicemia • β-OH butiratos y ácidos grasos no-esterificados bajos • Hormona del crecimiento baja • Calor metabólico aumentado • Sistema del factor de crecimiento insulínico estimulado • Urea normal, pero puede aumentar si el nitrógeno dietario es alto	• Secreción normal de GnRH por el hipotálamo • Pulsatilidad de LH normal • Concentraciones de FSH aumentadas • Folículoogénesis aumentada • Estradiol reducido • Retroalimentación negativa reducida • Ovulación y estro • Tasa natural de ovulación a su máximo • Pubertad temprana

Fuente: Scaramuzzi et al. (2006).

Los efectos de la energía en la dieta son variables y esta variación se relaciona con las diferencias en el grado de condición corporal y peso. Así, la suplementación con dietas de alta energía y alta ingesta de proteínas aumenta los impulsos de la hormona folículo estimulante (FSH), que causa el desarrollo de los folículos y, por tanto, el desarrollo del óvulo. Asimismo, aumenta las concentraciones de estrógeno, el cual provoca los síntomas externos del celo y mejora la tasa de fertilidad en ovejas de pelo.

Tanto el consumo alto como el bajo de energía afectan a la función ovárica, modulando la secreción de la hormona luteinizante (LH) y la hormona folículo estimulante (FSH). El desarrollo de los folículos ováricos también se ve afectado por los cambios en las concentraciones de hormonas metabólicas, como la insulina y la hormona del crecimiento, cuyas concentraciones pueden verse afectadas por la condición corporal de la oveja. Estas hormonas desempeñan un papel fundamental en el control del crecimiento folicular y probablemente actúan como mediadoras de los efectos del consumo nutricional sobre la tasa de ovulación, regulando la acción de las hormonas reproductivas clave, como las gonadotropinas y los esteroides, en los folículos. La insulina es un importante regulador del desarrollo folicular, lo que sugiere que podría tener un papel relevante como mediador en el mecanismo de los efectos nutricionales sobre la ovulación.

Condición corporal y reproducción

La condición corporal se define como la cantidad de músculo y tejido graso que el animal acumula en un momento determinado de sus ciclos productivos y reproductivos, y la cual permite estimar su estado energético en esos estados fisiológicos. La condición corporal se determina subjetivamente mediante una escala del 0 al 5, con 0 para flaca y 5 cuando es obesa.

Algunas de las principales razones por las que conviene evaluar la condición corporal y no el peso corporal como medida del efecto sobre la reproducción son las siguientes:

- Los cambios en la condición corporal permiten estimar los cambios en las reservas de energía del cuerpo con mayor precisión que las fluctuaciones del peso corporal.
- Las variables, como el peso del agua o del alimento en el tracto gastrointestinal y el feto en animales gestantes, se incluyen en el peso corporal de la oveja, por lo que la cantidad de reservas de energía del cuerpo puede sobreestimarse cuando se determina por el peso corporal.

Por ejemplo, un estudio realizado en ovejas pelibuey ha demostrado que una baja condición corporal afecta las funciones productivas y reproductivas, incluida la duración del anestro posparto (Magaña-Monforte et al. 2013). En el mismo estudio, se evaluó la condición corporal de las ovejas en el momento del parto y se demostró que una condición corporal baja, por debajo de 1, afectaba a la capacidad reproductiva en comparación con una condición corporal entre 2 y 3.

El intervalo entre el parto y el celo fue 20 días más corto en animales con una mayor condición corporal, lo que también supuso un aumento del 16 % en la fertilidad y de 0.1 corderos por parto. Según el autor, el anestro posparto continuará en las ovejas que no hayan recuperado su peso y su condición corporal.

En otro estudio (Elizarraraz et al., 2008), se evaluaron ovejas pelibuey expuestas a variaciones en la disponibilidad de forraje durante diferentes años y se observó que el peso corporal de los animales en el momento del parto era 25 % menor en el año en que se redujo la disponibilidad de forraje. Durante este periodo de menor disponibilidad de forraje, el intervalo entre el parto y el primer estro fue de 91 días frente a 51 días en años con buena disponibilidad de forraje. El intervalo desde el parto hasta la primera ovulación fue de 59 días frente a 26 días cuando no hubo escasez de forraje, mientras que el diámetro del folículo más grande fue menor (6.0 frente a 7.7 mm). Todo lo anterior demuestra que el estado nutricional de la oveja afecta la reanudación de la actividad cíclica del ovario.

Según Godfrey y Dodson (2003), la pérdida de peso es el factor que controla principalmente la duración del anestro posparto en las ovejas de pelo. Estos autores compararon la pérdida de peso corporal y la duración

del anestro posparto en ovejas mantenidas en un pastizal natural durante la mitad de la estación seca. El peso corporal disminuyó después del parto y se correlacionó con el intervalo entre el parto y el primer estro, así como con el intervalo entre el parto y la primera ovulación. La actividad ovárica fue normal después de la primera ovulación (véanse tablas 10 y 11). Otros autores evaluaron a ovejas pelibuey mantenidas en un pastizal y sometidas a lactancia continua o controlada. En este caso, los corderos fueron separados de sus madres a los 15 días de edad y posteriormente se les permitió mamar dos veces al día durante una hora hasta el destete, el cual ocurrió hasta los 60 días.

Tabla 10. *Proporción de ovejas en estro y que ovularon (%) en dos periodos del año y de diferente condición corporal*

	<i>Agosto-noviembre</i>		<i>Febrero-mayo</i>	
	ACC(n=9)	BCC(n=9)	ACC(n=10)	BCC(n=10)
Ovejas en estro	100	100	50	40
Ovejas que ovularon	100	100	70	50

ACC=alta condición corporal; BCC= baja condición corporal.

Fuente: De la Isla-Herrera et al. (2010).

Tabla 11. *Efecto de la época y la condición corporal sobre la actividad estral y ovárica en ovejas pelibuey*

<i>Variable</i>	<i>Época</i>		<i>Condición corporal</i>	
	<i>Agosto-nov.</i>	<i>Febrero-mayo</i>	<i>ACC</i>	<i>BCC</i>
Largo del estro (horas)	25.1±2.0	24.7±2.8	29.6±2.3	20.2±2.5
Largo del ciclo estral (días)	17.4±0.4	18.5±0.6	17.3±0.5	18.5±0.5
Promedio de folículos ≥ 4mm	2.0±0.06	1.4±0.07	2.0±0.16	1.4±0.19
Diámetro máximo del folículo (cm)	0.57±0.02	0.59±0.03	0.59±0.02	0.58±0.02
Tasa de ovulación	1.8±0.13	1.3±0.16	1.8±0.14	1.3±0.15

ACC= alta condición corporal; BCC= baja condición corporal.

Fuente: De la Isla-Herrera et al. (2010).

Estos autores no encontraron diferencias en el peso corporal, la condición corporal o los intervalos entre el parto y el primer y el segundo estro. Dicho resultados indican que esta estrategia de manejo no afectó la recuperación de las ovejas hasta el destete.

Amamantamiento

Uno de los principales factores que intervienen en la reanudación de la actividad ovárica después del parto es la lactancia. En los animales destetados, la duración del anestro posparto depende del momento del destete y se ha demostrado que la lactancia prolonga el periodo anovulatorio posparto en las ovejas. En la mayoría de los mamíferos, la lactancia suprime la fertilidad, es decir, el estado fisiológico de las hembras en el que las adaptaciones a la función hormonal se traducen en una reducción de las funciones reproductivas y en un anestro prolongado.

Se ha demostrado que la principal causa del anestro posparto no es el fracaso de la función ovárica, sino la inhibición de la secreción pulsátil de las hormonas reproductivas a nivel hipotalámico (GnRH, hormona liberadora de gonadotropinas y hormona luteinizante, LH) (Scaramuzzi et al., 2006). La lactancia activa un complejo sistema de respuestas cerebrales y hormonales que resultan en la reducción de la frecuencia y amplitud del pulso de LH, lo que altera la liberación de GnRH. Esto disminuye o impide el desarrollo folicular y la ausencia de folículos aptos para la ovulación. La calidad de los folículos y cuerpos lúteos creados después de la ovulación mejora y los embarazos viables pueden continuar. Lo anterior está directamente relacionado con la prolificidad, que se ha mejorado mediante la succión restringida y el destete temprano, incluso en la época de apareamiento. En la tabla 12 se observan los cambios que pueden producirse en las ovejas en función del tipo de amamantamiento. Se aprecia claramente que las ovejas que se destetaron tempranamente o cuyo amamantamiento fue restringido perdieron menos peso que las que tuvieron uno continuo.

Tabla 12. Cambios de peso (kg) de ovejas pelibuey con diferentes tipos de amamantamiento desde el parto hasta la semana ocho de lactación

Trat.	n	PP	Periodos (semanas de lactación)								Media
			1	2	3	4	5	6	7	8	
AC	20	42.1	40.4	39.5	38.4	38.4	38.6	36.9	37.8	36.8	38.7
AR	20	41.7	40.3	40.4	40.7	41.0	41.2	41.2	39.7	39.8	40.6
DP	20	42.0	40.3	40.5	40.9	41.1	41.7	41.7	42.0	42.1	41.3

AC= amamantamiento continuo; AR= amamantamiento restringido; DP= destete precoz; PP= peso al parto (kg). Fuente: Franco-Guerra et al. (2011).

Las concentraciones plasmáticas basales de cortisol (la hormona del estrés) fueron mayores en las ovejas lactantes que en las no lactantes. Durante la lactancia, aumenta la secreción basal de glucocorticoides y de la hormona adrenocorticotrópica (ACTH). Los glucocorticoides inhiben la secreción pulsátil de la GnRH y la LH en el hipotálamo y la hipófisis, lo que provoca retrasos en la oleada preovulatoria de la LH y, por lo tanto, en la ovulación. Además, se sugiere que los péptidos endógenos están implicados en la regulación de la actividad del eje GnRH/LH en rumiantes lactantes. Sin embargo, se sabe poco sobre este efecto.

En los trabajos de Aké-López et al. (2014) y Avendaño-Reyes et al (2007) en ovejas pelibuey, se evaluó el uso del tratamiento hormonal (esponjas intravaginales más gonadotropina coriónica equina, eCG) con destete a los siete o 40 días después del parto o lactancia restringida, observaron una mejora en la eficiencia reproductiva posparto en las ovejas, las cuales respondieron a los tratamientos hormonales si la lactancia se restringía a 30 minutos al día y si el destete comenzaba el séptimo día después del parto (.). El número de ovejas con signos externos de estro antes de los 30 días posparto fue mayor en las ovejas cuya lactancia se restringió o que fueron destetadas siete días después del parto. Según los autores mencionados, el porcentaje de ovejas preñadas fue superior en las destetadas, posiblemente porque las que no amamantaron tuvieron un CL de corta vida, que se puede producir como un efecto indirecto de la succión. La alta tasa de preñez con lactancia restringida y destete temprano puede explicarse por el hecho de que estos tratamientos reducen la duración del anestro posterior al parto, de modo que varias ovejas dentro de estos grupos tuvieron un ciclo antes de que se iniciaran los tratamientos hormonales.

Por otra parte, en otro estudio realizado con ovejas pelibuey se evaluó el efecto de la succión sobre el intervalo entre el parto y la primera ovulación. Los grupos experimentales fueron los siguientes: (1) succión continua, en la que los corderos permanecieron con la madre las 24 horas del día; (2) amamantamiento restringido, en el que los corderos mamaron dos veces al día durante 30 minutos, y (3) destete temprano, en el que los corderos fueron separados de las ovejas a los siete días de edad. El destete precoz y la lactancia controlada redujeron el intervalo entre el parto y la primera ovulación en comparación con la lactancia continua (39.0; 41.9 y 52.6 días,

respectivamente). Asimismo, con ovejas de las razas santa Inés y bergamasca, los autores compararon los regímenes de lactancia continua, lactancia limitada a dos veces al día y lactancia sólo por la noche. La lactancia limitada a dos veces al día redujo el intervalo parto-estro, comparado con la lactancia continua (36.7 frente a 49.1 días), y no hubo diferencias entre ambas razas. Sin embargo, la estrategia de manejo de la succión, el tipo de parto y la raza no afectaron a la reanudación de la actividad ovárica después del parto, que fue de 42.8 y 35.8 días en ambas razas, respectivamente.

Cabe señalar que la gestión de la succión puede causar estrés psicológico en las ovejas, lo que probablemente inhibe la secreción pulsátil de LH y provoca un retraso en la ovulación posparto. En el estudio de Franco-Guerra et al. (2011), el anestro posparto fue más corto en las ovejas pelibuey que estuvieron permanentemente con sus corderos (58.8 días), en comparación con las ovejas que sólo mamaron 17 horas al día (83.2 días). En este estudio, todas las ovejas sometidas a lactancia continua ovularon dentro de los 105 días posteriores al parto, mientras que sólo lo hizo el 64.7 % de las sometidas a lactancia controlada en el mismo periodo de tiempo.

Por lo tanto, se debe considerar que la reanudación del ciclo ovárico posparto en las ovejas se ve afectada por muchos factores, por ejemplo:

- La raza.
- Las estrategias de manejo nutricional.
- El manejo de la succión adoptado.
- La presencia de estímulos visuales y auditivos entre la oveja y el cordero.
- Los criterios utilizados para definir la reanudación de la actividad ovárica.

Esto podría explicar, en parte, las discrepancias en la literatura sobre las estrategias de manejo de la succión. No obstante, como se comprueba en Franco-Guerra et al. (2011), la succión controlada no afecta significativamente el momento de la primera ovulación en comparación con la succión continua o el destete precoz. Cabe señalar que, en el estudio anteriormente mencionado, el intervalo parto-primer estro se redujo cuando se utilizó una estrategia de manejo controlada de la succión (véase tabla 13).

