



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTILÁN**

**“FACTORES AMBIENTALES QUE AFECTAN LA
PRODUCCIÓN Y LA CALIDAD DE LECHE DE
OVEJAS EAST FRIESIAN EN EL BAJÍO”**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

PRESENTA:

JOSÉ FRANCISCO HERNÁNDEZ OROZCO

ASESOR: M. en MVZ. SILVIA ANGÉLICA CAMPOS MARMOLEJO

COASESORES: M. en MVZ. OMAR SALVADOR FLORES

M. en C. GABRIELA CASTILLO HERNÁNDEZ

CUAUTILÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO, 2023



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECRETARÍA GENERAL
DEPARTAMENTO DE TITULACIÓN

ASUNTO: VOTO APROBATORIO



DR. DAVID QUINTANAR GUERRERO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE

ATN: DRA. MARÍA DEL CARMEN VALDERRAMA BRAVO
Jefa del Departamento de Titulación
de la FES Cuautitlán.

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: Trabajo de Tesis.

Factores ambientales que afectan la producción y la calidad de la leche de ovejas
East Friesian en el Bajío

Que presenta el pasante: José Francisco Hernández Orozco.
Con número de cuenta: 313286854 para obtener el título de: Médico Veterinario Zootecnista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 19 de Abril de 2023.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	M. en C. Hilda Laura Sandoval Rivera	
VOCAL	M.V.Z. Vanessa Alfaro Carbajal	
SECRETARIO	M. en M.V.Z. Silvia Angélica Campos Marmolejo	
1er. SUPLENTE	Dra. Sandra González Luna	
2do. SUPLENTE	Dra. Rosa Isabel Higuera Piedrahita	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional.

MCVB/ntm*

AGRADECIMIENTOS

Primero que nada, agradezco a Dios por dejarme llegar hasta este punto de mi vida y permitirme realizar esta meta que algún día me propuse.

Agradezco a mis padres, el Dr. Felipe y la Sra. Dolores por apoyarme a lo largo de mi vida y darme valiosas enseñanzas; a mis hermanos, el Dr. Felipe, la Dra. Daniela y el futuro MVZ Pablo, por acompañarme durante el proceso y brindarme su apoyo.

A la p. MVZ Jessica Barajas por estar a mi lado durante este tiempo y darme todo su apoyo y cariño.

Agradezco a todos los profesores que me apoyaron en la realización de este trabajo, al M. en MVZ. Omar Salvador por asesorarme y permitirme tener mayores conocimientos en el área de ovinos, a la M. en C. Gabriela castillo por compartirme sus conocimientos y apoyarme en el análisis estadístico e interpretación de los resultados. De igual manera, agradezco a la M. en MVZ. Angélica campos y al M. en MVZ. Alam Martínez por guiarme durante este proceso y por todo su apoyo y paciencia que me brindaron.

ÍNDICE

1. RESUMEN.....	6
2. INTRODUCCIÓN	7
3. MARCO TEÓRICO	9
3.1 Situación actual de la producción de leche ovina en el mundo.....	9
3.2 Situación actual de la producción de leche ovina en México	10
3.3 Oveja para producción de leche	11
3.4 Oveja East Friesian.....	11
3.5 Características fisicoquímicas de la leche de oveja	12
3.6 Factores que afectan la producción y la calidad de la leche	18
3.6.1 Factores intrínsecos	18
3.6.2 Factores extrínsecos	26
3.7 Sistemas de producción.....	36
4. OBJETIVOS.....	39
4.1 Objetivo general.....	39
4.2 Objetivos particulares	39
5. MATERIALES Y MÉTODOS	40
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
7. CONCLUSIÓN	63
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curva de lactación de ganado ovino.....	24
Figura 2. Objetivo de condición corporal (CC) a lo largo del ciclo productivo de las ovejas lecheras.....	27
Figura 3. Clasificación de los sistemas de producción ovina propuesta por Flamant y Casu, 1978.....	34
Figura 4. Medias de la producción de leche por mes.....	41
Figura 5. Medias de producción de leche por edad.....	41
Figura 6. Medias de producción de leche con base al tipo de parto.....	42
Figura 7. Medias de producción de leche para el factor sexo.....	42
Figura 8. Medias de producción de leche para el efecto del destete.....	42
Figura 9. Medias del porcentaje de proteína en la leche por mes.....	44
Figura 10. Medias del porcentaje de proteína en la leche por edad.....	44
Figura 11. Medias del porcentaje de proteína en la leche por tipo de parto.....	44
Figura 12. Medias del porcentaje de proteína en la leche por sexo del cordero.....	45
Figura 13. Medias del porcentaje de proteína en la leche por el efecto del destete.....	45
Figura 14. Medias del porcentaje de grasa en la leche por mes.....	46
Figura 15. Medias del porcentaje de grasa en la leche por edad.....	47
Figura 16. Medias del porcentaje de grasa en la leche por tipo de parto.....	47
Figura 17. Medias del porcentaje de grasa en la leche por sexo.....	47
Figura 18. Medias del porcentaje de grasa en la leche por efecto del destete.....	48
Figura 19. Medias del contenido de sólidos no grasos en la leche por mes.....	49
Figura 20. Medias del contenido de sólidos no grasos en la leche por edad.....	49
Figura 21. Medias del contenido de sólidos no grasos en la leche por tipo de parto.....	50
Figura 22. Medias del contenido de sólidos no grasos en la leche por sexo.....	50
Figura 23. Medias del contenido de sólidos no grasos en la leche por efecto del destete.....	50
Figura 24. Medias para la densidad de la leche por mes.....	52
Figura 25. Medias para la densidad de la leche por edad.....	52
Figura 26. Medias para la densidad de la leche por tipo de parto.....	52
Figura 27. Medias para la densidad de la leche por el sexo del cordero.....	53

Figura 28. Medias para la densidad de la leche por el efecto del destete.....	53
Figura 29. Medias para el punto crioscópico de la leche por mes.....	54
Figura 30. Medias para el punto crioscópico de la leche por edad.....	55
Figura 31. Medias para el punto crioscópico de la leche por tipo de parto.....	55
Figura 32. Medias para el punto crioscópico de la leche por sexo.....	55
Figura 33. Medias del punto crioscópico de la leche con base en el factor efecto del destete.....	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Constantes fisicoquímicas de la leche de oveja.....	15
Tabla 2. Composición media de la leche de oveja, cabra y vaca.....	16
Tabla 3. Duración de la lactación, producción y composición de la leche en razas ovinas.....	21
Tabla 4. Clasificación de las principales razas ovinas en relación con su nivel de producción láctea.....	21
Tabla 5. Pérdida de la producción de leche al reducir de 2 a 1 el número de ordeños diarios.....	32
Tabla 6. Aporte de PB y EM de la dieta ya con su respectiva cantidad de concentrado ofrecida por etapa.....	38
Tabla 7. Valores de F obtenidos de los análisis de varianza para los diferentes efectos sobre la producción de leche.....	41
Tabla 8. Valores de F obtenidos de los análisis de varianza para los diferentes efectos sobre el % de proteína en leche.....	43
Tabla 9. Valores de F obtenidos de los análisis de varianza para los diferentes efectos sobre el % de grasa en leche.....	46
Tabla 10. Valores de F obtenidos de los análisis de varianza para los diferentes efectos sobre el % de SNG en leche.....	49
Tabla 11. Valores de F obtenidos de los análisis de varianza para los diferentes efectos sobre la densidad de la leche.....	51
Tabla 12. Valores de F obtenidos de los análisis de varianza para los diferentes efectos sobre el punto crioscópico de la leche.....	54

1. RESUMEN

En el presente trabajo se evaluaron algunos de los efectos ambientales que afectan la producción y la composición fisicoquímica de la leche de ovejas East Friesian ubicadas en el bajío. Se midió la producción láctea de 41 ovejas cada 21 días durante un periodo de 10 meses evaluando su composición fisicoquímica (contenido de proteína, grasa y sólidos no grasos (SNG), densidad y punto crioscópico). Los factores ambientales que se consideraron fueron el tiempo (mes de lactación), la edad de la oveja (jóvenes y adultas), el tipo de parto (simple o múltiple), el sexo del cordero y el efecto al destete (pre y post destete). El tiempo tuvo un efecto negativo sobre la producción láctea, debido a que conforme avanzó la lactación la producción de leche fue disminuyendo; el promedio de producción de leche durante toda la lactación fue de 0.67 L, encontrando una mayor cantidad en el mes tres significativamente ($P < 0.05$). Con respecto a la composición fisicoquímica de la leche, el contenido promedio de proteína fue de 6.2% durante la lactación, encontrando el mayor porcentaje en el mes 6 comparado con los meses 1, 2, 3, 4, 5, 7 y 10 ($P < 0.05$). Por otro lado, el contenido promedio de grasa fue de 6.25% durante la lactación, donde en promedio la leche producida en los dos últimos meses (8.18% y 9.04%, respectivamente) contenía un significativamente mayor % de grasa comparado con el resto de los meses ($P < 0.05$). Con respecto al % promedio de SNG fue de 11.72%, siendo significativamente mayor en los meses seis (12.45%), ocho (12.1%) y diez (12.14%) en comparación con el resto de los meses ($P < 0.05$). En cuanto al tipo de parto, éste afectó los parámetros relacionados con la composición de la leche, encontrando que, en promedio, la leche producida por ovejas de partos simples presentó una mayor cantidad de grasa durante la lactación (6.82%), en comparación con la producida por ovejas de partos múltiples (6.44%) ($P < 0.05$). Sin embargo, la leche producida por ovejas de partos múltiples tuvo un mayor contenido de proteína (6.29%) y SNG (11.88%), en comparación con la producida por ovejas de partos simples (6.04% y 11.56%, respectivamente) ($P < 0.05$). Finalmente, la edad de las ovejas afectó significativamente la producción láctea, donde las ovejas adultas tuvieron una mayor producción de leche durante la lactación (0.66 L) en comparación con las ovejas jóvenes (0.53 L) ($P < 0.05$). Se concluye que el principal factor que afecta tanto la producción de leche como su composición fisicoquímica es el factor

tiempo, seguido de la edad y tipo de parto. Los factores como sexo y efecto al destete no tienen influencia ni en la producción de leche ni en su composición fisicoquímica.