Tabla 13. *Variables reproductivas de ovejas pelibuey con progestágenos bajo diferentes tipos de amamantamiento*

Trat.	N	% estros (30 d DP)	% estros (DT)	Intervalo (h) retiro de P4-estro	% Preñez	Prolificidad
AC	20	0	60	28.4	40	1.4
AR	20	20	95	22.7	75	1.8
DP	20	25	95	22.0	80	1.9

AC=amamantamiento continuo; AR= amamantamiento restringido; DP= destete precoz; d DP= días después del parto; DT= después de tratamiento.

Fuente: Franco-Guerra et al. (2012).

Por ejemplo, en la tabla 14, se observa el estudio realizado en ovejas pelibuey para determinar el efecto de una fuente de energía (aceite de soya) en dos épocas reproductivas. En ese estudio se concluyó que la administración de aceite de soya incrementa el tamaño de los folículos y afecta la tasa de ovulación de las ovejas a las que se suplementó en la época reproductiva. Chemineau et al. (2010) no encontraron diferencias en el intervalo entre el parto y la primera ovulación en las ovejas de la raza *Île-de-France*, las cuales amamantaron a sus corderos continuamente o sólo durante la noche.

Tabla 14. *Efecto del tipo de suplemento, la condición corporal y la época en las poblaciones foliculares y la tasa ovulatoria en ovejas pelibuey (época 1: marzo; época 2: noviembre, EE: error estándar)*

		Diámetro folicular $\pm$ EE			Tasa ovulatoria
	<i>n</i>	2-3 mm	4-5 mm	>6 mm	$\pm$ EE
Suplemento					
AS	64	8.03 $\pm$ 0.26	0.81 $\pm$ 0.08	1.10 $\pm$ 0.08	1.36 $\pm$ 0.09
CC	64	10.15 $\pm$ 0.26	0.84 $\pm$ 0.08	1.24 $\pm$ 0.08	1.24 $\pm$ 0.09
Condición corporal					
Alta	64	8.76 $\pm$ 0.26	0.81 $\pm$ 0.08	1.19 $\pm$ 0.08	1.28 $\pm$ 0.09
Baja	64	9.42 $\pm$ 0.26	0.74 $\pm$ 0.08	1.16 $\pm$ 0.08	1.18 $\pm$ 0.10
Época					
1	64	8.90 $\pm$ 0.26	0.75 $\pm$ 0.08	1.18 $\pm$ 0.08	1.23 $\pm$ 0.09
2	64	9.28 $\pm$ 0.27	0.90 $\pm$ 0.08	1.16 $\pm$ 0.08	1.57 $\pm$ 0.10

AS= aceite de soya; CC= concentrado comercial.

Fuente: Herrera-Corredor et al. (2010).

A diferencia de otros estudios, en los que se limitó la succión a dos periodos de 30 minutos en ovejas pelibuey, se observó una reanudación de la

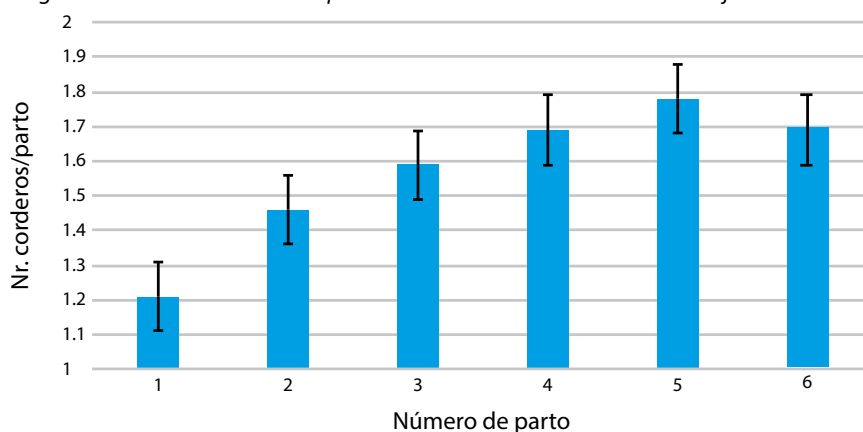
actividad ovárica posparto a los 53.6 días, en comparación con la lactancia continua, en la que los corderos permanecieron con sus madres durante 24 horas al día hasta los 60.5 días.

Franco-Guerra et al. (2011) evaluaron a ovejas pelibuey sometidas a succión continua y a otras que mamaban dos veces al día o sólo durante la noche. Observaron que las ovejas a las que no se les permitió la succión continua demostraron menos pérdida de peso y una mejor condición corporal. Según estos autores, este hallazgo podría estar asociado a una reducción de la intensidad o del tiempo que las ovejas permanecieron en un balance energético negativo, debido a su menor fatiga asociada con la succión y al hecho de que disponían de más tiempo para consumir alimentos. Sin embargo, Márquez et al. (2022) no encontraron diferencias en el aumento de peso, la condición corporal o las concentraciones de ácidos grasos no esterificados en las ovejas pelibuey en función de las diferentes estrategias de manejo de la succión (continuo o destete temprano controlado).

Herrera et al. (2011) mencionan que, en el caso de las ovejas pelibuey, una nutrición adecuada permite que una oveja con su cordero mantenga una buena condición corporal durante el periodo posparto, a pesar de las condiciones adversas asociadas a este periodo, lo que contribuye al restablecimiento del equilibrio de las funciones fisiológicas y endocrinológicas y, por tanto, a una mayor producción de leche para los corderos, así como a una reanudación de la actividad reproductiva. Esta capacidad de adaptación para reproducirse aun en condiciones adversas es característica de las razas de pelo originarias de África, donde la escasez de nutrientes es habitual. Por esta razón, importa desarrollarlas y mantenerlas como líneas maternas.

Sin embargo, está objetivamente comprobado que las ovejas tienen un potencial de desarrollo reproductivo en las distintas regiones de México en las que se explotan. Por tanto, es necesario evaluar cada una de las razas para poder informar a los productores sobre las ventajas que ofrece cada una y la mejor manera de incluirlas en sus programas de mejora y cruce. Tal es el caso de los resultados que se muestran en las figuras 24 y 25, correspondientes a rebaños *saint croix* de la Facultad de Agronomía. En primer lugar, como se puede observar en la figura 24, el número de corderos aumentó de manera progresiva hasta el quinto parto.

Figura 24. Efecto del número de parto sobre corderos nacidos vivos en ovejas saint croix



Fuente: Sánchez-Dávila et al. (2015).

Esto hace suponer que las ovejas de esta raza tienen la capacidad de adaptarse a condiciones semidesérticas y ambientes con altas temperaturas, como los del noreste de México donde se explotan. Cabe señalar que, en las ovejas de primer parto, el número de corderos nacidos vivos es dramáticamente menor, lo que se justifica por la pobre respuesta a la tasa de ovulación, dado que estas hembras deben finalizar su desarrollo y gran parte de los nutrientes que consumen se destinan a la manutención y el desarrollo. Es importante no descuidar su condición corporal, puesto que esto afectaría a la tasa de ovulación y, por lo tanto, al número de corderos nacidos vivos. Hay que tener en cuenta que las ovejas de esta raza se mantienen bajo un programa reproductivo de tres partos cada dos años en condiciones de pastoreo extensivo.

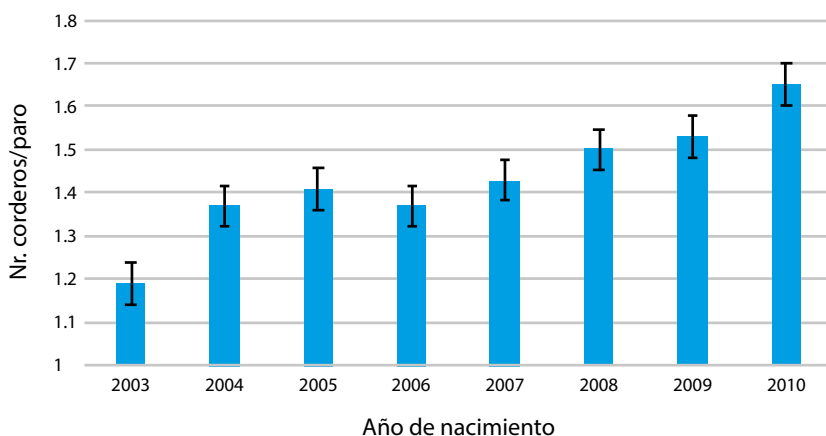
Es importante señalar que en explotaciones con condiciones de pastoreo y en una región semidesértica, las respuestas reproductivas en las diferentes épocas del año afectan al número de corderos nacidos. En este caso, en las condiciones en las que se explotan las ovejas de pelo, los parámetros reproductivos varían; sin embargo, existen dos opciones defendibles: la primera es la adaptación a climas extremos. Las razas de pelo son originarias de África y han desarrollado mecanismos para reproducirse en condiciones de baja disponibilidad de forraje, altas o bajas temperaturas y resistencia a parásitos. Anteriormente, se discutió sobre la respuesta de las ovejas *saint*

croix en función de la época del año para producir más corderos por parto. Estos eventos son importantes para poder determinar si las ovejas de pelo son estacionales, como reportan Sánchez-Dávila et al. (2011). Es significativo señalar que, bajo esquemas de buena selección de prolificidad a largo plazo, se puede mejorar esta característica. Sin embargo, en cualquier población de ovejas siempre habrá hembras que respondan a la época de empadre y presentarán una tasa de ovulación elevada. Lo importante es identificar a las ovejas que presentan partos dobles o múltiples repetidamente, y darles el seguimiento correspondiente. No obstante, se debe considerar la nutrición como un factor que modifica la tasa de ovulación y, por lo tanto, el número de crías por parto. Este tema se aborda en el capítulo 7. Es fundamental tener en cuenta que la falta de nutrientes durante el celo puede provocar desde la ausencia de celo hasta la pérdida de embriones en las primeras etapas de la gestación. Por tal razón, un objetivo que los productores deberían mantener es concentrar el manejo reproductivo para que las ovejas no pierdan su condición corporal, para lo cual se recomienda que siempre sea superior a 2.

Esto es especialmente importante en el caso de las ovejas primerizas, las cuales se ven más afectadas por mantener la lactancia, por seguir creciendo y reproducirse. Debido a esto, es fundamental desarrollar líneas de investigación que permitan evaluar y determinar el efecto de la suplementación con concentrados, suplementos y, sobre todo, con subproductos agrícolas en México, con el objetivo de mejorar la respuesta reproductiva. Además, se deben llevar a cabo líneas de investigación para estudiar la respuesta de las ovejas a los programas de *flushing* en las diferentes épocas del año, así como en distintas microrregiones climáticas de nuestro país.

Por otra parte, como se observa en la figura 24, mediante programas de selección basados en la información generada en este rebaño, se ha podido incrementar el número de corderos nacidos a lo largo de los años en los que se ha explotado esta raza entre los productores que la crían. Al ser una variable con muy baja heredabilidad ($h^2 = 0.10$), es importante llevar a cabo un control de información que incluya, además de partos dobles, el destete de los corderos con un buen peso a una edad determinada, la selección de hembras de reemplazo que provengan de partos dobles y la constancia en el intervalo entre partos (el cual no debe superar los 10 meses).

Figura 25. Efecto del año de nacimiento sobre el número de corderos nacidos vivos en ovejas saint croix (Sánchez et al., 2015)



Fuente: Sánchez et al. (2015).

Asimismo, es importante señalar que, con esquemas de manejo controlado y, sobre todo, cuidando la condición corporal, se pueden obtener altas tasas de producción de corderos. Por lo tanto, es imprescindible recordar que, entre los muchos factores que afectan al rendimiento reproductivo de las ovejas, la energía es el que más impacto tiene. Una ingesta insuficiente de energía, debido a la calidad o a la cantidad de la dieta, puede prolongar el anestro posparto. El consumo de energía afecta una amplia variedad de efectos a nivel ovárico y testicular, que influyen en el rendimiento reproductivo de los animales.

Sincronización del estro y la ovulación

La sincronización del celo en ovejas se centra en la manipulación de la fase lútea o folicular del ciclo estral, debido a que en esta especie es más larga y sensible a la manipulación. Se pueden emplear estrategias para extender la fase lútea, como el suministro de progesterona exógena, o para acortarla, mediante la regresión prematura del cuerpo lúteo existente. En México, las técnicas de sincronización del celo se han utilizado para conseguir una sincronía estrecha y proporcionar un nivel aceptable de fertilidad tras la inse-

minación artificial o la monta natural. Este último se realiza comúnmente con tratamientos de gonadotropinas. Una vez cumplidas estas condiciones, la sincronización de estros se convierte en la base del éxito de la IA y de los programas MOET (múltiple ovulación y transferencia de embriones).

Tratamientos hormonales

La sincronización del celo se ha convertido en una herramienta esencial para la gestión de la reproducción de las ovejas. Entre sus ventajas se encuentra la posibilidad de planificar un programa de mejora y la reducción de los costes de mano de obra para la detección del celo y el cuidado de los corderos recién nacidos. La sincronización del estro en ovejas se ha conseguido mediante el uso de esponjas intravaginales que contienen progestágenos sintéticos, como acetato de medroxiprogesterona y acetato de fluorogestágeno, en diferentes concentraciones y tiempos de retirada. En la mayoría de los casos, se aplica eCG (gonadotropina coriónica equina) a dosis de entre 200 y 500 UI al final del tratamiento con progestágeno, junto con PGF2 α , lo que da como resultado una variación de los resultados.