2. INTRODUCCIÓN

La leche de oveja es muy apreciada debido a sus características fisicoquímicas superiores a las que posee la leche de vaca y de cabra, las cuales la hacen ideal para su transformación en subproductos derivados como queso y yogurt (Martínez, 2014).

La producción de leche de ovino es una actividad reciente y original en algunos países de Latinoamérica como México, pero en regiones como Asia, Europa y Medio Oriente ha sido realizada desde hace más de dos mil años. En México, la ovinocultura se ha caracterizado por ser una actividad económica enfocada principalmente en la producción de carne y lana, dejando de lado la posibilidad de obtener un producto tan importante como la leche (Rodríguez, 2013).

De acuerdo con la FAOSTAT (2022), de las 10.6 millones toneladas de leche de oveja que se producen en el mundo, Asia produce el 46.3%, seguidos de Europa (29.3%) y África (23.5%), además, hay una producción muy pequeña pero creciente en el Norte y Sur de América (0.9%) y Oceanía (<0.1%), entendiéndose por esto que en América existe un incipiente desarrollo de la industria ovina de leche. Para el 2019 la producción total de leche de oveja en México fue de 56,929 T, lo que fue solo el 0.54% de la producción mundial, sin embargo, esto representó el 62% de la producción de leche de oveja en las Américas, siendo México el mayor productor (Velarde *et al.*, 2022).

La leche ovina en general está asociada a economías regionales, a pequeñas escalas de producción y, en comparación con la leche de vacas lecheras, esta no se consume directamente, sino que se utiliza en la elaboración artesanal de productos de elevado valor agregado. Sin embargo, hay queserías en Europa, principalmente en la región mediterránea, que procesan miles de litros y que permite exportar quesos de las más diversas características, artesanales o de elaboración industrial. Los quesos de leche de ovejas con Denominación de Origen Protegida reconocidos por la Unión Europea juegan un papel importante en el comercio internacional de queso y tienen un mercado internacional en crecimiento. Los más conocidos son los quesos frescos, quesos tipo fetas, quesos de pasta semidura (Pecorino, Manchego), quesos de pasta cocida (Graviera) y otros tipos característicos de varias regiones mediterráneas (Ganzábal & Montossi, 1991; Pulina *et al.*, 2018).

Para hacer rentable esta actividad es importante el uso de razas especializadas en la producción de leche. Recientemente, razas como East Friesian, Lacaune y Awassi se han introducido en México y se han utilizado como razas puras o mediante cruces con razas bien establecidas y mejor adaptadas como Pelibuey, Katahdin, Rambouillet, Black Belly, Suffolk y Hampshire para lograr mejorar los rendimientos lecheros de estas últimas (García *et al.*, 2022).

Son diversos los factores que afectan la producción y la calidad de la leche de oveja, entre estos se encuentran factores genéticos y ambientales (Bencini & Pulina, 1997). De igual manera, se menciona que hay factores intrínsecos y extrínsecos que contribuyen a variaciones en la producción de la leche. Los factores intrínsecos o dependientes directamente del animal no pueden ser modificados tan fácilmente, tales son como el genotipo y potencial productivo, etapa de lactación, edad y número de lactaciones, tipo de parto, anatomía y morfología de la ubre, entre otros. Los factores extrínsecos o del medio ambiente son aquellos que pueden ser modificados más fácilmente, como son el estado sanitario de la ubre, el número de corderos criados, el ordeño (rutina, intervalo entre ordeños), la máquina de ordeño (nivel de vacío, velocidad de pulsación), la esquila preparto, la época del año en que las ovejas paren y la alimentación (Rodríguez, 2013; Elvira, 2016).

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Situación actual de la producción de leche ovina en el mundo

Hay aproximadamente 1.200 millones de ovinos en el mundo, y aproximadamente el 20.8% se destina a la producción lechera. Se encuentran principalmente en áreas templadas subtropicales de Asia, Europa y África. A pesar de este gran número de animales, la leche de oveja y cabra representaron solo el 1.3% y el 1.9%, respectivamente, de la producción mundial total de leche en el 2016. Sin embargo, la producción mundial de leche de oveja y cabra se ha más que duplicado durante los últimos 50 años y, si se mantiene esta tendencia, se espera que aumente en aproximadamente un 26 % y 53 %, respectivamente. Las ovejas lecheras se concentran en países de las regiones del Mediterráneo y el Mar Negro con una importante herencia cultural griega o romana, donde los productos lácteos son ingredientes típicos de la dieta humana (Pulina *et al.*, 2018).

En promedio, la producción de leche es baja en Asia, África y América (32 a 35 L/oveja por año). La producción de leche de las ovejas en Europa (91 L/oveja) es más del doble de la producción lechera promedio mundial, lo que muestra el potencial de crecimiento del sector mundial de las ovejas lecheras. Los países que bordean las regiones del Mediterráneo y el Mar Negro tienen el 27.1% de las ovejas y producen el 41.4% de la leche de oveja mundial, con Turquía (21.6%; 60 L/oveja), Grecia (16.6%; 106 L/oveja), Siria (15.2 %; 56 L/oveja), Rumanía (14.7%; 89 L/oveja) y España (12.6%; 243 L/oveja) son los actuales líderes, seguidos de Italia (9.9%; 82 L/oveja), Francia (6.8%; 239 L/oveja) y Argelia (6.6%; 26 L/oveja) (Pulina *et al.*, 2018).

En términos absolutos, la producción de leche de oveja a nivel mundial se encuentra muy por debajo de lo que se obtiene de otras especies, solo superando a la leche de camélidos (Martínez, 2014). A pesar de esto, desde el punto de vista cualitativo, la leche de oveja ocupa un papel mucho más destacado del que le podría corresponder en función de su volumen de producción, esto fundamentalmente porque es la base de una serie de derivados de alto valor agregado (quesos y yogures) y porque en los países en vías de desarrollo juega un papel muy importante en la economía de subsistencia (Rodríguez, 2013).

3.2 Situación actual de la producción de leche ovina en México

En México la producción de leche de oveja es escasa y aislada, no se cuenta con reportes específicos que proporcionen un panorama del potencial de esta actividad. Las pocas granjas existentes que practican la ordeña de ovejas se encuentran en la región centro del país, algunas de ellas están organizadas en cooperativas y la elaboración de sus derivados se realiza de manera colectiva. La leche es procesada en quesos, cuyo valor en el mercado es alto, se comercializa como producto artesanal y en algunos casos bajo la denominación de “orgánico”. Por otro lado, se tienen reportes de producción de leche en Chiapas a partir de ovejas criollas descendientes de las razas españolas Churra, Manchega y Latxa, hoy en día utilizadas en su país de origen para la obtención de leche (Martínez, 2014).

Según la SIAP (2022), en México hay alrededor de 8,725,882 cabezas de ganado ovino, de las cuales en su gran mayoría son destinados a la producción de carne y en menor grado a la lana. Martínez (2010) menciona que la población de ovejas destinadas en el país con fines lecheros es apenas de unas 2 mil ovejas, además, según la FAOSTAT (2020) se produjeron alrededor de 56,402 T de leche ovina en el país, estos datos indican que en México comienza a surgir un interés por éste tipo de producción.

3.3 Oveja para producción de leche

No existe en el presente una definición clara de oveja de leche ni un límite preciso entre una oveja considerada lechera con respecto a una criada para producir carne o lana. De hecho, algunas razas de carne y lana son ocasionalmente ordeñadas en determinadas condiciones y, por el contrario, existen rebaños con buenos potenciales lecheros que no son destinados con estos propósitos. En materia de ovinos de leche, la definición se resume en un concepto bastante generalizado: "una gran lechera no es aquella que produce mucha leche, sino que da mucha leche y además mantiene su producción por mucho tiempo" (Ganzábal & Montossi, 1991).

Si bien el principal atributo de una oveja lechera es su nivel productivo, también es relevante el evaluar su aptitud al ordeño mecánico, definida como la capacidad de un animal para liberar la mayor parte de la leche contenida en la ubre ante el estímulo

de un equipo de ordeño mecánico, en el menor tiempo posible y con el menor número de intervenciones por parte del ordeñador (Kremer *et al.*, 2015).

3.4 Oveja East Friesian

La raza East Friesian, también llamada Milchschaf, Frisona u ovino Frisón, es una raza antigua (por lo menos desde 1530) desarrollada en las zonas pantanosas del Mar del norte, que desde los años 70 fue introducida en muchos países para mejorar la producción lechera y la tasa reproductiva de distintas razas (Kremer *et al.*, 2015).

Fenotípicamente, posee orejas largas, en punta, orientadas hacia adelante, horizontales y de apariencia rosada. Su cuerpo está bien cubierto de lana, excepto la cabeza y las patas, que están libres de esta. Una característica distintiva de la raza es una cola sin lana, es decir, una cola de "rata". La cara, las piernas y la lana son generalmente blancas, pero los animales de color marrón oscuro son relativamente comunes. Las ovejas East Friesian son de talla grande, las ovejas adultas bien alimentadas en sistemas de producción intensiva llegan a pesar entre 80 y 90 kg y los machos entre 120 y 130 kg (Giordano, 2014; Park *et al.*, 2017). Su producción de leche llega a ser de 500- 700 kg en 280 a 300 días de lactación, con un 6 a 7 % de grasa (Apumayta & De la Cruz, 2021).

Las ovejas East Friesian se han utilizado en muchos países para mejorar la producción de leche mediante la sustitución o el cruzamiento con ovejas locales, sin embargo, ha tenido un uso limitado para mejorar la producción de ovejas lecheras en la importante región mediterránea debido a su escasa adaptabilidad al entorno de esta región en particular (Park *et al.*, 2017).

3.5 Características fisicoquímicas de la leche de oveja

La leche de oveja es de color blanco nacarado, semejante a la porcelana, su opacidad es mayor que la leche de vaca y cabra, la viscosidad es más elevada que la leche de vaca; la leche de oveja tiene un olor característico del animal que la produce, es llamado olor de "churre" y es relativamente débil en la leche recogida en buenas condiciones, tiene una resistencia elevada a la proliferación de bacterias en las primeras horas (por su actividad inmunológica), además tiene un doble contenido de minerales que la leche de vaca siendo su capacidad tampón superior, lo cual es una ventaja para su conservación (Torres, 2008).

La leche está constituida por agua, grasa, proteína, lactosa y minerales. La composición varía según las especies, razas, estado de lactación, alimentación, edad del animal, salud, etc. Lo que caracteriza a la leche de oveja, que la diferencia de la leche de vaca o de cabra, es su alto contenido en sólidos totales (tabla 2), en especial, grasa y proteína. Esto es lo que permite que la leche de oveja tenga un mayor rendimiento quesero, dando como resultado que la práctica normal de la quesería demuestra que, con una misma cantidad de leche, se obtiene dos veces más queso con leche de oveja que con leche de vaca (Apumayta & De la Cruz, 2021).

Tabla 1. Constantes fisicoquímicas de la leche de oveja (Torres, 2008).

Densidad	Se relaciona con la materia grasa de la leche y fluctúa entre 1.036 y 1.037 g/cc
Acidez	La acidez titulable de la leche de oveja está comprendida entre 16 y 25 grados Dornic.
pH	Por tener más caseína, fosfatos y demás ácidos su pH oscila entre 6.3 y 6.6 y por lo tanto resulta más ácida que la leche de vaca y cabra.
Sólidos no grasos	Corresponde a la proporción de componentes sólidos totales en la leche descontando la materia grasa, su contenido oscila entre 10.4 y 11.4 %.
Sólidos totales	Fluctúa entre 15.4 y 21.8 %, con un promedio de 18.4 %.
Color	Suele ser más blanca que la leche de vaca, los glóbulos grasos son los que llevan el colorante (caroteno), por la mayor viscosidad del líquido.
Olor	Tiene un olor relativamente débil en la leche recogida en buenas condiciones.

La calidad de la leche no solamente está referida a su composición físico-química (tabla 1), sino también está relacionada con aspectos higiénico-sanitarios. Paulatinamente existe un mayor interés sobre la calidad e inocuidad de los alimentos.

Es por esto que existe una mayor concientización sobre la producción de leche y quesos de calidad que, impulsada desde el consumidor cada vez más exigente, determina mejoras en la producción primaria. La única manera de obtener un buen queso es partiendo de leches provenientes de animales sanos, sin adulteraciones, con una adecuada composición y características físico-químicas, organolépticas e higiénico-sanitarias (Bain, 2004).

Tabla 2. Composición media de la leche de oveja, cabra y vaca (Apumayta & De la Cruz, 2021; Torres, 2008)

Componente	Oveja	Cabra	Vaca
Agua (%)	81.6	86.8	87.9
Grasa (%)	7.9	3.8	3.8
Proteína (%)	6.2	3.4	3.2
Lactosa (%)	4.9	4.1	4.7
Sólidos totales (%)	18.4	13.2	12.1
Sólidos no grasos (%)	12.0	8.9	9.0
Cenizas (%)	0.9	0.8	0.7
Punto crioscópico (°C)	-0.57	-0.55	-0.54
pH	6.68	6.65	6.58
Densidad	1.036	1.030	1.031

La mayor parte de los constituyentes de la leche de oveja varían de forma natural a lo largo de la lactación, viéndose afectados por factores como la raza, el tipo y la época de parto, la edad y estado de salud del animal, la alimentación, las condiciones climáticas, etc. (Vázquez, 2014), por esto, es muy difícil hacer una comparación estricta de productividad de las distintas razas, ya que la manifestación de sus potenciales va a ser interferida por las diferentes condiciones de producción en que

se realizan las mediciones, las que enmascaran evaluaciones objetivas exclusivas de la capacidad genética (Ganzábal & Montossi, 1991).

- **Grasa**

La grasa es el componente con mayor variación en la composición de la leche. Su concentración puede ser modificada por influencia de diferentes factores que dependen tanto del animal (raza, condición corporal o etapa de lactación) como del ambiente (dieta, temperatura y estación del año) (Pulido, 2017). Es uno de los componentes más importantes de la leche de oveja, debido al valor altamente nutricional y al efecto físico-químico, sensorial y a la influencia que tiene en la transformación a productos lácteos, siendo además el grupo principal de lípidos los triglicéridos, de 97-98 % de su totalidad, que se encuentran junto a pequeñas cantidades de glicéridos parciales (mono y diglicéridos), colesterol, ésteres de colesterol, ácidos grasos no esterificados (libres) y fosfolípidos (Apumayta & De la Cruz, 2021).

La grasa se encuentra emulsionada en forma de pequeños glóbulos esféricos, envueltos por una membrana lipoprotéica tomada de la célula durante el proceso de secreción, que estabiliza la emulsión, donde el tamaño medio de los glóbulos es aproximado de 3.5 μm . La importancia del tamaño de los glóbulos de grasa reside en que contribuye a definir propiedades importantes como el sabor, tacto en la boca y estabilidad del glóbulo durante el procesado, además de que también podría afectar las características del queso, ya que los glóbulos más pequeños poseen más área superficial y tienen más capacidad de retención de agua. Los glóbulos grandes son más susceptibles que los de menor tamaño a la coalescencia y a la lipólisis durante el proceso de bombeo y transporte de la leche desde la sala de ordeño a la planta de elaboración (Apumayta & De la Cruz, 2021).

Existen diversos factores nutricionales que pueden afectar a la concentración y el perfil lipídico de la grasa en la leche de oveja, destacando los siguientes: el balance energético de las ovejas, la ingestión de fibra neutro detergente, así como su fuente de procedencia, el contenido de carbohidratos no estructurales en la dieta y el tamaño de partícula del alimento (Pulido, 2017).

- **Proteína**

Las proteínas de la leche se dividen en dos grandes grupos: las caseínas (α_1 , α_2 , β y K) que son aproximadamente el 80% de las proteínas y las proteínas del suero lácteo, entre las que destacan la α -lactoalbúmina, la β -lactoglobulina, la albúmina del suero y las inmunoglobulinas (Pulido, 2017). La caseína tiene una gran influencia en el rendimiento quesero, siendo de gran importancia la proporción de sus diferentes fracciones y el tamaño micelar (Apumayta & De la Cruz, 2021).

La proteína se ve afectada negativamente por la cantidad de leche a lo largo de la lactación, de tal modo que, al disminuir la producción, aumenta su concentración. Como la caseína está altamente correlacionada con el contenido en proteína total, también al disminuir la producción de leche, aumenta su concentración. La proteína total, junto con la grasa, es uno de los factores tenidos en cuenta para evaluar la calidad de la leche y establecer el precio que se paga al ganadero (Apumayta & De la Cruz, 2021).