En cuanto a la sincronización del estro, es importante implementar la inseminación artificial a tiempo fijo para lograr una mayor precisión y fiabilidad. La tabla 15 ofrece un resumen general de las publicaciones más representativas sobre las razas ovinas de pelo que se explotan en México. En primer lugar, en cuanto a los resultados obtenidos, se puede observar que han variado desde un 45 %, en el caso de la sincronización con doble inyección de PGF2 α , hasta un 100 %. Tengamos en cuenta que el uso de productos hormonales, como la esponja vaginal o el CIDR, se desarrolló para obtener tasas de fertilidad de entre el 45 y el 86 % para las diferentes razas, junto con una tasa de prolificidad de entre 1.1 y 2.2. Estos resultados coinciden con la aplicación de altas dosis de eCG (PMSG), que sincroniza e incrementa la tasa de ovulación. Sin embargo, la mayoría de los trabajos se realizaron en ovejas pelibuey. Hoy en día, el desarrollo de razas prolíficas, como la *saint croix* y la *black belly*, debe tener la oportunidad de implementar estrategias para sincronizar el celo a través de metodologías que no utilicen hormonas esteroideas.

Tabla 15. Resumen de trabajos publicados en función de la sincronización del estro en ovejas de pelo explotadas en México

Autores	Raza	Protocolo utilizado	% Estros	% Preñez	Prolifidad	% Fertilidad
Cerón et al., 2012	Cruzamiento x pelibuey	Doble aplicación de PGF2a	64.3			
Aké-López et al., 2013	Pelibuey y black belly	Espojas de FGA 40 mg x 14 días	100	80.2	1.3 ± 0.1	70.2
Arroyo et al., 2013	Pelibuey, black belly, dorper	CIDR + 400UI eCG. Doble aplicación de PGF2a	100			
Rebolledo, 2007	Pelibuey,	Espojas de FGA + 200UI eCG x 12 días				33-89*
Aké-López et al., 2014	Pelibuey, black belly, saint croix, katahdin, dorper	Espojas de FGA; CIDR + 200 UI eCG. Por 12 días	89.3= FGA; 93.5= CIDR	77.3= FGA; 72.6= CIDR.		
Ponce et al., 2013	Pelibuey y pelibuey x romanov	Espojas de FGA + 220 UI de eCG POR 12 DÍAS	81.3			
Franco-Guerra et al., 2011	Pelibuey	Espojas de FGA + PGF2a + 300UI eCG	95.0		1.87 ± 0.3	77.5
Quiroz Ruiz et al., 2014	Pelibuey	Espojas de FGA + 300 UI eCG por 12 días	91.2	45.5	1.4	86.1
Reyna et al., 1994	Pelibuey	Doble aplicación de PGF2a	45.8-71.4			73.6-85.7
Avendaño-Reyes et al., 2007	Pelibuey	Espojas de FGA + 500UI eCG por 12 días	89.1		2.1-2.7	65.0
Quintero-Elisea et al., 2011	Pelibuey, Black Belly	Espojas de FGA + 100-400UI eCG	92.0	62.5-81.8	1.8-2.2 ± 0.3	41.1-81.8
Carrillo et al., 2007	Pelibuey	Espojas de FGA por 12 días	89.2			
Sosa-Pérez et al., 2014	Pelibuey	CIDR + 300 UI eCG por 9 días + 250 mg de bst.	89.0		2.2 ± 1.3	
Martínez et al., 2013	Pelibuey	Espojas de MPA + 200 UI eCG	100	33.3-60.0	1.2-1.4	
Carrera-Chávez et al., 2016	Pelibuey, black belly, dorper, katahdin	Espojas de FGA			1.25-1.28	33.5-44.3

FGA= acetato de fluorogestágeno; MPA= medroxiprogesterona; eCG= gonadotropina coriónica equina; bst= hormona del crecimiento; PGF2a= prostaglandina F dos alfa.

Fuente: Dr. Fernando Sánchez Dávila.

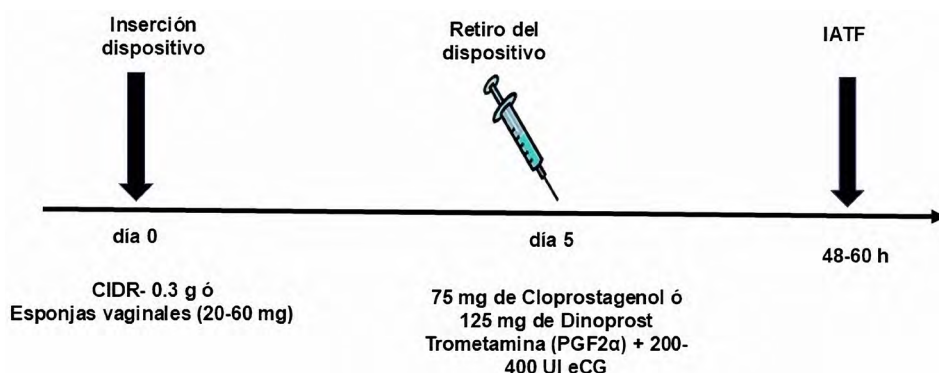
Hasta la fecha, la utilización de dispositivos vaginales sigue siendo el método principal para sincronizar el celo: se deja el dispositivo en la vagina de la oveja durante un periodo mínimo de cinco a 14 días. El objetivo es simular una fase lútea para que, al retirar el dispositivo, se pueda aplicar una segunda hormona que estimule la tasa de ovulación y, al mismo tiempo, la sincronice. Se han evaluado diferentes protocolos de sincronización del estro y la ovulación, como se muestra en la tabla 15.

Sin embargo, las ovejas de pelo que se explotan en México presentan poca estacionalidad y, en la actualidad, un porcentaje de ellas no presenta estro fuera de la estación reproductiva, por lo que es necesario cambiar las estrategias de sincronización del estro e implementarlas cuanto antes. En la actualidad, existe una corriente de investigación que surgió a principios del siglo XXI y que propone la producción de alimentos limpios, verdes y éticos. Los productores e investigadores tienen la responsabilidad de producir alimentos de origen animal sin utilizar hormonas ni antibióticos, con la finalidad de cuidar el medioambiente y garantizar la calidad del producto que se va a comercializar.

Teniendo en cuenta que no es necesario utilizar productos hormonales de forma constante en los citados programas de sincronización, sino que se emplean y desarrollan estrategias de sincronización del estro con bases sólidas, como el uso del efecto macho y la utilización de la PGF2 α en diferentes dosis y tiempos, junto con una corta suplementación (*flushing*) de al menos seis días antes del emparejamiento, se pueden lograr altas tasas de sincronización del estro, de ovulación y, por lo tanto, de preñez en las diferentes áreas agroecológicas en las que se explotan las ovejas en México. Por ejemplo, para utilizar el efecto macho es imprescindible desarrollar una línea de investigación que incluya la aplicación de diferentes dosis de PGF2 α en distintos momentos, con el fin de evitar el riesgo de contaminar la carne y la leche, ya que esta hormona se metaboliza rápidamente a través de los pulmones. Se deben considerar líneas de investigación relacionadas con la administración de diferentes dosis de prostaglandinas como alternativa eficaz en los programas de sincronización del estro, ya que actualmente se está promoviendo el consumo de alimentos orgánicos producidos en condiciones de mayor bienestar animal. En las siguientes figuras (26 a 30), se muestra esquemáticamente los diferentes protocolos de sincronización del celo

utilizados en las ovejas de pelo. No obstante, cabe recordar que la tendencia actual se encamina a evitar el uso de productos hormonales, sobre todo de larga duración, debido a los residuos que se producen con estas sustancias. También se debe considerar que, en el caso de las ovejas de pelo, existen otras alternativas, como el efecto macho, solo o combinado con prostaglandinas. Actualmente, se están empezando a evaluar los resultados prometedores obtenidos con esta técnica en otras razas de lana. Por lo tanto, es necesario incluirla como una línea de investigación que deben desarrollar los actuales expertos en reproducción ovina. Por ejemplo, en la figura 26, se muestra un protocolo de sincronización del estro en ovejas de pelo.

Figura 26. Protocolo corto de cinco días e inseminación artificial a tiempo fijo (IATF)



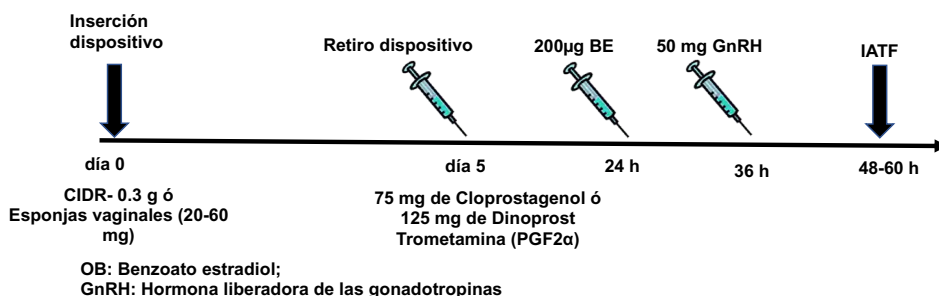
Fuente: elaboración propia.

Sin embargo, cuando se utiliza CIDR en lugar de esponjas vaginales, se obtienen otras ventajas adicionales, ya que puede emplearse dos veces más con duraciones cortas de cinco a seis días, lo que garantiza porcentajes de gestación superiores al 75 % y 81 %, respectivamente. Para poder reutilizarlos, es necesario lavarlos inmediatamente con agua y jabón neutro, dejarlos secar y guardarlos en un lugar seco y protegido de la luz solar.

Esto supondrá una ventaja económica, ya que el coste de los CIDR será menor que el de las esponjas vaginales. No obstante, se debe tener mucho cuidado con el estatus sanitario. Preferiblemente, se deben reutilizar en el mismo rebaño. Por otra parte, en la figura 27 se observa el mismo protocolo, pero en lugar de utilizar eCG, se utilizaría benzoato de estradiol (BE),

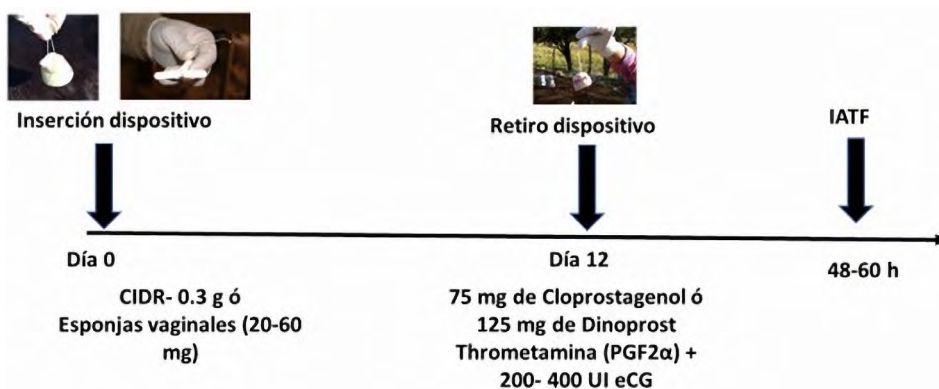
aplicado 24 horas después de retirar los dispositivos o bien aplicando GnRH 36 horas después de retirarlos. Estas dos últimas opciones han dado buenos resultados de preñez, iguales o ligeramente inferiores al 78 %. El objetivo de utilizar BE o GnRH es evitar la creación de anticuerpos, ya que, al utilizarlos de forma repetida, se reduce la respuesta a esta hormona y, por tanto, la fertilidad de las ovejas. Estos protocolos no se han evaluado en ovejas de pelo en México, por lo que esta sería una de las líneas de investigación a desarrollar en el futuro.

Figura 27. Protocolo corto de cinco días y sincronización de la ovulación con BE o GnRH



Fuente: Dr. Fernando Sánchez Dávila.

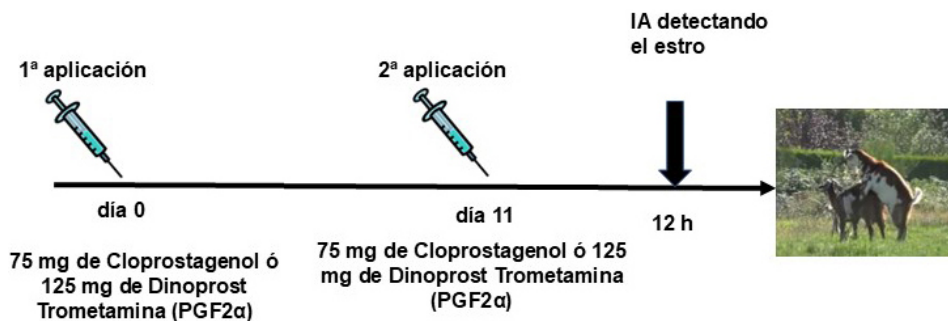
Figura 28 Protocolo de sincronización del estro de 12 días en ovejas



Fuente: elaboración propia.

Por otra parte, la figura 28 muestra el protocolo de sincronización tradicional de estros que se ha utilizado en la mayoría de los estudios mexicanos, sobre todo en ovejas pelibuey. Se trata de un protocolo que todavía hoy en día se utiliza, sobre todo en cabras, junto con la inseminación artificial. Posteriormente, en la figura 29, se presenta uno de los protocolos que durante mucho tiempo se dejó de lado, pero que actualmente ha recuperado fuerza gracias a la producción de alimentos éticos, verdes y libres de hormonas. Al ser hormonas que se metabolizan rápidamente en comparación con los esteroides que contienen los dispositivos, se han llevado a cabo estudios muy recientes que aplican la $\text{PGF2}\alpha$ hasta el día 11, es decir, hasta el día 14, para asegurar una mayor sensibilidad del cuerpo lúteo a las prostaglandinas y, por lo tanto, una mejor respuesta a la lisis del CL, así como una mayor cantidad de estros y ovulaciones. Además, se puede obtener un mayor porcentaje de preñez (superior al 60 %).