- **Densidad**

Es una propiedad física que determina la relación que hay entre la masa y el volumen de la sustancia (leche), por lo tanto, la densidad está dada en unidades de masa sobre volumen (g/cm^3 , kg/L , g/L , etc.). Es utilizada para comparar las masas de diferentes sustancias o de una misma bajo diferentes condiciones. La densidad de la leche está directamente relacionada con la cantidad de grasa, sólidos no grasos y agua que contenga la leche. Para el caso de la leche fresca, la densidad puede ayudarnos a determinar la posible adulteración por el agregado de agua o por la remoción del contenido graso (Benites, 2018).

La densidad de la leche de oveja, más alta que la de vaca, disminuye con la adición de agua y conservantes y aumenta con el desnatado y refrigeración (Vázquez, 2014). Además, son varios los factores que pueden influir en la misma, tales como la temperatura (correlación positiva), la raza, la etapa de lactación, época del año, el tiempo transcurrido desde el ordeño, etc. (Quiles & Hevia, 1988; Benites, 2018).

- **Punto crioscópico**

El punto de congelación es una característica importante de la leche; de los constituyentes de la leche, la lactosa y los cloruros, es decir, las sustancias que se disuelven en esta, son los principales contribuyentes al punto de congelación. Su

contenido fluctúa dependiendo de, además de los factores mencionados anteriormente, la ingesta de agua, el estrés por calor, la estación y el contenido de CO₂ en la leche (Janštová *et al.*, 2013).

En determinadas condiciones, el punto de congelación se puede utilizar como uno de los posibles indicadores para detectar la adición de agua a la leche cruda o pasteurizada. Esta adición de agua puede ser causada por un error no intencional durante el ordeño o el procesamiento de la leche o por una disciplina tecnológica deficiente en el procedimiento de ordeño o procesamiento posterior. Significa, por ejemplo, una falla inesperada en el equipo de ordeño o procesamiento o un equipo de ordeño deficiente y un procedimiento deficiente, incluida la mala intención de un operador durante el ordeño o el tratamiento tecnológico de la leche. La última razón mencionada significa la falsificación de la leche en la cadena alimentaria que, en general, es inaceptable (Hanuš *et al.*, 2011).

El punto de congelación de la leche cruda de oveja es más bajo que el de la leche de vaca y cabra, debido al mayor contenido de sólidos y sólidos no grasos. El punto de congelación medio registrado en la leche de oveja es de -0,570 °C (Janštová *et al.*, 2013).

3.6 Factores que afectan la producción y la calidad de la leche

La producción de leche en el ganado ovino puede verse influida por numerosos factores que ejercen su acción a lo largo del ciclo de producción de la oveja. La determinación de dichos factores, así como la cuantificación del efecto sobre la curva de lactación es un dato de gran relevancia a la hora de mejorar y modificar medidas de manejo, diseño de instalaciones, protocolos de trabajo, etc. (Elvira, 2016).

Los factores se pueden dividir en dos grandes grupos: factores intrínsecos, es decir, aquéllos que dependen directamente del animal y son, por tanto, difíciles de modificar y los factores extrínsecos, también llamados ambientales, que son aquéllos sobre los que podemos modificar de forma sencilla a través de prácticas de manejo (Rodríguez, 2013).

3.6.1 Factores intrínsecos

- **Genéticos: Genotipo y potencial productivo (raza)** (Elvira, 2016)

Existe una gran diversidad de razas ovinas productoras de leche, en contraposición a lo que ocurre con la especie bovina. Esto se debe en parte a la variedad de los sistemas productivos y a la fuerte dependencia del medio donde estas son producidas. Sin embargo, unas pocas razas se han seleccionado a lo largo del tiempo, logrando producciones excepcionales (Elvira, 2016).

Son pocas las determinaciones realizadas sobre los rendimientos lecheros de las diferentes razas de ovejas sometidas a las mismas condiciones de manejo. La variación de rendimiento entre individuos de una misma raza suele ser amplia, en general, se aprecia una tendencia de mayor producción en ovejas más pesadas de una misma raza y menor producción en las más ligeras (Rodríguez, 2013).

La raza y el genotipo de las ovejas afectan la calidad y la cantidad de la leche producida (tabla 3 y 4). La selección para la producción lechera ha llevado a la creación de razas lecheras de ovejas que producen más leche que las criadas específicamente para carne y lana. Por ejemplo, el tipo lechero Awassi puede producir hasta 1000 L de leche en una lactación, pero Poll Dorset, una raza de carne, produce solo 100–150 L de leche por lactación (Bencini & Pulina, 1997).

Existe una relación negativa entre la producción de leche y la concentración de los componentes en esta, ya que las razas de ovejas seleccionadas para la producción lechera (Awassi, East Friesian, Lacaune y Sarda) tienden a tener concentraciones relativamente bajas de grasa y proteína (Bencini & Pulina, 1997).

Buena parte de las diferencias productivas entre las principales razas de ovejas son atribuibles a los efectos del medio, sin embargo, hay otras que son debidas a efectos genéticos. Debido a esto, el potencial productivo o potencial genético para la producción de leche de una raza de ovejas se considera como la cantidad que es capaz de producir cuando su genotipo se manifiesta en las óptimas condiciones ambientales (Rodríguez, 2013).

Tabla 3. Duración de la lactación, producción y composición de la leche en razas ovinas (Ferro *et al.*, 2017)

Razas	Número de animales	Duración (días)	Total de leche obtenida (kg)	Producción láctea (kg/día)	Grasa en leche (%)	Proteína en leche (%)	Lactosa (%)	Sólidos totales (%)
Awassi	43	120-300	130-550	1.11	5.87	5.44	5.09	16.2
Chios	36	170-250	135-300	1.46	6.40	5.55	4.81	15.7
Comisana	23	182	112	0.83	6.96	5.77	4.87	-
Dorset	43	-	99	1.12	8.41	5.16	4.85	19.4
East Friesian	21	300-365	500-900	1.16	5.95	5.22	4.75	16.9
Lacaune	28	160-170	434	1.65	6.67	4.72	4.65	-
Manchega	16	150-270	80-250	0.89	7.05	5.81	4.86	17.5
Merino	41	-	-	1.23	8.21	5.59	5.37	19.7
Sarda	27	168	116	1.36	6.11	5.22	4.79	17.9
Tsigai	31	162	-	0.62	7.73	5.99	4.99	18.8

Tabla 4. Clasificación de las principales razas ovinas en relación con su nivel de producción láctea (Elvira, 2016)

Potencial productivo	Alto >200 L	Assaf, Awassi, Sarda, Chios, Lacaune, Milchscaf
	Medio 60-200 L	Comisana, Latxa, Castellana, Manchega, Serra de estrela
	Bajo <60 L	Arabi, Karaman, Karakachan, Kivercik, Ruda, Zackel, Tsigai, Bordaleiro, Mytileni, Silicosarda, Talaverana, Soppravissana

3.6.2 Factores extrínsecos

- **Edad y número de lactación** (Gabiña *et al.*, 1993; Hassan, 1995; Macciotta *et al.*, 1999; Selvaggi *et al.*, 2017; Ángeles *et al.*, 2018)

La edad de la oveja, expresada habitualmente por el número de parto o de lactación, influye de forma notable en la producción de leche en los primeros años de vida (Rodríguez, 2013). En general, la producción de leche se incrementa gradualmente con el número de parto, siendo mayor el incremento entre el primero y segundo, donde puede alcanzar un incremento del 20% (Elvira, 20016). La cantidad de leche producida mejora entre la 3° y 6° lactación, presentando el máximo de producción en la cuarta y una relativa estabilización con una tendencia al descenso después de esto (Rodríguez, 2013). Esto fue demostrado por Angeles *et al.* (2018) donde confirmaron que el número de partos afecta significativamente la producción de leche, encontrando que las ovejas de 1° parto presentan una menor producción láctea (68.1 L) y esta aumenta en el 2° parto (72.2 L) y alcanza un pico en el 3° parto (95.9 L), y luego disminuye en el 4° parto (75.0 L).

Se ha demostrado que existe una estrecha relación entre la edad y el peso del animal y se llega a considerar que el peso adulto se alcanza hasta la tercera lactación, por ello que es después de este periodo cuando se obtiene mayor cantidad de leche (Martínez, 2014)

Después de la 6° lactación, la tasa de descenso en lactaciones sucesivas está muy influenciada por la nutrición, manejo y factores tales como la permanencia de los dientes, afectaciones podales y exposiciones a factores de estrés (Rodríguez, 2013).

La concentración de los constituyentes de la leche parece seguir un patrón similar al de producción, es decir, hembras jóvenes producen leche con menores concentraciones de grasa, proteínas y por ende sólidos totales; a medida que el animal avanza en edad y en número de partos, la concentración de los sólidos totales en la leche también aumenta (Tarazona, 2020).

- **Mes del parto** (Gabiña *et al.*, 1993; González *et al.*, 2021).

El efecto de las condiciones climáticas varía de acuerdo a la raza, orientación productiva (carne, leche o lana), el nivel de producción y la ubicación geográfica del rebaño (Tarazona, 2020). Factores ambientales como la temperatura, la humedad

relativa, la velocidad del viento, la radiación solar y las precipitaciones pueden influir en el bienestar de los animales y, por lo tanto, influir en la producción y composición fisicoquímica de la leche (González *et al.*, 2021).

Bajo condiciones de pastoreo, se ha observado una mayor producción láctea en distintas razas ovinas, como la Lacaune, Sarda y Latxa cuando la lactación comienza en primavera. El efecto estacional se asoció parcialmente a la disposición de pasto, la cual tendría un efecto especialmente positivo en las ovejas que paren cerca de este periodo y alcanzan el inicio de la lactación en primavera. De hecho, en la raza Latxa las mayores producciones se hallan en las ovejas que paren entre noviembre y febrero, mientras que las menores se asocian a las ovejas que paren a partir de marzo (Elvira, 2016).

Bajo condiciones de producción intensivas, en ausencia de pastoreo y con raciones alimenticias adaptadas al nivel de producción, las variaciones asociadas a la estacionalidad tendrían que ser mínimas. Sin embargo, se ha evidenciado que existen variaciones estacionales asociadas a los efectos del fotoperiodo y a la temperatura en condiciones intensivas de producción. La menor producción durante los meses de verano, cuando se alcanzan las temperaturas más altas del año, podría explicarse por un descenso en la ingesta de alimento asociado a la temperatura, así como a los posibles efectos directos del estrés por calor sobre la síntesis y secreción de leche (Elvira, 2016).

González *et al.* (2021), mencionan que en ovejas Churra el máximo de producción diaria de leche y el mínimo de conteo de células somáticas ocurre en verano, mientras que el mínimo de producción diaria de leche y el máximo conteo de células somáticas ocurre en otoño, de igual manera, mencionan que los contenidos de grasa y proteína más altos se dan en otoño. Por otro lado, Velarde *et al.* (2022) demostraron que la temporada de parto tiene un efecto significativo sobre la producción total de leche y la duración de la lactación, habiendo mayores rendimientos y lactaciones más largas en ovejas que parieron en otoño-invierno.

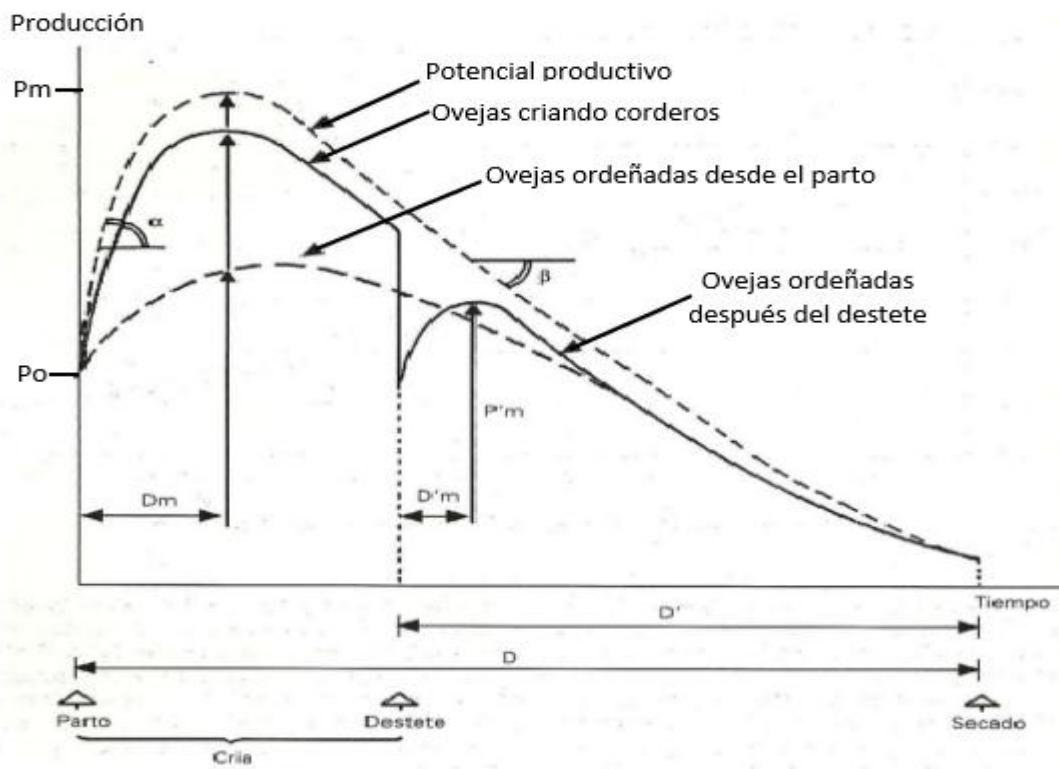
Se ha establecido que la leche de oveja producida en verano tiene un bajo rendimiento quesero debido a los largos tiempos de cuajo, la mala consistencia de la cuajada y las altas actividades proteolíticas y lipolíticas. Esto sugiere que los factores ambientales son importantes para la calidad de la leche de oveja: las altas

temperaturas no afectan la composición de la leche, pero los días largos resultan en una menor concentración de proteína y tasas reducidas de secreción de grasas y proteínas. Sin embargo, el principal factor que afecta la calidad de la leche en verano puede ser el escaso valor nutritivo de los pastos (Bencini & Pulina, 1997).

- **Etapas de lactación** (Bencini & Pulina, 1997)

La etapa de lactación afecta notablemente la cantidad y la calidad de la leche producida (figura 1). La lactación comienza con el parto y los rendimientos diarios aumentan rápidamente durante las primeras semanas (Bencini & Pulina, 1997). Los rendimientos máximos se alcanzan alrededor de la tercera a la quinta semana de lactación hasta llegar a un pico, disminuyendo a partir de ahí con una pendiente más o menos inclinada hasta el secado, dependiendo de muchos factores como la raza, el tamaño de la camada o el clima, de tal forma que la curva adquiere una forma marcadamente asimétrica (figura 1) (Rodríguez, 2013).

Figura 1. Curva de lactación de ganado ovino (Rodríguez, 2013).



P_m : Producción máxima
 P_o : Producción mínima
 D_m : Fecha del máximo
 D : Duración total

- **Número de corderos nacidos** (Gabiña *et al.*, 1993; Hassan, 1995; Selvaggi *et al.*, 2017; Ángeles *et al.*, 2018)

Es bien sabido que el tamaño de la camada modifica los perfiles endocrinos en las ovejas preparto, lo cual conlleva a una mayor producción de esteroides ováricos y otras hormonas placentarias, como el lactógeno placentario y, como consecuencia, la mamogénesis y la lactogénesis pueden verse afectadas positivamente por un aumento de la masa fetal y placentaria traduciéndose en un incremento productivo durante la lactación. Por otro lado, algunas investigaciones no reportaron ningún efecto del tamaño de la camada sobre la producción de leche y la duración de la lactación. En tales casos, el efecto del tamaño de la camada puede quedar oculto por la desnutrición de la madre antes o después del parto (Rodríguez, 2013; Selvaggi *et al.*, 2017).

Prpić *et al.* (2016), Selvaggi *et al.* (2017) y Ángeles *et al.* (2018) confirman que las ovejas con 2 o más corderos tienen una mayor producción láctea, sin embargo, Prpić *et al.* (2016) menciona que la leche producida por estas ovejas contiene una menor cantidad de sólidos totales en comparación con la producida por ovejas con 1 cordero. Además, la leche producida por ovejas con 2 o más corderos presenta un mayor conteo de células somáticas, esto puede ser debido a la frecuente apertura del canal del pezón, lo que abre el camino para la penetración de microorganismos en el interior de la glándula mamaria, pero también se le puede atribuir al mayor daño mecánico que existe por la succión frecuente de 2 o más corderos.

- **Alimentación** (Elvira, 2016)

La mayoría de los componentes principales de la leche son sintetizados en las células epiteliales mamarias a partir de precursores químicos que circulan en la sangre, los cuales son derivados directos e indirectos de los alimentos ingeridos por el animal y pueden variar en función de la composición de la dieta (Pulido, 2017), por esto, la alimentación es uno de los principales factores condicionantes de la producción de leche y sus efectos pueden apreciarse tanto en su cantidad, como en su calidad (Rodríguez, 2013). Es especialmente importante a partir del último tercio de gestación, ya que a partir de ese momento tiene lugar el desarrollo del tejido secretor de la ubre, probablemente debido a la acción del lactógeno placentario secretado

durante la gestación, lo que incrementaría el número de células mamarias secretoras y, por tanto, el potencial productor (Elvira, 2016).

Al inicio de la lactación se produce un aumento rápido de la producción de leche y un incremento paralelo de las demandas energéticas y proteicas. Sin embargo, la capacidad de ingestión es limitada, provocando una movilización de reservas corporales y la consecuente pérdida de peso. Por tanto, una apropiada alimentación durante la gestación influye en la producción lechera porque permite acumular suficientes reservas grasas, que podrán ser movilizadas, posteriormente, durante los primeros meses de lactación (Elvira, 2016).