Figura 29. Protocolo de sincronización del estro utilizando prostaglandinas dentro de la época reproductiva

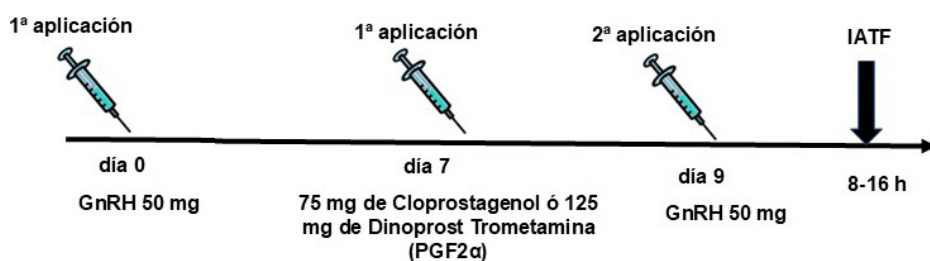


Fuente: elaboración propia.

Se debe tener en cuenta que el costo económico sería mucho más bajo que el de utilizar los dispositivos (hasta dos terceras partes del costo de estos). Ahora bien, la limitación que tiene es que sólo funciona cuando las ovejas presentan un cuerpo lúteo funcional, es decir, estas deben estar en celo para que la prostaglandina sea efectiva. En los trabajos resumidos en este apartado, sólo hubo una investigación que evaluó un protocolo de sincronización del celo aplicando únicamente prostaglandinas, sin obtener

resultados reproductivos destacados, más allá de un porcentaje de celo superior al 60 %. Es importante señalar que una limitación es que se requiere conocer con certeza si las ovejas no están gestantes, ya que, de lo contrario, se podría producir un aborto. Por este motivo, hoy en día se utiliza la ultrasonografía de manera rutinaria para determinar el estado reproductivo de las ovejas y, con base en ello, tomar la decisión de utilizar esta hormona.

Figura 30. Protocolo Ovsynch, sincronización del estro con prostaglandinas dentro de la época reproductiva. Inseminación artificial a tiempo fijo (IATF)



Fuente: elaboración propia.

A partir de este protocolo, se desarrolló en ganado lechero y, posteriormente, en pequeños rumiantes (sobre todo en cabras) el protocolo Ovsynch, el cual consiste en dos aplicaciones de GnRH (hormona liberadora de las gonadotropinas) con un intervalo de nueve días (véase figura 30), acompañadas de una aplicación de PGF2α (hormona que se libera para la destrucción del cuerpo lúteo y que permite reiniciar un nuevo ciclo estral) dos días antes de la segunda aplicación de GnRH, es decir, el día siete. Este protocolo se ha utilizado con mucho éxito en ganado lechero, puesto que la respuesta ovulatoria se sincroniza firmemente y se produce aproximadamente entre las 26 y las 32 horas después de la segunda inyección de GnRH. Por lo tanto, una inseminación cronometrada entre las 17 y las 24 horas posteriores a la segunda inyección de GnRH debe resultar en una alta probabilidad de concepción. Quizás este protocolo Ovsynch no se haya utilizado en ovejas, ya que se puede asociar principalmente con una alta incidencia de anestro (ausencia de celo) posterior al parto, sobre todo si se presenta una mala condición corporal y la presencia de más de un cordero lactante.

Efecto macho

Se considera que los ciclos reproductivos de los animales obedecen a situaciones que, al ser interpretadas, determinan si se presentan o no. La actividad sexual de la mayoría de los machos sólo se inicia si se cumple la siguiente regla: “Las condiciones del medio ambiente en el momento del apareamiento deberán ser tales que aseguren una alta probabilidad de supervivencia tanto de la cría como de la madre” (Aguirre et al., 2007). Se sabe que el animal utiliza una serie de mecanismos complejos para informarse sobre el estado actual del medio, los cuales, durante su evolución, le han permitido prever sus características en un periodo determinado (las estaciones del año).

Un elemento que regula los ciclos reproductivos y su expresión en los ovinos, aparte del fotoperiodo, es la presencia de compañeros con actividad sexual manifiesta. La aparición de actividad reproductiva al inicio de la estación natural de apareamiento se acelera si hay machos activos o hembras en celo en el rebaño. El papel estimulante que desempeña la presencia del macho sobre la actividad sexual de las hembras en anestro se conoce como “efecto macho”, mientras que cuando dicha estimulación obedece a la presencia de hembras sexualmente activas, el fenómeno se conoce como “efecto hembra”. En ovejas en anestro estacional, la introducción repentina del macho provoca la reanudación de la actividad reproductiva cíclica. De las hembras expuestas al semental, un alto porcentaje ovula en los primeros tres a cinco días.

Los diferentes estudios realizados por grupos de investigadores establecen que la introducción del macho desencadena un rápido aumento de la frecuencia de liberación de pulsos de la hormona luteinizante (LH) en la hembra, seguido de un pico preovulatorio de la misma gonadotropina y de la ovulación (Delgadillo et al., 2009). El efecto del macho constituye un estímulo social que activa la fase reproductiva de las ovejas hembra. Los primeros indicios de este fenómeno se encuentran en el estudio de Underwood et al. (1944), quienes demostraron la relación directa entre la fecha de introducción del carnero en el rebaño y la época de partos. A partir de esto, observaron que las montas ocurren entre 20 y 25 días después del primer contacto entre animales de distinto sexo. Desde ese momento, el

efecto macho se ha estudiado con bastante profundidad en el caso de las ovejas y se ha centrado en algunos aspectos particulares que expondremos a continuación.

En el caso de las ovejas de pelo explotadas en México, los estudios sobre el efecto macho se han centrado principalmente en la raza pelibuey, sobre la que se ha establecido el siguiente criterio: las ovejas no presentan un anestro estacional tan profundo como las de lana, por lo que la respuesta al introducir el carnero es inmediata y la expresión del estímulo es más marcada en las ovejas adultas que en las corderas. Por ejemplo, en un estudio realizado con corderas pelibuey se observó que la combinación del efecto macho con la administración de una fuente de energía aumentaba la tasa de ovulación hasta en un 22.6 % en comparación con los animales que no recibieron suplementos (véase tabla 17). En otros trabajos, se han reportado incrementos en la tasa de ovulación de hasta un 17 %. Los informes de las investigaciones realizadas se han centrado principalmente en la presencia del estro, y sólo unos pocos investigadores han abordado el porcentaje de preñez y las tasas de prolificidad debidas a la introducción del macho (véase tabla 16).

Tabla 16. *Cantidad de cuerpos lúteos en ovejas pelibuey prepúberes en respuesta a dos niveles del reconstituyente energético comercial y el efecto macho*

<i>Tratamientos</i>	<i>n</i>	<i>Ovejas que ovularon (n)</i>	<i>Cuerpos lúteos (n)</i>	<i>Tasa ovulatoria</i>
Ovejas testigo	12	0	0	0.00 ^a
Ovejas con reconstituyente energético y sin efecto macho	12	2	2	0.17 ^a
Ovejas sin reconstituyente energético y con efecto macho	10	7	7	0.70 ^b
Ovejas con reconstituyente energético y con efecto macho	12	9	9	0.75 ^b

Fuente: Hernández-Marín et al. (2016).

Sin embargo, se debe considerar que la mayoría de las investigaciones realizadas han determinado que hay un porcentaje de ovejas que presentan un ciclo reproductivo continuo, independientemente de la presencia del carnero. Por lo tanto, los estudios realizados en ovejas de pelo en México se han centrado en el efecto del macho sobre el reinicio de la actividad ová-ri-

ca en diferentes épocas del año y no tanto en la presencia del macho para sacar a las ovejas de pelo del anestro.

Por ejemplo, un estudio realizado en 2011 con ovejas pelibuey (véase tabla 18) determinó que el porcentaje de ovulación resultó superior en las ovejas que estuvieron expuestas al carnero y que estaban amamantando de forma continua. A estas le siguieron aquellas que lo hacían de forma controlada.

Tabla 17. *Reporte de trabajos realizados en ovejas de pelo, evaluando el efecto macho*

<i>Autores</i>	<i>Raza</i>	<i>% Estros</i>	<i>% Preñez</i>	<i>IPPE</i>	<i>% Fecundidad</i>	<i>Prolificidad</i>
Ugalde y Sanguines, 2012	Pelibuey	89.2				1.28
Valencia et al., 2006	Pelibuey	> 60% en adultas y de 40-50% en corderas				
Álvarez y Andrade, 2008	Pelibuey	62 %				
Rojero et al., 1998	Pelibuey	74		67.8		
Hernandez-Marin et al., 2016	Pelibuey	Incremento la tasa de ovulación en un 17 %				
Gutiérrez et al., 1991	Pelibuey y Black Belly	96.7 para pelibuey; 81.0 para Black Belly	83.9 para Pelibuey; 79.1 para Black Belly			
Morales-Terán et al., 2011	Pelibuey	Efecto sobre el % de estros y la tasa de ovulación antes de los 60 días.				

Fuente: Dr. Fernando Sánchez Dávila.

Otro estudio realizado en ovejas *saint croix* (véase tabla 19) se centró en el efecto del carnero sobre la reanudación de la actividad ovárica y concluyó que las corderas de primer parto tardan hasta seis días más en presentar el estro después del destete, independientemente de la época del año en que se haya producido el parto.

Tabla 18. *Eficiencia reproductiva posparto en ovejas pelibuey manejadas bajo amamantamiento continuo o restringido, expuestas o no expuestas al carnero, durante los primeros 60 días posparto*

<i>Tratamiento</i>	<i>N</i>	<i>Ovejas que ovularon (%)</i>	<i>Días a la 1ª ovulación</i>
Continuo amamantamiento sin presencia del carnero	14	35.7 ^a	56.7±1.7 ^a
Amamantamiento controlado sin presencia del carnero	14	57.1 ^b	51.1±3.2 ^a
Amamantamiento continuo con presencia del carnero	14	64.8 ^b	50.5±3.2 ^a
Amamantamiento restringido sin la presencia del carnero	14	100.0 ^c	42.1±2.8 ^b

Medias con diferente superletra en diferentes columnas son estadísticamente ($P \leq 0.05$).

Fuente: Morales-Terán et al. (2011).

Sin embargo, la presencia del celo dependerá de la disponibilidad de nutrientes. Así, en la misma raza se ha determinado que, al introducir el carnero con las ovejas cuando se superaron los 200 mm de precipitación pluvial, las ovejas presentaron el estro en promedio a los cinco días de introducir los carneros en la época de verano (véase tabla 20). Esto confirma una vez más la capacidad de respuesta de las razas de pelo cuando se conjuga la disponibilidad de nutrientes con la temperatura ambiental (disminución del estrés calórico). Otros estudios realizados en ovejas *suffolk* en anestro evaluaron los sementales de la misma raza y de la raza *saint croix* para determinar cuál de las dos razas de sementales era capaz de sacar a las ovejas *suffolk* del anestro. Los resultados, tras monitorizar la actividad ovárica y sexual de los carneros, mostraron que los carneros *saint croix* estimularon a las 30 ovejas expuestas en su totalidad y fueron más eficientes que los carneros *suffolk*. Por lo tanto, es importante reconocer el gran valor reproductivo de las razas de pelo para destacar su importancia en los ciclos reproductivos y productivos de los rebaños ovinos.

Tabla 19. *Efecto de la interacción: época de empadre x precipitación pluvial sobre el intervalo introducción del carnero-estro posparto en ovejas saint croix*

<i>Precipitación total (mm) durante el mes anterior y en los 35 días que duro el empadre</i>			
<i>Época:</i>	<i>0-99</i>	<i>100-199</i>	<i>Más de 200</i>
Primavera	19.0±0.4 (44)	21.3±0.4 (24)	-
Verano	14.1±0.3 (14)	24.5±0.3 (29)	4.81±0.5 (33)
Otoño	13.5±0.6 (83)	10.2±0.5 (191)	14.5±0.3 (190)
Invierno	6.8±0.3 (183)	11.1±0.5 (68)	-

Fuente: Sánchez et al. (2011).

En otros experimentos con ovejas katahdin, la introducción del carnero en el momento del destete o una semana después del parto no provocó este efecto (adelantamiento del celo) ni afectó la tasa de gestación de ambos grupos de ovejas. En este caso, el trabajo se realizó en la época de otoño, cuando la presencia del estro y la fertilidad son más elevadas en comparación con otras épocas del año (véase tabla 20). En este contexto, el uso del efecto macho se ha utilizado en razas de pelo para reactivar la función ovárica y no tanto para sacarlas del anestro estacional. Con los manejos que se han evaluado, se requiere más información sobre la importancia de disminuir el intervalo destete-estro en los parámetros reproductivos más importantes de un rebaño ovino: la cantidad de partos por oveja al año y el número de corderos por oveja. El criterio es que hayan pasado tres meses desde que pare la oveja hasta que sea gestante para poder mantener el objetivo de tres partos cada dos años y una prolificidad de 1.5 crías por parto.

Tabla 20. Respuesta reproductiva (entre paréntesis porcentajes) de ovejas kathadin que fueron destetadas o estaban amamantando al momento de introducir el carnero durante el periodo posparto en la época reproductiva

	Ovejas destetadas	Ovejas amamantando
0-17 días		
Ovejas en estro	17/26(65.4)	16/26(73.1)
Intervalo al estro (d)	7.6±1.4	10.6±1.3
Tasa de concepción	9/17(52.9)	12/19(63.1)
0-30 días		
Ovejas en estro	26/26(100)	25/26(96.2)
Intervalo al estro (d)	12.2±1.6	13.1±1.3
Intervalo del nacimiento al estro (d)	40.4±2.2	42.0±1.6
Tasa de concepción	22/26(84.6)	21/25(84.0)
Tasa de preñez	22/26(84.6)	21/26(80.1)

Fuente: Ungerfeld y Sánchez (2012).