La nutrición tiene un efecto limitado en las características microbiológicas de la leche de oveja, que son principalmente atribuibles a las condiciones higiénicas durante el ordeño. Sin embargo, una deficiencia de selenio puede comprometer las propiedades antioxidantes del tejido mamario y causar un aumento en el recuento de células somáticas de la leche (Bencini & Pulina, 1997).

- **Peso y reservas corporales** (Rodríguez, 2013; Elvira, 2016).

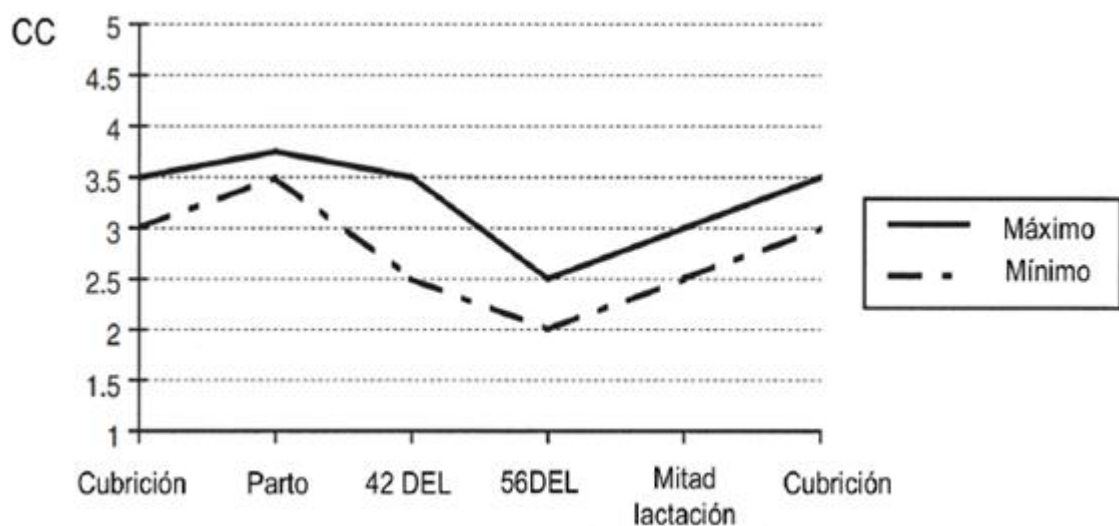
La condición corporal (CC) de la oveja en el momento del parto, medida con escala entre 1 (muy delgada) y 5 (extremadamente gorda), es uno de los factores que más influencia la producción lechera durante los primeros meses de lactación, dado que parte de la leche producida en esa fase (más de un tercio), depende de la movilización de grasa corporal. Esto se debe a que las ovejas no son capaces de consumir suficientes nutrientes para satisfacer las necesidades de producción de leche al comienzo de la lactación, por lo que tienen que recurrir a la movilización de reservas corporales, que se traduce en una pérdida de peso. Afortunadamente, el apetito de la oveja aumenta sustancialmente durante la lactación, de un 20% a 30% las primeras dos semanas, declinando lentamente después. Sin embargo, si las ovejas no consumen una dieta adecuada, la utilización de las reservas corporales no permite, por sí sola, sostener una producción de leche elevada en esta primera fase. Por ello, parece existir una relación positiva entre el peso vivo de la oveja al parto y su nivel de reservas corporales con la producción de leche a lo largo de toda la lactación (Rodríguez, 2013; Elvira, 2016).

Por esto es importante que las ovejas lleguen al parto con una buena CC (figura 2), apuntando como CC ideal 2,5 – 3 un mes antes del parto y 2 - 2,5 al parto, pudiendo

variar según la raza. Las ovejas con baja CC en el mes previo al parto ($CC < 2$) es recomendable proporcionar energía adicional en la dieta a fin de prevenir la aparición de toxemia de gestación. Por otro lado, también debemos evitar que alcancen una CC excesiva ($CC > 4$), ya que ésta predispone al padecimiento de toxemia de gestación, debido al incremento de cuerpos cetónicos en sangre como resultado del catabolismo lipídico (Elvira, 2016).

Una vez iniciada la lactación las ovejas no deberían perder más de un punto de CC en las primeras seis semanas postparto. Una excesiva pérdida de peso durante la primera fase de lactación provocará una reducción en la producción láctea que tendrá efectos negativos sobre la segunda parte de la lactación, incrementará el riesgo de cetosis y, además, reducirá la fertilidad (Elvira, 2016).

Figura 2. Objetivo de condición corporal (CC) a lo largo del ciclo productivo de las ovejas lecheras (Elvira, 2016).



- **Manejo reproductivo: Edad al primer parto** (Elvira, 2016)

Las ovejas que tienen su primer parto más jóvenes, tienen una producción menor durante la primera lactación. Estos resultados se han descrito en distintas razas como la Lacaune, Latxa, y Awassi, así como en vacas lecheras, con disminuciones de hasta un 20% en las corderas que tienen su primera lactación al año de vida frente a las de dos años, y de un 30% en relación a las de tres años (Elvira, 2016).

De hecho, se ha comprobado que la edad óptima al primer parto se sitúa entre los 390 a 450 días de edad (de 13 a 15 meses), donde las corderas que paren antes de

los 390 días o después de los 450 días cuentan con significativamente mayor probabilidad de presentar una menor producción acumulada a lo largo de su vida productiva y una mayor probabilidad de ser desechadas más precozmente (Elvira, 2016).

- **Manejo reproductivo: Intervalo entre partos y gestación** (Elvira, 2016)

Se ha descrito cómo la concepción reduce la producción en razas ovinas de alta producción lechera como la Awassi y sus cruces. El momento en que tiene lugar la concepción afecta negativamente a todos los parámetros de la curva con la excepción del máximo potencial secretor. De forma que una concepción temprana da lugar a lactaciones con menor persistencia, menor pico máximo de producción y menor tamaño de camada (Elvira, 2016).

La concepción tiene un efecto a corto plazo con un incremento de la producción entre 1-2 semanas posconcepción, seguido de niveles similares a los preconcepción a las 4 semanas y posteriormente, una caída en la producción a medida que avanza la gestación. Para evitar este efecto, en los países mediterráneos las ovejas se suelen ordeñar de forma estacional durante 180 días de forma que no se solapen ordeño y gestación. Sin embargo, si se quiere evitar la estacionalidad en la producción y maximizar la rentabilidad del rebaño es necesario que la gestación se solape para evitar largos periodos secos y una menor producción (Elvira, 2016).

- **Recría de los corderos: Número de corderos amamantados** (Rodríguez, 2013; Elvira, 2016)

Éste es uno de los factores que más afecta a la producción de leche de las ovejas que crían corderos. Las ovejas que amamantan dos corderos presentan una producción mayor que las que amamantan uno, debido a que en estas últimas, al no producirse un vaciado completo de la ubre se inhibe el proceso de síntesis de leche. Se ha visto que ovejas bien alimentadas, que crían gemelos, producen un 40% más leche que las ovejas que crían un solo cordero y reciben niveles similares de alimentación (Rodríguez, 2013).

Además, las ovejas que crían a más de un cordero alcanzan un máximo de producción mayor y más precoz (2°-3° semana) que las de cría única (4° semana), así como una mayor persistencia de la curva de lactación. No obstante, a las 12-16 semanas de

lactación son muy similares los rendimientos de las ovejas que crían gemelos o un solo cordero (Martínez, 2014; Elvira, 2016).

Este efecto del número de corderos sobre la producción refleja el estímulo del cordero o corderos durante la fase de amamantamiento, que probablemente dependa del potencial productivo de la raza y de la longitud de la lactación (Elvira, 2016)

- **Recría de los corderos: Destete** (Rodríguez, 2013; Elvira, 2016)

El destete total o parcial del cordero produce un descenso de la producción de leche durante la lactación temprana (de cerca del 30%) como consecuencia del estrés por separación y la escasa adaptación de la oveja a la máquina de ordeño y el entorno de la sala de ordeño (Rodríguez, 2013). Se ha observado un periodo crítico del vínculo entre el cordero y su madre de seis horas de duración por encima del cual la retirada de la cría causa estrés. Con el fin de evitar este descenso de producción se han desarrollado distintos tipos de destete: desde la separación al nacimiento y lactancia artificial, hasta el destete precoz o tardío y ordeño posterior, pasando por varios grados de simultaneidad entre cría y ordeño (Elvira, 2016).

El destete parcial puede incrementar la producción de leche, pero normalmente es asociado con la baja de peso de los corderos, por esto la propuesta para este sistema es permitir a los corderos amamantarse de 8 a 12 horas del día y separarlos en la noche para ordeñar a las ovejas en la mañana siguiente, o dejar mamar a los corderos durante 15 a 30 minutos después del ordeño, con esto no se vería afectada la producción de leche ni el crecimiento de los corderos (Rodríguez, 2013).