Mejoramiento genético de los parámetros reproductivos

Las ovejas de pelo son las principales contribuyentes a la producción ganadera mundial de esta especie en prácticamente todas las regiones agroeco-

lógicas. La variación genética del potencial reproductivo entre las poblaciones es elevada, y la variación dentro de las poblaciones es adecuada para llevar a cabo un mejoramiento genético. Se debe tener en cuenta que este potencial reproductivo puede aprovecharse, en gran medida, debido a varios factores, como la larga estación reproductiva, la alta tasa de ovulación y la temprana edad de parto de estas razas de pelo, todo lo cual se puede asociar con una buena gestión, alimentación y recursos naturales de cada región en la que se explota en México.

En muchas partes del mundo, las ovejas de pelo se crían en condiciones extensivas en regiones áridas o semiáridas, con poca o ninguna suplementación de nutrientes. Así, las épocas de apareamiento han evolucionado para sincronizar los partos en épocas en las que haya disponibilidad de forraje, y la presencia de partos gemelares es, a menudo, escasa. Sin embargo, la creciente demanda mundial de alimentos ha intensificado la producción ovina, lo que obliga a aumentar los insumos de alimentos, mano de obra y gestión. Estos cambios en las condiciones de producción están asociados a un mayor rendimiento reproductivo de las ovejas, lo que nos lleva a preguntarnos cómo mejorar el potencial reproductivo sin comprometer la eficiencia productiva. Por lo tanto, el establecimiento de programas óptimos de reproducción implica el uso adecuado de la variación genética entre razas y dentro de ellas, así como el uso sensato de genes importantes (especialmente los relacionados con la tasa de ovulación). Esta estrategia es apropiada para los países en desarrollo y para las economías de mercado más desarrolladas.

Las razas de pelo presentan tasas de ovulación hasta tres veces superiores a las de lana, sobre todo en entornos de producción favorables. También pueden controlar sus tasas de ovulación cuando los recursos alimenticios del entorno en el que se explotan son limitados. El control genético de la tasa de ovulación en muchas razas prolíficas es poligénico, lo que implica un gran número de genes con un pequeño efecto individual. Por lo tanto, es importante prevalecer y multiplicar las razas de pelo que se explotan en México, ya que, al ser razas prolíficas, se podrán introducir genes importantes para la tasa de ovulación y se conseguirá un aumento sustancial en el número de crías por parto. Los índices de heredabilidad obtenidos para estas características son: 0.15 para la tasa de ovulación, 0.13 para la prolifi-

cidad y 0.05 para el número de corderos destetados. Estos valores son bajos y, aunque existe una variación fenotípica sustancial para estas características, el aumento potencial del tamaño de la camada mediante la selección rara vez supera los 0.02 corderos por parto al año. Debido a lo anterior, la selección dentro de la raza para el tamaño de la camada se recomienda como estrategia de mejora genética primaria sólo si la adaptación de la raza explotada al medioambiente se encuentra establecida desde hace tiempo y sigue siendo crítica o, también, si un aumento de 0.10 corderos por parto o menos es adecuado para optimizar la producción.

Por otra parte, el uso de genes importantes para aumentar la prolificidad plantea oportunidades y desafíos únicos. Varias mutaciones en genes implicados en la tasa de ovulación aumentan el tamaño de la camada en 0.5-1.0 corderos por parto en individuos heterocigotos, y pueden repetirse en cualquier raza mediante retrocruzamiento repetido y pruebas de ADN, lo que da como resultado una mayor velocidad de ovulación en un fondo genético que, de otro modo, no habría sido modificado.

El uso de genes con mutaciones en BMP15 (FecX) o GDF9 es especialmente difícil, ya que las ovejas homocigotas son infértiles. Esto implica normalmente el acoplamiento de machos portadores y hembras con pruebas de ADN de la descendencia para identificar a las hembras heterocigotas deseadas. Por tanto, es necesario identificar de forma individual a los animales (al menos con respecto al genotipo), realizar pruebas de ADN con regularidad y controlar el cruzamiento, lo que puede impedir el uso efectivo de estos genes en un programa de mejora extenso o mal controlado. Por lo tanto, los programas de mejora genética de las características reproductivas requieren protocolos eficaces para mantener una base de datos lo más fidedigna posible, en la que el árbol genealógico completo permita obtener valores genéticos estimados con alta fiabilidad y que maximice así las tasas de mejora genética.

Cuando la raza de pelo seleccionada se haya adaptado y se hayan establecido las estrategias para utilizar los genes principales, el seguimiento y la optimización adicional del tamaño de la camada se podrán lograr mediante el registro relativamente sencillo del tamaño de la camada al nacer y del destete de los rebaños. La evaluación directa de la tasa de ovulación es

difícil de establecer debido a su correlación con el tamaño de la camada al nacer.

En todo caso, se recomienda registrar el tamaño de la camada al destete, especialmente si la incidencia de tripletes o nacimientos de mayor peso es relativamente alta en un rebaño. La mortalidad de corderos antes del destete en camadas grandes puede superar el 50 %, por lo que es importante medir directamente el tamaño de la camada al destete para identificar ovejas con elevadas tasas de ovulación y una tasa de supervivencia deseable de los corderos.

Por tanto, es imprescindible comenzar a utilizar el mejoramiento genómico de las razas de pelo que se explotan en México para identificar la presencia de genes con mutaciones que aumenten la tasa de ovulación. Por otra parte, los productores de estas razas deben realizar un gran esfuerzo para llevar a cabo un programa de mejora genética basado en la información generada en cada rebaño que permita identificar a las hembras con una alta tasa de prolificidad y que también permita hacer un seguimiento adecuado para detectar posibles poblaciones prolíficas dentro y entre rebaños. Actualmente, la selección genética en el caso de las ovejas de pelo, en particular en México, se basa únicamente en la información generada por el propio productor, sin ningún fundamento de mejoramiento genético a largo plazo.

7. Identificación de áreas de oportunidad y necesidades de investigación

A pesar de las investigaciones sustantivas que se han llevado a cabo sobre la reproducción de las ovejas de pelo en México, se ha ignorado o abordado de forma insuficiente una serie de temas, lo que destaca la necesidad de que los centros nacionales que proporcionan los recursos económicos continúen financiando la investigación a nivel nacional. Además, es necesario seguir desarrollando la capacidad de los investigadores mexicanos, pues hay una escasez de estos profesionales y muchos expertos en fisiología reproductiva y reproducción se están jubilando, por lo que es importante aplicar los conocimientos generados por los investigadores en el área de la reproducción de las ovejas. Por ello, consideramos necesarias las siguientes acciones:

1. Ampliar la investigación para estudiar una selección más diversa de razas de pelo. La mayor parte de la investigación existente se centra en la raza pelibuey. El estudio de diferentes razas de ovejas de pelo en México, ampliamente distribuidas en las diferentes áreas agroecológicas del país, ayudará a obtener más información sobre su potencial reproductivo y su rendimiento.
2. Aumentar la evaluación de los parámetros reproductivos basándose en medidas de campo a escala real, en lugar de que los datos sean obtenidos en los centros de investigación.
3. Investigar protocolos que utilicen productos no progestagénicos para la sincronización del celo. Asimismo, aumentar el interés por los pro-

tolos de sincronización que evitan el uso de progestágenos sintéticos, ya que estos tienen la reputación de provocar un “celo no limpio” y generar altos niveles de residuos en los productos finales. Las razas de ovejas de pelo de México, debido a su carácter no estacional o poco estacional, pueden ser altamente sensibles a los protocolos que asocian prostaglandinas y GnRH, programados según la disponibilidad de nutrientes en cada evento de sincronización de estros. En este caso, el celo resultante es más natural, lo que puede promover mayores tasas de concepción e incrementar la prolificidad.

4. Reforzar y desarrollar la investigación relacionada con la reproducción del carnero, sus interacciones sociales y sexuales, y su efecto sobre un grupo de ovejas en celo. Evaluar el comportamiento sexual y la calidad seminal de las cinco razas de pelo más importantes de México.
5. Aunque se han llevado a cabo programas de inseminación artificial (IA), no se ha estudiado la respuesta de las razas de pelo de México a esta práctica. Dichos programas deben integrar los resultados de campo en líneas de investigación de alto impacto que fortalezcan esta técnica, pues es un componente importante para apoyar la mejora genética y para incrementar la eficiencia de los programas de mejora basados en ovejas de pelo de los productores nacionales.
6. Desarrollar la investigación relacionada con la genómica de los rasgos reproductivos. Numerosos estudios con ovejas han indicado que la tasa de ovulación y el tamaño de la camada están regulados genéticamente por los genes de fecundidad (Fec). Se han encontrado numerosas mutaciones en estos genes que se asocian con alteraciones en la función ovárica. En las ovejas, todas estas mutaciones muestran el mismo fenotipo: las ovejas portadoras homocigotas son estériles y las portadoras heterocigotas presentan una mayor tasa de ovulación. La investigación futura debería centrarse en identificar estas mutaciones. La incorporación de estas mutaciones en programas de selección bien diseñados puede dar como resultado una mejora genética rápida de la eficacia reproductiva. Esta línea de investigación ya se ha desarrollado a través de la UNO (Organismo de la Unidad Nacional de Ovinocultores).

Conclusión

Esta obra abarca los temas reproductivos más importantes de las razas de ovejas de pelo y hace hincapié en la importancia de los factores ambientales y nutricionales que afectan a la eficiencia reproductiva de machos y hembras desde la pubertad. Por ello, abordamos temas clave en la gestión y mejora de la eficiencia reproductiva de las hembras, incluyendo estrategias de alimentación y programas de sincronización del celo y la ovulación. También describimos el uso del efecto macho en las razas de pelo y su impacto en el número de partos por oveja y año. Explicamos la manera de elevar la productividad mediante la evaluación y el análisis de los parámetros reproductivos. Actualmente, la mayoría de las razas de pelo presentan poca o nula estacionalidad, lo que las convierte en una buena opción para el cruzamiento terminal como línea materna y, en algunos casos especiales, como línea terminal. Este libro fue dirigido a productores, estudiantes y profesionales de la ciencia animal, especialmente a los dedicados a las ovejas, para que puedan aprender de manera más sencilla y comprensible los temas reproductivos que se detallan para la oveja y el carnero.

Referencias

- Abecia, J. A., Forcada, F., & González-Bulnes, A. (2012). Hormonal control of reproduction in small ruminants. *Animal Reproduction Science*, 130, pp. 173-179. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2012.01.011>
- Aguirre, V., Orihuela, A., & Vazquez, R. (2007). Seasonal variations in sexual behavior, testosterone, testicular size and semen characteristics, as affected by social dominance, of tropical hair rams (*Ovis aries*). *Animal Science Journal*, 78, pp. 417-423. <https://doi.org/10.1111/j.1740-0929.2007.00456.x>
- Aguirre, V., Orihuela, A., & Vázquez, R. (2007). Effect of semen collection frequency on seasonal variation in sexual behaviour, testosterone, testicular size and semen characteristics of tropical hair rams (*Ovis aries*). *Tropical animal health and production*, 39, pp. 271-276. <https://doi.org/10.1007/s11250-007-9010-8>
- Aguilar-Urquizo, E., Sanginés-García, J. R., Delgadillo, J. A., Capetillo-Leal, & C., Torres-Acosta, J. F. J. (2013). The onset of puberty of Pelibuey male hair sheep is not delayed by the short term consumption of *Morus alba* or *Hibiscus rosa-sinensis* foliage. *Livestock Science*, 157, pp. 378-383. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.05.031>
- Aké-López, J. R., Casanova-Estrella, G., Centurión-Castro, F. G., & Aké-Villanueva, J. R. (2013). Efecto de la condición corporal sobre la sincronización del estro, fertilidad y prolificidad de ovejas de pelo. *Bioagrocencias*, 6, pp. 34-38.
- Aké-López, J. R., Centurión-Castro, F. G., Magaña-Monforte, J. G., & Aké-Villanueva, J. R. (2014). Efecto del progestágeno y de 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, pp. 261-268. <https://era.ujat.mx/rera/en/article/view/653/563>
- Álvarez, L., y Andrade, S. (2008). El efecto macho reduce la edad al primer estro y ovulación en corderas Pelibuey. *Archivos de Zootecnia*, 57, pp. 91-94. <https://www.re-dalyc.org/pdf/495/49521714.pdf>
- Almeida, A. M. (2011). The Damara in the context of Southern Africa fat-tailed sheep

- breeds. *Tropical animal health and production*, 43(7), pp. 1427-1441. <https://doi.org/10.1007/s11250-011-9868-3>
- Andrade, O., Vázquez, R., Orihuela, A. (2010). Sexual Behaviour of Hair Rams (*Ovis aries*) Subjected to Frequent Collection and Free from Habituation to the Female. *Journal of Applied Animal Research*, 37, pp. 121-124. <https://doi.org/10.1080/09712119.2010.9707108>
- Andrade-Montoya, A. M., Torres-Hernández, G., Martínez-Rojero, R. D., González-Camacho, J. M., González-Garduño, R. y Arece-García, J. (2015). Efecto del color de la capa externa en la edad al primer parto, prolificidad e intervalo entre partos en un rebaño de ovejas de pelo en Campeche, México. *Archivos de medicina veterinaria*, 47, pp. 27-31. <http://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X2015000100006>
- Arroyo, J. (2011). Estacionalidad reproductiva de la oveja en México. Tropical and sub-tropical agroecosystems. 829-845. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-04622011000300001
- Avendaño-Reyes, L., Álvarez-Valenzuela, F. D., Molina-Ramírez, L., Rangel-Santos, R., Correa-Calderón, A., Rodríguez-García, J., & Fámula, T. R. (2007). Reproduction performance of Pelibuey ewes in response to estrus synchronization and artificial insemination in Northwestern Mexico. *Journal of animal and veterinary Advances*, 6, pp. 807-812.
- Behrens, H. (1986). *Lehrbuch der Schafkrankheiten*. Ed Blackwell Wissenssch.
- Budai, C., Gavojdian, D., Kovács, A., Negrut, F., Oláh, J., Toma Csiszter, L., Kusza, S., & Jávor, A. (2013). Performance and adaptability of the Dorper sheep breed under Hungarian and Romanian rearing conditions. *Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies*, 46, pp. 344-349. <https://dea.lib.unideb.hu/server/api/core/bitstreams/e4861151-1074-4b9e-b60c-2aa16b45e050/content>
- Bradford, G. E., & Quirke, J. F. (1986). Ovulation rate and litter size of Barbados, Targhee and crossbred ewes. *Journal of Animal Science*, 62, pp. 905-909. <https://doi.org/10.2527/jas1986.624905x>
- Burke, J. M., Jackson, W. G., & Robson, G. A. (2002). Seasonal changes in body weight and condition, and pregnancy and lambing rates of sheep on endophyte-infected tall fescue in the south-eastern United States. *Small Ruminant Research*, 44, 141-151. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(02\)00045-7](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(02)00045-7)
- Cárdenas Sanchez, J. A. (1995). Age at first partum in Pelibuey and Black belly sheep handled with three breeding in two years. *Veterinaria México*, 4, pp. 23-28.
- Cárdenas-Gallegos, M. A., Aké-López, J. R., Centurión-Castro, F., & Magaña-Monforte, J. G. (2012). The breed and season effects on scrotal circumference and semen characteristics of hair sheep rams under tropical conditions. *Reproduction in Domestic Animals*. 47: e92-e94. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2012.02001.x>
- Cárdenas-Gallegos, M. A., Aké-López, J. R., Magaña-Monforte, J. G., & Centurión-Castro, F. G. (2015). Libido and serving capacity of mature hair rams under tropical environmental conditions. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 47, pp. 39-44. <https://doi.org/10.4067/S0301-732X2015000100008>
- Carrera-Chávez, J. M., Hernández-Cerón, J., Aréchiga-Flores, C. F., López-Carlos, M. A.,

- Lozano-Domínguez, R. R., Quezada-Casasola, A., & Echavarría-Cháirez, F. G. (2016). Lambing rate and prolificacy in inseminated hair sheep treated with bovine somatotropin. *Tropical Animal Health and Production*, 48, pp. 699-703. <https://doi.org/10.1007/s11250-016-1000-2>
- Carrillo, F., Hernández-Cerón, J., Orozco, V., Hernández, J. A., & Gutiérrez, C. G. (2007). A single dose of bovine somatotropin 5 days before the end of progestin-based estrous synchronization increases prolificacy in sheep. *Animal Reproduction Science*, 102, pp. 31-37. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2006.09.024>
- Chemineau, P., Bodin, L., Migaud, M., Thiéry, J. C., & Malpau, B. (2010). Neuroendocrine and genetic control of seasonal reproduction in sheep and goats. *Reproduction in Domestic Animals*, 45, pp. 42-49. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2010.01661.x>Digital Object Identifier (DOI)
- Clemente, N., Orihuela, A., Flores-Pérez, I., Aguirre, V., Ortiz, A., Solano, J., Valencia, J. (2012). Reproductive activity of Suffolk ewes in seasonal anestrus after being exposed to Saint Croix or Suffolk rams. *Journal of Applied Animal Research*, 40, pp. 203-207. <https://doi.org/10.1080/09712119.2012.658060>
- Cloete, S. W. P. y De Villiers, T. T. (1987). Production parameters for a commercial Dorper flock on extensive pastures. *South African Journal of Animal Science*. 17, pp. 121-127. <https://www.sasas.co.za/journals/production-parameters-for-a-commercial-dorper-flock-on-extensive-pastures/>
- Covarrubias-Ponce, J.L., Macías-Cruz, U., Valenzuela-Álvarez, F. D., Sandoval, M.A., Avendaño-Reyes, L., Águila-Tepato, E. (2012). Desempeño al parto y al destete de ovejas Pelibuey y sus cruas con Romanov sincronizadas con progestágenos y diferentes dosis de eCG. *Abanico Veterinario*. 25-32. <https://www.medigraphic.com/pdfs/abanico/av-2012/av122d.pdf>
- Delgadillo, J. A., Gelez, H., Ungerfeld, R., Hawken, P. A., & Martin, G. B. (2009). The 'male effect' in sheep and goats—revisiting the dogmas. *Behavioural brain research*, 200, pp. 304-314. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2009.02.004>
- De la Isla Herrera, I., Aké López, J. R., Ayala Burgos, A., & González-Bulnes, A. (2010). Efecto de la condición corporal y la época del año sobre el ciclo estral, estro, desarrollo folicular y tasa ovulatoria en ovejas Pelibuey mantenidas en condiciones de trópico. *Veterinaria México*, 41, pp. 167-175. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-50922010000300001
- De Lucas Tron, J., Zarco Quintero, L. A. y Vásquez Peláez, C. (2008). El efecto macho como inductor de la actividad reproductiva en sistemas intensivos de apareamiento en ovinos. *Veterinaria México*, 39, pp. 117-127.
- FAO (2025). *Data Faostat*. Food and Agriculture Organization.
- E., Cohen, D., & Dayenoff, P. (1985). Characteristics and indices of reproduction in Dorper sheep. *Journal of the South African Veterinary Association*. 56, pp. 127-130.
- Fierro, S., Gil, J., Viñoles, C., & Olivera-Muzante, J. (2013). The use of prostaglandins in controlling estrous cycle of the ewe: A review. *Theriogenology*, 79, pp. 399-408. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2012.10.022>
- Forcada, F., & Abecia, J. A. (2006). The effect of nutrition on the seasonality of repro-

- duction in ewes. *Reproduction Nutrition Development*, 46, pp. 355-365. <https://doi.org/10.1051/rnd:2006017>
- Franco-Guerra, F. J., Hernández, J. E., Villareal Espino-Barros, O. A., Quiroz Ruiz, C., Gallegos Sanchez, J., & Camacho-Ronquillo, J. C. (2011). Technical note: Productive variables of Pelibuey lambs and ewes induced to estrus with exogenous hormones and with different types of suckling. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 20, pp. 47-53. <https://revista.alpaenlinea.org/index.php/alpa/article/view/703>
- Galina, M. A., Morales, R., Silva, E., & López, B. (1996). Reproductive performance of Pelibuey and Black belly sheep under tropical management systems in Mexico. *Small Ruminant Research*, 22, pp. 31-37. [https://doi.org/10.1016/0921-4488\(95\)00878-0](https://doi.org/10.1016/0921-4488(95)00878-0)
- Garza-Brenner, E., Sánchez-Dávila, F., Mauleón-Tolentino, K., Zapata-Campos, C. C., Luna-Palomera, C., Hernandez-Melendez, J., ... & Vázquez-Armijo, J. F. (2024). Systematic review of hormonal strategies to improve fertility in rams. *Animal Reproduction*, 21(2), e20240007. <http://dx.doi.org/10.1590/1984-3143-AR2024-0007>
- Garza-Brenner, E., Sánchez-Dávila, F., Hernández-Melendez, J., Mauleon-Tolentino, K., Ledezma-Torres, R. A., González-Delgado, M., ... & Vazquez-Armijo, J. F. (2025). Effect of social rank in hair rams on the number of lambs sired and their postnatal development. *Archives Animal Breeding*, 68(1), pp. 151-159. <https://doi.org/10.5194/aab-68-151-2025>
- Garza-Brenner, E., Sánchez-Dávila, F., Mauleón-Tolentino, K., Santos-Jiménez, Z., Zapata-Campos, C. C., Ledezma-Torres, R. A., ... & Vazquez-Armijo, J. F. (2025). The Social Dominance of the Rams Did Not Influence Their Sexual Behavior but Did Affect the Number of Lambs Sired and the Lambing Rates. *Animal Science Journal*, 96(1), e70060. <https://doi.org/10.1111/asj.70060>
- Godfrey, R. W., Collins, J. R., & Gray, M. L. (1998). Evaluation of sexual behavior of hair sheep rams in a tropical environment. *Journal of Animal Science*, 76, pp. 714-717. <https://doi.org/10.2527/1998.763714x>
- Godfrey, R. W., Collins, J. R., & Hensley, E. L. (2000). Semen quality of hair sheep rams in a tropical environment after temporary scrotal insulation. *Sheep & Goat Research Journal*, 16, pp. 83-87.
- Godfrey, R. W., & Dodson, R. E. (2003). Effect of supplemental nutrition around lambing on hair sheep ewes and lambs during the dry and wet seasons in the US Virgin Islands. *Journal of Animal Science*, 81(3), pp. 587-593. <https://doi.org/10.2527/2003.813587x>
- Godfrey, R. W., & D'Souza, G. (2001). *Hair Sheep Production in the US Virgin Islands. Management Practices and Economic Analysis*. University of the Virgin Islands.
- Godfrey, R. W., & Weis, A. J., Dodson, R. E. (2003). Effect of flushing hair sheep ewes during the dry and wet seasons in the US Virgin Islands. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 2, pp. 184-190.
- González Gómez, A. (2010). *Efecto de la época de nacimiento en el inicio de la pubertad en corderos de pelo Saint Croix, nacidos en diferentes épocas del año*. Tesis. FAUANL.
- González, A., Foote, W. C., Murphy, B. D., & Ortega, E. (1992). Seasonal variations in cir-

- culating testosterone and luteinizing hormone in Pelibuey lambs. *Small Ruminant Research*, 8, pp. 233-242. [https://doi.org/10.1016/0921-4488\(92\)90044-5](https://doi.org/10.1016/0921-4488(92)90044-5)
- González, A., Murphy, B. D., Foote, W. C., & Ortega, E. (1992). Circannual estrous variations and ovulation rate in Pelibuey ewes. *Small Ruminant Research*, 8, pp. 225-232. [https://doi.org/10.1016/0921-4488\(92\)90043-4](https://doi.org/10.1016/0921-4488(92)90043-4)
- González-Godínez, A., Urrutia-Morales, J., & Gámez-Vázquez, H.G. (2014). Reproductive performance of Dorper and Katahdin ewes bred in spring season in the northern Mexico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 17, pp. 123-127.
- Greeff, J. C., Langenhoven, J., & Wyma, G. A. (1993). Puberty and ovulation rate of Romanov, Dorper, and their crosses during the first breeding season. *South African Journal of Animal Science*, 23, pp. 113-115. https://www.sasas.co.za/wp-content/uploads/2012/09/greeff23issue3_0.pdf
- Gutiérrez, J. P. C., Rivera, O. L. R., & Rodríguez, O. R. (1991). Efecto de la presencia del macho en la fertilidad de borregas Pelibuey y Blackbelly. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 29, pp. 41-45. <https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/3563>
- Hernández, J., Valencia, J. y Zarco, L. (2012). Regresión del cuerpo lúteo y presentación del estro en ovejas con dos inyecciones de prostaglandina con 8 días de intervalo. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 39, pp. 53-57. <https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/1334/1329>
- Hernández, F., Elvira, L., González-Martin, J. V., 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. *Journal of dairy research*, 78, pp. 160-167. <https://doi.org/10.1017/S0022029911000033>
- Hernández-Marín, J. A., Pro-Martínez, A., Cortez-Romero, C., Pérez-Hernández, P., Herrera-Corredor, C. A., & Gallegos-Sánchez, J. (2016). Inducción de la ovulación con efecto macho y un reconstituyente energético en ovejas pelibuey prepúberes. *Agrociencia*, 50, pp. 811-823. <https://www.agrociencia-colpos.org/index.php/agrociencia/article/view/1251/1251>
- Hinojosa-Cuéllar, J. A., Oliva-Hernández, J., Torres-Hernández, G., Segura-Correa, J. C., & González-Garduño, R. (2015). Productividad de ovejas F1 Pelibuey x Blackbelly y sus cruces con Dorper y Katahdin en un sistema de producción del trópico húmedo de Tabasco, México. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 47, pp. 167-174. <http://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X2015000200007>
- Jiménez-Severiano, H., Reynoso, M. L., Román-Ponce, S. I., & Robledo, V. M. (2010). Evaluation of mathematical models to describe testicular growth in Black belly ram lambs. *Theriogenology*, 74, pp. 1107-1114. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2010.05.007>
- Kandiwa, E., Mushonga, B., Madzingira, O., Samkange, A., Bishi, A., & Tuaandi, D. (2019). Characterization of oestrus cycles in Namibian Swakara and Damara sheep through determination of circannual plasma progesterone levels. *Journal of veterinary medicine*, 2019(1), 5320718. <https://doi.org/10.1155/2019/5320718>
- Kenyon, P. R., Maloney, S. K., & Blache, D. (2014). Review of sheep body condition score