Murphy *et al.* (2017) en un trabajo realizado con ovejas East Friesian reportaron que las ovejas a las que se les extrajo el cordero poco después del nacimiento produjeron más leche, grasa y proteína 180 días después del parto, en comparación con ovejas que criaron a sus corderos durante aproximadamente 30 días. Además, la leche de las ovejas que criaron a sus corderos tuvo estadísticamente un mayor conteo de células somáticas, lo cual podría deberse a que los corderos lactantes crearon traumatismos e introdujeron más patógenos en la ubre que los procedimientos de ordeño.

- **El ordeño: Método de ordeño** (Rodríguez, 2013).

Puede ser manual, mecánico o una combinación de estos dos. Aunque sean distintos los dos métodos, se ha visto que la cantidad de leche no varía mucho si se pasa del ordeño manual al mecánico, perjudicando sólo ligeramente la composición de la misma (Rodríguez, 2013). Sin embargo, cuando el ordeño se realiza de forma manual las prácticas de higiene llegan a ser deficientes, lo que conduce a altos conteos de células somáticas (Bencini & Pulina, 1997). Esto principalmente se debe a que las bacterias de las manos del ordeñador pueden transmitirse a los pezones de las ovejas, pudiendo llegar a provocar mastitis cuando las defensas locales del pezón se encuentren afectadas y esto reflejarse en un recuento de células somáticas más alto (Lianou *et al.*, 2021).

Se dice que el ordeño mecánico no extrae la totalidad de la leche, obteniendo sólo el 65% de la producción, la cual se puede incrementar hasta en un 23% si se dan ligeros masajes al momento del ordeño, logrando obtener un 12% más de producción si después de la retirada de la pezonera se hace una extracción a mano (Rodríguez, 2013).

- **El ordeño: La máquina de ordeño** (Elvira, 2016)

La influencia de este factor está determinada por un conjunto de parámetros fundamentales: nivel de vacío, relación de pulsación (masaje-succión), velocidad de pulsación, características de la pezonera (silicona o caucho) y su sustitución periódica, capacidad de los colectores y altura de la línea de la leche (preferentemente línea baja). Además de las características de la máquina de ordeño, es fundamental su correcto mantenimiento y la revisión periódica de la misma para asegurar su correcto funcionamiento (frecuencia mínima anual) y evitar problemas asociados a un mal funcionamiento de la misma (Elvira, 2016).

Gonzalo *et al.* (2019) demostraron que existen diversas características de la máquina de ordeño que influyen en la variación del conteo de células somáticas, entre las cuales, el tiempo transcurrido desde la última revisión fue el factor más importante. Otros de los factores importantes como la antigüedad de la instalación, la presencia o ausencia de la línea del pulsador, la altura de la línea de leche, la reserva manual por unidad de ordeño, la caída de vacío, los diámetros principales de la tubería de aire y leche (encontrando un mayor conteo de células somáticas con menores

diámetros), el diámetro del tubo de pulsación por pulsador, la tasa y relación de pulsación y la temperatura del agua en la salida del calentador de agua también influyeron significativamente en el conteo de células somáticas.

- **El ordeño: Frecuencia o intervalo entre ordeños** (Elvira, 2016)

El intervalo y la frecuencia del ordeño tienen una importancia primordial en afectar el rendimiento de la leche, el reducir la frecuencia del ordeño da como resultado una pérdida en la producción de leche (Bencini & Pulina, 1997).

El vaciado de la ubre provoca un efecto positivo sobre la síntesis de leche en el ovino, caprino y vacuno, de forma que aumentando la frecuencia de ordeño aumentamos la producción (Elvira, 2016). Sin embargo, al realizar 3 ordeños al día no se incrementa suficientemente la producción para compensar el mayor esfuerzo realizado (Rodríguez, 2013).

Kremer & Rosés (2016) comprobaron que al realizar 2 ordeños al día en ovejas East Friesian se obtiene un aumento en la producción láctea del 29.5%. Por otro lado, Gonzalo *et al.* (2019) demostraron que una mayor frecuencia y tiempo de contacto entre la pezonera y el pezón, conduce a un mayor riesgo de contaminación bacteriológica de la leche.

- **El ordeño: Supresión de uno o varios ordeños** (Elvira, 2016)

La supresión de un ordeño acarrea una disminución importante en la producción de leche que puede ser de 18% a 30% cuando se pasa de dos ordeños a uno (Rodríguez, 2013). La magnitud de este efecto varía según la raza, la fase de lactación y diferencias individuales (tabla 5) (Elvira, 2016). Sin embargo, se ha comprobado en ovejas Assaf que, al aplicar un tratamiento de reducción de ordeño por un periodo de 28 días, pasando de dos a un ordeño diario, la glándula mamaria puede recuperar parcialmente su capacidad secretora terminando este periodo y recuperar la producción de leche cuando se pasa de nuevo a dos ordeños diarios. Por otro lado, se ha evidenciado que la reducción de la frecuencia de ordeño, de 2 a un ordeño al día, puede tener efectos negativos sobre la salud de la glándula mamaria. Este hecho podría estar relacionado, entre otros factores, con la pérdida de leche a través de los pezones provocada por la distensión de la ubre, lo que favorece que los gérmenes

patógenos atraviesen las barreras físicas de defensa que representa el esfínter del pezón (Pulido, 2017).

Tabla 5. Pérdida de producción de leche al reducir de dos a uno el número de ordeños diarios (Elvira, 2016).

Raza	Fase de lactación	% de pérdida de producción
Dorset	Toda	48
Chios	Inicio	22
Lacaune	Inicio	15
Manchega	Inicio-mitad	36.6
Lacaune	Inicio-mitad	10.5
Sarda	Mitad	24
Awassi	Mitad	18
Poll dorset	Mitad-final	20

- **Estado sanitario: Infecciones intramamarias** (Rodríguez, 2013; Elvira, 2016)

La salud de la ubre es un factor relevante que ejerce gran influencia sobre la producción. Se sugiere que un alto conteo de células somáticas puede estar asociado con una baja producción de leche (Rodríguez, 2013). En el caso del ovino, existe cierta controversia a la hora de definir la ubre sana, en general, se manejan cifras de entre 0,3 y 1,5 millones de cels/ml como el máximo admitido en una ubre sana, dado que el conteo de células somáticas parece variar con base a la raza, fase de lactación, manejo y edad. El principal problema a la hora de determinar el límite de células somáticas de la ubre sana en el ovino y caprino, a diferencia del vacuno, se encuentra en que la infección intramamaria, al contar con sólo dos glándulas, da lugar a un menor efecto dilución y de ahí el mayor conteo de células somáticas, tanto a nivel individual como de rebaño (Elvira, 2016).

Se sugiere que un nivel de infección menor al 25%, (considerado, en general, una producción de leche de buena calidad), supondría un conteo de 800.000 cels/ml en el tanque, con una merma de producción del 4.1%; Por otro lado, una tasa de infección

intramamaria del 25-50%, (considerado una producción de leche de calidad intermedia), daría un conteo de tanque de 1,400,000 cels/ml y una reducción de la producción del 8,2%. Por último, un porcentaje de infección superior al 50% daría lugar a un conteo de tanque de 2,000,000 cels/ml y una reducción de la producción del 12,2% (Elvira, 2016).

Por otro lado, se ha reportado que el porcentaje de proteína en leche disminuye cuando el conteo de células somáticas incrementa por encima de las 500,000 cels/ml, además, el porcentaje de grasa se reduce drásticamente cuando este conteo se encuentra por encima de 2 millones de cels/ml (Tarazona, 2020).

3.7 Sistemas de producción (Ganzábal & Montossi, 1991)

Se entiende por sistema de producción ganadera a una determinada manera de combinar numerosos elementos o factores con el fin de obtener un producto concreto. En el caso concreto del ganado ovino, los sistemas de producción resultan de las técnicas de manejo, alimentación y selección aplicadas a un rebaño en un determinado medio ecológico y socioeconómico, con el fin de obtener materias primas tales como carne, leche y lana (Vergara *et al.*, 1996).

En el caso del ganado ovino lechero, el objetivo principal es la obtención de leche cuyo principal destino es la elaboración de derivados lácteos para consumo humano, fundamentalmente quesos. Entre los factores que pueden influir y por tanto definir de qué tipo de sistema se trata se encuentran los siguientes:

- a) Base animal.
 - b) La disponibilidad y tipo de utilización de los recursos vegetales.
 - c) El grado de complementación.
 - d) La época de parto.
 - e) El ritmo reproductivo.
 - f) La duración del ciclo productivo.
 - g) El tipo de destete y/o duración del ordeño.
 - h) La metodología de ordeño (grado de mecanización y rutinas del mismo)
- (Vergara *et al.*, 1996).