- in relation to production characteristics. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 57, pp. 38-64. <https://doi.org/10.1080/00288233.2013.857698>
- Kilminster, T. F., & Greeff, J. C. (2011). A note on the reproductive performance of Damará, Dorper and Merino sheep under optimum management and nutrition for Merino ewes in the eastern wheatbelt of Western Australia. *Tropical Animal Health and Production*, 43, pp. 1459-1464. <https://doi.org/10.1007/s11250-011-9871-8>
- Kirschten, D. P., Notter, D. R., Gilmour, A. R., Lewis, G. S., & Taylor, J. B. (2015). Genetic evaluation of weaning weight and the probability of lambing at 1 year of age in Targhee lambs. *Sheep & Goat Research Journal*, 30, pp. 1-5. <https://www.sheepusa.org/wp-content/uploads/2022/06/2015-Combined-SGRJ.pdf>
- Lassoued, N., Naouali, M., Khaldi, G., & Rekik, M. (2004). Influence of the permanent presence of rams on the resumption of sexual activity in postpartum Barbarine ewes. *Small Ruminant Research*, 54, pp. 25-31. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2003.10.012>
- Ledezma-Torres, R. A., Sánchez-Dávila, F., Rodríguez-Miranda, D. A., Luna-Palomera, C., Grizelj, J., Vázquez-Armijo, J. F., & López-Villalobos, N. (2022). Sexual performance and semen quality of pubertal lambs treated with different weaning methods. *Archives Animal Breeding*, 65(3), 259-265. <https://doi.org/10.5194/aab-65-259-2022>
- Luna-Palomera, C., Aguilar Cabrales, J. A., Peralta-Torres, J. A., & Velázquez Martínez, J. R. (2013). Effect of palm oil on growth and reproductive capacity in pubertal hair rams. *Archivos de Zootecnia*, 62, pp. 45-52. <https://dx.doi.org/10.4321/S0004-05922013000100005>
- Luna Palomera, C. y Alonso Morales, R. A. (2014). Genes con efecto mayor sobre la fertilidad de ovejas: Revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 5, pp. 107-130. <https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/3219/2644>
- Macías-Cruz, U., Álvarez-Valenzuela, F. D., Correa-Calderón, A., Molina-Ramírez, L., González-Reyna, A., Soto-Navarro, S., & Avendaño-Reyes, L. (2009). Pelibuey ewe productivity and subsequent pre-weaning lamb performance using hair-sheep breeds under a confinement system. *Journal of Applied Animal Research*. 36, pp. 255-260.
- Magaña-Monforte, J. G., Huchin-Cab, M., Ake-López, R. J., & Segura-Correa, J. C. (2013). A field study of reproductive performance and productivity of Pelibuey ewes in Southeastern Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 45, pp. 1771-1776.
- Mahieu, M., Jego, Y., Driancourt, M. A., & Chemineau, P. (1989). Reproductive performances of Creole and Black-Belly ewes in the West Indies. A new major gene controlling ovulation rate? *Animal Reproduction Science*, 19, pp. 235-243.
- Márquez, J. N., Valencia, C. P. L., Herrera, D. H., & Montes, V. D. (2022). Efecto del amantamiento restringido sobre características de crecimiento en ovinos de pelo colombiano. *Revista MVZ Córdoba*, 27, 9.
- Martínez, T., Montañez, V., Ley De C, A., Izaguirre, F., Velazco, Z., & Aguirre, M. (2013). Effect of GnRH and D-Chloprostenol application on pregnancy and prolificacy rates on Pelibuey ewes. *Revista MVZ Córdoba*, 18, pp. 3612-3617.

- Mauleón, K., Sánchez-Dávila, F., & Ungerfeld, R. (2023). Rams' reproductive status during a controlled breeding period: effect of social dominance. *Tropical Animal Health and Production*, 55(3), 164.
- Morales-Teran, G., Herrera-Corredor, C. A., Ponciano, P. Á., Salazar-Ortiz, J., & Gallegos-Sanchez, J. (2011). Influence of controlled suckling and the male effect on the resumption of postpartum ovarian activity in Pelibuey sheep. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 13, pp. 493-500.
- Olguín, L. J. M., Ávila, H. R. V., Amezcua, E. V., Rodríguez, V. C., León, M. C., & Severiano, H. J. (2016). Desarrollo del eje reproductivo endocrino en corderos de pelo. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 7, pp. 341-360.
- Orihuela Trujillo, A. (2014). La conducta sexual del carnero: revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 5, pp. 49-89.
- Quintero-Elísea, J. A., Macías-Cruz, U., Álvarez-Valenzuela, F. D., Correa-Calderón, A., González-Reyna, A., Lucero-Magaña, F. A., & Avendaño-Reyes, L. (2011). The effects of time and dose of pregnant mare serum gonadotropin (PMSG) on reproductive efficiency in hair sheep ewes. *Tropical Animal Health and Production*, 43, pp. 1567-1573.
- Pascual-Córdova, A., Oliva-Hernández, J., Hernández-Sánchez, D., Torres-Hernández, G., Suárez-Oporta, M. E., & Hinojosa-Cuéllar, J. A. (2009). Crecimiento postdestete y eficiencia reproductiva de corderas Pelibuey con un sistema de alimentación intensiva. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 41, pp. 205-212.
- Quirós Ruiz, C., Carreón Luna, L. y Franco Guerra, F. J. (2014). Nutrición estratégica o Glukogen® en la respuesta reproductiva de ovejas Pelibuey sincronizadas al estro. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 15(11), pp. 1-5. <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n111114.html>.
- Rebolledo, A. D. (2007). Fertility in hair sheep inseminated with freeze spermatozoa rediluted with seminal plasma. *Revista Científica*, 17, pp. 73-76.
- Reyna, A. G. A., Rivera, O. L. R. y Ledezma, J. J. H. (1994). Sincronización del estro en la borrega pelibuey con la utilización de prostaglandina f2 alfa. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 32, pp. 25-29.
- Rodríguez, O. L., Franco, J. Q. y Aguilar, M. H. (1986). Influencia de factores exteroceptivos sobre la pubertad en ovejas Pelibuey, e índices de producción al primer parto. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 52, pp. 92-98.
- Rojero, R. D. M., Lazo, C. C., Gutiérrez, I. R. y Quintero, L. A. Z. (1998). Influencia del carnero sobre la ocurrencia de estros en la oveja Pelibuey. *Veterinaria México*, 29, pp. 111-115.
- Roldán-Roldán, A., García-Martínez, V. D. R. A., Del Río-Araiza, V., Berruecos-Villalobos, J. M., Zarco-Quintero, L. A. y Valencia, J. (2016). Edad a la pubertad en corderas pelibuey, hijas de ovejas con actividad reproductiva estacional o continua, nacidas fuera de temporada. *Agrociencia*, 50, pp. 441-448.
- Rosales Nieto, C. A., Ferguson, M. B., Thompson, H., Briegel, J. R., Macleay, C. A., Martin, G. B. & Thompson, A. N. (2015). Relationships among puberty, muscle and fat, and

- live weight gain during mating in young female sheep. *Reproduction in Domestic Animals*, 50, pp. 637-642.
- Sánchez-Dávila, F., Bernal, H., Colín, J., Olivares, E., Del Bosque, A. S., Ledezma, R., Ungerfeld, R. (2011). Environmental factors and interval from the introduction of rams to estrus in postpartum Saint Croix sheep. *Tropical Animal Health and Production*. 43: 887-891.
- Sánchez, F., Ledezma, R. A., González, A. y Rivas, G. P. (2012). Caracterización reproductiva de machos Saint Croix I: variación estacional en la calidad seminal en carneros de pelo, mantenidos bajo. *Reunión Nacional de Cuerpos Académicos del Área de la Medicina Veterinaria y Zootecnia*, pp. 31-35.
- Sánchez-Dávila, F., Ledezma-Torres, R. A., González-Gómez, A., Padilla-Rivas, G., del Bosque-González, A. S. y Bernal-Barragán, H. (2012). Caracterización reproductiva de machos Saint Croix I: Variación estacional en la calidad seminal en carneros de pelo, mantenidos bajo pastoreo extensivo en potreros de Zacate Buffel (*Cenchrus ciliaris*). En *Memorias: VII Cátedra CUMEX, Aline Schunemann. Reunión de Cuerpos Académicos del Área de la Medicina Veterinaria y Zootecnia*. Mazatlán, Sinaloa, México, pp. 18-22.
- Sánchez-Dávila, F., Bernal-Barragán, H., Padilla-Rivas, G., del Bosque-González, A. S., Vázquez-Armijo, J. F., & Ledezma-Torres, R. A. (2015). Environmental factors and ram influence litter size, birth, and weaning weight in Saint Croix hair sheep under semi-arid conditions in Mexico. *Tropical Animal Health and Production*. 47, pp. 825-831.
- Sánchez-Dávila, F., Ungerfeld, R., Bosque-González, A. S. D., & Bernal-Barragán, H. (2019). Seasonality in Saint Croix male lamb reproductive development in northern Mexico. *Reproduction in Domestic Animals*, 54(2), pp. 391-400.
- Sanchez-Davila, F., Bernal-Barragan, H., Vazquez-Armijo, J. F., López-Villalobos, N., Ledezma-Torres, R. A., Grizelj, J., ... & Palomera, C. L. (2020). Annual variation in reproductive parameters and sexual behaviour of Saint Croix rams in a semi-desert region in Mexico. *Journal of applied animal research*, 48(1), pp. 499-506.
- Santos, S. I., Sánchez-Dávila, F., Vázquez-Armijo, J. F., Ledezma-Torres, R. A., del Bosque-González, A. S., Palomera, C. L., & Bernal-Barragán, H. (2015). Changes in Sexual Behaviour and Semen Quality Associated with Age and Type of Enclosure of Saint Croix Rams in Different Seasons of the Year. *Italian Journal of Animal Science*, 14, pp. 678-683.
- Sarmiento Franco, L., Aguayo Arceo, A. M., Montes Pérez, R., Segura Correa, J. C., & Rodríguez Rivera, O. (1998). Efecto de la presencia del macho sobre la aparición del primer estro posparto en ovejas Pelibuey. *Revista Biomédica*, 9, pp. 97-102.
- Scaramuzzi, R. J., Campbell, B. K., Downing, J. A., Kendall, N. R., Khalid, M., Muñoz-Gutiérrez, M., & Somchit, A. (2006). A review of the effects of supplementary nutrition in the ewe on the concentrations of reproductive and metabolic hormones and the mechanisms that regulate folliculogenesis and ovulation rate. *Reproduction Nutrition Development*, 46, pp. 339-354.
- Scaramuzzi, R. J., Oujagir, L., Menassol, J. B., Freret, S., Piezel, A., Brown, H. M., & Nys, C.

- F. (2014). The pattern of LH secretion and the ovarian response to the 'ram effect' in the anoestrous ewe is influenced by body condition but not by short-term nutritional supplementation. *Reproduction, Fertility and Development*, 26, pp. 1154-1165.
- Schoeman, S. J. (2000). A comparative assessment of Dorper sheep in different production environments and systems. *Small Ruminant Research*, 36, pp. 137-146.
- Schoeman, S. J., & Burger, R. (1992). Performance of Dorper sheep under an accelerated lambing system. *Small Ruminant Research*, 9, pp. 265-281.
- Schoeman, S. J., De Wet, R., & Van der Merwe, C. A. (1993). Assessment of the reproductive and growth performance of two sheep composites, developed from the Finnish Landrace, compared to the Dorper. *South African Journal of Animal Science*, 23, pp. 207-210.
- Schoeman, S. J., De Wet, R., & Van der Merwe, C. A. (1993). A comparison between female lambs of the Dorper and two synthetic composites with respect to feed intake, growth and efficiency. *South African Journal of Animal Science*, 4-12.
- Snyman, M. A., & Herselman, M. J. (2005). Comparison of productive and reproductive efficiency of Afrino, Dorper and Merino sheep in the False Upper Karoo. *South African Journal of Animal Science*, 35, pp. 98-108.
- Solano, J. y Orihuela, A. (2010). Análisis bibliométrico de las publicaciones de investigadores mexicanos sobre ovino de pelo en revistas científicas nacionales y extranjeras. *Universidad y Ciencia*, 26, pp. 93-105.
- Sosa-Pérez, G., Pérez-Hernández, P., Vaquera-Huerta, H., Salazar-Ortiz, J., Sánchez-del-Real, C., Cadena-Villegas, S., & Gallegos-Sánchez, J. (2014). Recombinant Bovine Somatotropin (bST) in estrus synchronization and prolificacy in Pelibuey ewes. *Archivos de Zootecnia*, 63, pp. 219-222.
- Stellflug, J. N., Cockett, N. E., & Lewis, G. S. (2006). Relationship between sexual behavior classifications of rams and lambs sired in a competitive breeding environment. *J. Anim. Sci.*, 84, 463-468, <https://doi.org/10.2527/2006.842463x>
- Stellflug, J. N., Cockett, N. E., & Lewis, G. S. (2008) The influence of breeding intensity on above- and below-average sexual performance rams in single- and multiple-sire breeding environments. *Anim. Reprod. Sci.*, 104, 248-256, <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2007.02.017>
- Synnott, A. L., & W. J. Fulkerson (1984). Influence of Social Interaction Between Rams on Their Serving Capacity. *Applied Animal Ethology*, 11, pp. 283-289.
- Tec Canché, J. E., Magaña Monforte, J. G., & Segura Correa, J. C. (2016). Environmental effects on productive and reproductive performance of Pelibuey ewes in South-eastern México. *Journal of Applied Animal Research*, 44, pp. 508-512.
- Tolentino, K. M., Dávila, F. S., Hernández, G. N., Campos, C. C. Z., Palomera, C. L., Armijo, J. F. V., & Grizelj, J. (2023). Caracterización del comportamiento sexual en carneros de pelo sometidos a dos empadres controlados durante la época reproductiva. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 31(1), pp. 9-13.
- Ugalde, J. P. R., & García, J. R. S. (2012). Respuesta al efecto macho de primalas Pelibuey en condiciones de pastoreo y suplementación en trópico. *Revista Mexicana de Cien-*

- cias Pecuarias*, 40, pp. 309-317. <https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/1291>
- Underwood, E.J., Shier, F.L., Davenport, N.J. (1944). Studies in sheep husbandry in Western Australia. V. The breeding season of Merino, crossbred and British breed ewes in agricultural districts. *Journal of the Department of Agriculture for Western Australia*. 135-143.
- Ungerfeld, R. (2007). Socio-sexual signalling and gonadal function: opportunities for reproductive management in domestic ruminants. *Society of Reproduction and Fertility supplement*, 64, pp. 207-221. <https://doi.org/10.5661/rdr-vi-207>
- Ungerfeld, R. (2016). Managing reproductive seasonality in small ruminants. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 24, pp. 111-116. <https://revista.alpaenlinea.org/index.php/alpa/article/view/2531>
- Ungerfeld, R., Forsberg, M., & Rubianes, E. (2004). Overview of the response of anoestrous ewes to the ram effect. *Reproduction, Fertility and Development*, 16, pp. 479-490. <https://doi.org/10.10371/RD04039>
- Ungerfeld, R., & Lacuesta, L. (2010). Social rank during pre-pubertal development and reproductive performance of adult rams. *Animal Reproduction Science*. 121, pp. 101-105. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2010.05.007>
- Ungerfeld, R., & Sanchez-Davila, F. (2012). Oestrus synchronization in postpartum autumn-lambing ewes: effect of postpartum time, parity, and early weaning. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 10, pp. 62-68. <https://doi.org/10.5424/sjar/2012101-233-11>
- Unión Nacional de Ovinocultores de México (2022). *Manual de la Asociación Mexicana de Criadores Katadhin (CrikMex)*.
- Valencia, J., Porras, A., Mejía, O., Berruecos, J. M., Trujillo, J., Zarco, L. (2006). Actividad reproductiva de la oveja Pelibuey durante la época del anestro: Influencia de la presencia del macho. *Revista Científica*. 16: 136-141. <https://produccioncientificailuz.org/index.php/cientifica/article/view/15185>
- Valencia, J., Trujillo Quiroga, M. J., Espinosa Martínez, M. A., Arroyo Ledesma, J., & Berruecos Villalobos, J. M. (2005). Pubertad en corderos Pelibuey nacidos de ovejas con reproducción estacional o continua. *Revista Científica*. 15: 1-5. <https://www.produccioncientificailuz.org/index.php/cientifica/article/view/15147>
- Vargas-Velázquez, A. D., & Jiménez-Severiano, H. (2016). Estudio morfológico de los epidídimos durante el desarrollo postnatal de corderos Barbados Blackbelly. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 7, pp. 53-68. <https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/4149/3420>
- Vázquez, R., Orihuela, A., & Aguirre, V. (2012). Effect of dominance-subordinate relationship and familiarity of an audience male on young rams' libido and semen characteristics. *Journal of Veterinary Behavior: Clinical Applications and Research*, 7, pp. 80-83. <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2011.05.026>
- von Wielligh, W. (2003). The Damara Sheep as Adapted Sheep Breed in Southern Africa. *Community-based Management of Animal Genetic Resources*, 173.
- Washaya, S., Ngorio, U., & Mudzengi, C. P. (2023). Effects of the breeding season, birth

- type and sex on growth and reproductive performances of sheep breeds. *Tropical Animal Health and Production*, 55(3), p.188. <https://doi.org/10.1007/s11250-023-03575-7>
- Zavala Elizarraraz, R., Ortiz Ortiz, J. R., Ramón Ugalde, J. P., Montalvo Morales, P., Sierra Vasquez, A. y Sanginés García, J. R. (2008). Pubertad en hembras de cinco razas ovinas de pelo en condiciones de trópico seco. *Zootecnia Tropical, Maracay*, 26, pp. 465-473. https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0798-72692008000400006&script=sci_arttext

Sobre los autores

Fernando Sánchez Dávila

Es Ingeniero Agrónomo Zootecnista por la UANL, Maestro en Ciencias por la Universidad de Hohenheim, Alemania y Doctor con énfasis en Reproducción Animal por la UANL. Sus líneas de investigación se orientan a las técnicas reproductivas en pequeños rumiantes, así como a la exploración de estrategias reproductivas tanto en hembras como en machos desde el punto de vista de su comportamiento sexual y calidad seminal. Es autor de 88 artículos científicos publicados en revistas indexadas. Revisor de revistas de alto impacto como *Theriogenology*, *Veterinary and Animal Science*, *Domestic Animal Endocrinology*, *Scientific Reports*, *Animal*, *Animals*, *Veterinary Science*, *Frontiers in Veterinary*, *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, entre otras importantes a nivel global. Es editor asociado de las revistas científicas *Tropical Animal Health and Production*, *Asian Journal of Research in Animal and Veterinary Sciences*, *Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias* y *La Revista de Ciencias Veterinarias y Producción Animal-UAT*.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1576-6845>

ResearchGate: https://www.researchgate.net/profile/Fernando-Sanchez-Davila?ev=hdr_xprf

Google Scholar: <https://scholar.google.com.mx/citations?user=xfVE-4DoAAAAJ&hl=es>

Juan Carlos Martínez González

Ingeniero Agrónomo Zootecnista, con Maestría en Ciencias de Producción Animal área de Reproducción Animal, y Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales en el área de Nutrición y Reproducción Animal. Sus líneas de investigación versan sobre producción de animales domésticos, reproducción animal, biotecnología de la reproducción y nutrición animal. Es autor de múltiples artículos en revistas indexadas en JRC (*Journal Citation Reports*), así como libros y capítulos de libros en diversas casas editoriales.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1331-663X>

Andrés Gilberto Limas Martínez

Ingeniero Agrónomo zootecnista. Maestro en Ciencias en Producción Animal Tropical y Doctor en Ciencias Agropecuarias. Durante el proceso de su formación académica, evaluó la introducción de especies forrajeras en los sistemas de producción ganadera para el estado de Tamaulipas y la dinámica de especies arbustivas en los pastizales. Actualmente es profesor-investigador de tiempo completo adscrito a la Facultad de Ingeniería y Ciencias de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Autor y coautor de artículos científicos en revistas indexadas sobre evaluación de recursos forrajeros, producción y nutrición animal.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5105-9622>

ResearchGate: <https://www.researchgate.net/profile/Andres-Martinez-108>

Google Scholar: https://scholar.google.com/citations?hl=es&user=cS_FSn8AAAAJ&v

Jairo Jeú Quintanilla Medina

Ingeniero Agrónomo con Maestría y Doctorado en Ciencias en Sistemas Agropecuarios y Medio Ambiente. Su línea de investigación se centra en la producción animal con énfasis en la nutrición de rumiantes, área en la que ha contribuido significativamente al desarrollo de estrategias orientadas a mejorar la eficiencia productiva, la sostenibilidad de los sistemas pecuarios y el aprovechamiento racional de los recursos forrajeros. Es autor de múltiples artículos científicos publicados en revistas indexadas y registradas en JCR (*Journal Citation Reports*), lo que respalda la calidad, el rigor metodológico y el impacto de sus investigaciones en la comunidad científica nacional e internacional.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7528-9676>

ResearchGate: <https://www.researchgate.net/profile/Jairo-Quintanilla-Medina>

Google Scholar: https://scholar.google.com/citations?hl=es&user=Z9XGj_AAAAAJ

Javier Hernández Meléndez

Ingeniero Agrónomo Zootecnista con formación de Maestro en Ciencias de Producción Animal área de Reproducción Animal, y con Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales en el área de Nutrición y Reproducción Animal. Sus líneas de investigación versan sobre producción de animales domésticos, reproducción animal, biotecnología de la reproducción y nutrición animal. Es autor de múltiples artículos en revistas indexadas, JRC, así como libros y capítulos de libros en diversas casas editoriales.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8923-3553>

Scopus: 56389580600

ResearchGate: <https://www.researchgate.net/profile/Javier-Hernandez-Melendez>

Google Scholar: https://scholar.google.com.mx/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Javier+Hern%C3%A1ndez-Mel%C3%A9ndez&oxq=

Mirelly Venecia Mireles Villanueva

Médico Veterinario Zootecnista con formación de posgrado en Reproducción Animal, Producción Pecuaria. Asimismo, es Doctora en Políticas Educativas. Sus líneas de investigación se orientan al desarrollo y evaluación del análisis de la resistencia antimicrobiana (RAM). Desde una perspectiva sistémica y bajo el enfoque One Health, analiza la interacción entre el manejo sanitario y uso de antimicrobianos. Asimismo, explora estrategias basadas en compuestos bioactivos de origen natural orientadas al uso racional de fármacos, los cuales contribuyen a la sostenibilidad integral de los sistemas productivos. Ha participado en publicaciones científicas arbitradas e indexadas. Actualmente se desempeña como profesora de educación superior y posgrado y funge como Coordinadora Estatal en Tamaulipas de la Comisión de Salud Fronteriza México–Estados Unidos (CSFMEU).

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-4057-4121>

Bondades reproductivas de las ovejas de pelo,
de Fernando Sánchez Dávila, Juan Carlos Martínez
González, Andrés Gilberto Limas Martínez, Jairo Jeú
Quintanilla Medina, Javier Hernández Meléndez y Mirelly
Venecia Mireles Villanueva (autores), publicado por Ediciones Co-
municación Científica, S. A. de C. V., se terminó de imprimir en julio de
2026, Litografía Ingramex, S. A. de C. V., Centeno 162-1, Granjas Esmeralda,
09810, Ciudad de México. El tiraje fue de 25 ejemplares impresos y en versión
digital para acceso abierto en los formatos PDF, EPUB y HTML. Maquetación de
Jonathan Alcántara. El cuidado de la edición estuvo
a cargo de César Alvarado.

En un escenario global, donde la demanda de carne ovina alcanza cifras récord, la eficiencia en los sistemas de producción se ha vuelto el pilar fundamental para el éxito de la industria ganadera. Debido a ello, *Bondades reproductivas de las ovejas de pelo* surge como una obra de referencia para comprender y potenciar los recursos genéticos de estas razas, cuya adaptabilidad y extraordinaria capacidad reproductiva han sido largamente infravaloradas.

Mediante una rigurosa investigación científica, este libro ofrece a productores, estudiantes y profesionales del sector una guía exhaustiva para transformar la productividad de sus rebaños. Desde la distribución mundial de las razas más influyentes hasta estrategias avanzadas para alcanzar más de tres partos cada dos años, la obra desglosa los mecanismos para maximizar la producción de corderos de manera sostenible.

El lector encontrará un análisis detallado de la función reproductiva tanto en hembras como en carneros, y desde el destete hasta el primer parto. Asimismo, podrá conocer estrategias de vanguardia para la modificación de la función reproductiva mediante nutrición, protocolos de sincronización del estro y el aprovechamiento del “efecto macho”. Finalmente, podrá identificar áreas de oportunidad y necesidades prioritarias de investigación para el mejoramiento genético y la eficiencia terminal.

Escrita por un equipo de expertos, la presente obra es una valiosa herramienta para quienes buscan optimizar la selección de ejemplares y elevar la competitividad de la ovinocultura moderna.



Fernando Sánchez Dávila (editor responsable) es Doctor en Ciencias Pecuarias. Profesor-investigador en la FA-UANL. Pertenece al SNII-SECIHTI nivel II. Actualmente es editor asociado de cuatro revistas de impacto global. Pertenece al cuerpo de profesores-investigadores del Posgrado Conjunto entre la FMVZ y FA de la UANL.



Javier Hernández Meléndez es Doctor en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (Reproducción y Nutrición Animal) por la Universidad Autónoma del Estado de México. Profesor de Tiempo Completo en la Universidad Autónoma de Tamaulipas, adscrito a la Facultad de Ingeniería y Ciencias, integrante del Cuerpo Académico Consolidado “Mejoramiento, Biotecnología y Sistemas de Alimentación”. Miembro del SNII nivel I.



Juan Carlos Martínez González es Doctor en Ciencias Agropecuarias en la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Actualmente es Profesor-investigador de Tiempo Completo de la Facultad de Ingeniería y Ciencias-UAT. Es líder del Cuerpo Académico “Mejoramiento, Biotecnología y Sistemas de Alimentación”. Miembro del SNII nivel candidato.



Andrés Gilberto Limas Martínez es Doctor en Ciencias Agropecuarias por la Universidad Autónoma de Tamaulipas, donde es Profesor-investigador de Tiempo Completo adscrito a la Facultad de Ingeniería y Ciencias. Es miembro del CAC Mejoramiento, Biotecnología y Sistemas de Alimentación.



Jairo Jeú Quintanilla Medina es Doctor en Ciencias, Sistemas Agropecuarios y Medio Ambiente por la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Profesor de horario libre en la Facultad de Ingeniería y Ciencias de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Es miembro del cuerpo académico Mejoramiento, Biotecnología y Sistemas de Alimentación.



Mirelly Venecia Mireles Villanueva es Doctora en Políticas Educativas. Profesora en la FMVZ-UAT y Coordinadora Estatal de la CSFMEU en Tamaulipas. Sus líneas de investigación articulan resistencia antimicrobiana y reproducción animal en sistemas pecuarios bajo el enfoque One Health, con énfasis en patógenos multirresistentes y terapéuticas alternativas sostenibles.



Dimensions

RENIECYT
Registro Nacional de Instituciones
y Empresas Científicas y Tecnológica
2000922



Google
Scholar

Dialnet

turnitin™

OPEN ACCESS



DOI.ORG/10.52501/CC.418



9 789689 803126



**EDICIONES
COMUNICACIÓN
CIENTÍFICA** PUBLICACIONES
ARBITRADAS

comunicacion-cientifica.com