No existe un límite claro entre los sistemas de producción en los cuales el objetivo fundamental es la obtención de leche y aquellos en los cuales la prioridad se encuentra establecida en la producción de corderos. Flamant y Casu, 1978 proponen

una clasificación de sistemas de producción ovina aceptada por la mayoría de los especialistas que divide los diferentes esquemas productivos según sus características en seis categorías (figura 3) (Ganzábal & Montossi, 1991):

Figura 3. Clasificación de los sistemas de producción ovina propuesta por Flamant y Casu, 1978 (Ganzábal & Montossi, 1991).



Los sistemas se caracterizan por lo siguiente:

- **Sistema 1.** Es el sistema desarrollado en todo el mundo para producción de corderos pesados y de lana. En él, los corderos permanecen lactando durante tres o cuatro meses y la oveja se seca cuando el cordero es destetado.
- **Sistema 2.** Los corderos son destetados tres o cuatro meses después de la parición y las ovejas se continúan ordeñando durante un mes después del destete. Es característico del centro y este de Europa y en majadas Merino de Portugal e Italia.
- **Sistema 3.** El destete de los corderos se realiza de cuatro a seis semanas después de la parición y las ovejas son ordeñadas por un período aproximado a los cinco meses, inicialmente dos veces y posteriormente una vez al día sobre el fin de la lactación. Se obtienen muy buenos precios por los corderos producidos y hay tendencia a engordar en base a concentrados luego de destetados para ser vendidos a mayores pesos. Es el esquema típico del sur de Europa en los países Mediterráneos.
- **Sistema 4.** Los corderos son encerrados durante el día mientras sus madres se encuentran en los campos de pastoreo. Las ovejas son ordeñadas una vez

por jornada antes de soltar los corderos. Es un esquema típico de los rebaños de los extremos semidesérticos, estepas asiáticas y norte de África.

- **Sistema 5.** Sistemas intensivos con buen nivel de alimentación y manejo, así como el uso de razas con muy buen potencial lechero. Al inicio de la lactación se ordeña una vez al día, posterior a que el cordero ha sido apartado de las ovejas por algunas horas. Posterior al destete, que ocurre aproximadamente a las ocho semanas del parto, las ovejas son ordeñadas dos veces diarias. Es común en países como Israel y Chipre, en los cuales el comienzo del ordeño se produce dos o tres días después de la parición y en unidades intensivas en España, donde comienza el ordeño dos semanas después del parto.
- **Sistema 6.** Es similar a los sistemas de producción de leche de vaca. Los corderos son destetados con 24 horas de vida y criados artificialmente. Las ovejas son ordeñadas durante diez meses. Es utilizado con majadas Milchschaaf en el norte de Alemania y ha sido adoptado en los modernos sistemas de Holanda e Inglaterra (Ganzábal & Montossi, 1991).

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

- Evaluar algunos de los efectos ambientales que afectan la producción de leche y su calidad en ovejas East Friesian en el Bajío.

4.2 Objetivos particulares

- Describir la producción de leche para observar su comportamiento en el tiempo
- Evaluar algunos de los efectos ambientales sobre la producción de leche
- Evaluar algunos de los efectos ambientales sobre la composición fisicoquímica de la leche

5. MATERIALES Y MÉTODOS

● Animales, Localización y Alimentación

Se estudió la lactación de 41 ovejas East Friesian negro con un peso promedio de 80 kg, las cuales fueron empadradas con un semental de su misma raza, se obtuvo una prolificidad de 1.65 y una tasa de destete de 1.2. De las 41 ovejas utilizadas en el estudio, 6 eran primíparas (15%) y 35 multíparas (85%); en cuanto al tipo de parto, 16 ovejas fueron de partos simples (39%) y 25 de partos múltiples (61%), dando un total de 68 corderos nacidos, 36 hembras (53%) y 32 machos (47%).

Este estudio se hizo en una unidad comercial de ovinos lecheros con el objetivo productivo de quesos madurados, pie de cría y venta de corderos para el abasto. La unidad de producción es un sistema estabulado, ubicado en Celaya Guanajuato, donde el clima es semiseco semicálido, con una precipitación pluvial promedio de 575 mm al año y 20.85°C de temperatura.

La alimentación de las ovejas se proporcionó en corral a base de heno de alfalfa y rastrojo de sorgo, esta alimentación se complementó con un concentrado a base de maíz, salvado de trigo, pasta de soya, grasa, melaza y levadura de cerveza que aporta un 20% de proteína bruta (PB) y 2.8 Mcal por kilogramo de materia seca. Este concentrado se ajustó de acuerdo con el estado fisiológico y nivel de producción de los animales. El modo en el que se suministró dicho concentrado fue el siguiente:

- Gestantes: 30 días antes del parto se aumentó de manera gradual la cantidad de concentrado de 0.3 kg hasta llegar a 1 kg al menos una semana antes del parto.
- Alta producción: durante los primeros meses de lactación la dieta se complementó con 1 kg de concentrado, tomando como criterio para seguir ofreciendo esta cantidad que las ovejas estuvieran produciendo al menos 0.6 L de leche al día.
- Baja producción: Cuando la producción de leche fue menor a 0.6 L/día, el concentrado ofrecido se fue disminuyendo paulatinamente de modo que, para el día del secado las ovejas consumían solamente 0.3 kg al día.

Lo que aportó cada dieta, ya con el complemento de las diferentes cantidades de concentrado y forraje, se describe en la siguiente tabla:

Tabla 6. Aporte de PB y EM de la dieta ya con su respectiva cantidad de concentrado ofrecida por etapa.

Etapa	PB (%)	EM (Mcal)	Proporción forraje/concentrado (%)
Gestantes (últimos 30 días)	12.9	2.2	88% / 12%
Alta producción	16.1	2.4	60% / 40%
Baja producción	12.9	2.2	88% / 12%
Secas	9.9	2.1	88% / 12%

La extracción de la leche se llevó a cabo de forma mecánica utilizando una ordeñadora móvil de 2 plazas, se realizó sólo un ordeño al día durante toda la lactación. Se midió la producción de leche y se evaluó su composición fisicoquímica cada 21 días durante un periodo de 10 meses.

El sistema de cría entra dentro del número 5 de la clasificación propuesta por Flamant y Casu (Ganzábal & Montossi, 1991) con la modificación de que posterior al destete se sigue realizando solo 1 ordeño al día. Durante los primeros 3 meses de lactación las ovejas fueron ordeñadas una vez al día (08:00 a. m.) y posterior al ordeño se juntaban con sus corderos para que éstos pudieran alimentarse, más tarde eran separados (08:00 p. m.) y volvían a juntarse hasta después del ordeño del día siguiente, este manejo fue el mismo hasta el momento del destete, posteriormente las ovejas de igual manera solo fueron ordeñadas una vez al día, con la diferencia de que éstas ya no amamantaban a sus corderos. El criterio para destetar a los corderos fue que éstos alcanzaran un peso vivo de al menos 20 kg, sin embargo, los corderos que no alcanzaron este peso en 3 meses fueron destetados de igual forma.

- **Obtención de las variables (factores y respuestas)**

Las variables respuestas que se consideraron para este trabajo fueron: producción de leche y las variables asociadas a la calidad de la leche como son el % de grasa, % de proteína, % de SNG, punto crioscópico y densidad.

La medición de la producción láctea se realizó durante el ordeño por medio de un pesador de leche porcentual tipo Waikato R cada 21 días durante los 10 meses de lactación. La leche contenida en este pesador porcentual al finalizar la ordeña de cada oveja (20 ml aproximadamente) fue la muestra utilizada para analizar su composición, éstas muestras se analizaron por separado inmediatamente después del ordeño.

El análisis para la calidad fisicoquímica de la leche se realizó con el aparato Ekomilk-Ultra Pro®, el cual es un analizador de ultrasonido de leche que mide los elementos la leche como lo son la grasa, los sólidos no grasos, la proteína, el punto crioscópico, y la densidad. Cabe mencionar que antes de iniciar el periodo experimental el equipo fue calibrado para la especie.

- **Análisis estadístico**

Para los factores ambientales se consideraron el mes (tiempo), número de parto (primípara y múltipara), tipo de parto (sencillo y múltiple), sexo del cordero nacido (macho y hembra), y efecto del destete (antes del destete y después del destete).

Para evaluar los efectos ambientales, los datos obtenidos se analizaron mediante el procedimiento GLM de SAS, utilizando el siguiente modelo de efectos mixtos:

$$y_{ijklmn} = \mu + M_i + d_{j(i)} + E_k + S_l + T_m + A_n + e_{ijklmn}$$

$$i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 \text{ y } 10 \quad k = 1 \text{ y } 2 \quad l = 1 \text{ y } 2 \quad m = 1 \text{ y } 2 \quad n = 1 \text{ y } 2$$

Donde:

y_{ijklmn} = observación individual de la producción de leche, porcentaje de grasa, porcentaje de proteína, sólidos no grasos, punto crioscópico y densidad

μ = media general

M_i = Efecto fijo del i -ésimo mes de lactancia

$d_{j(i)}$ = Error aleatorio asociado con la j -ésima oveja dentro del i -ésimo mes de lactación

E_k = Efecto fijo del k -ésimo edad de la oveja

S_l = Efecto fijo del l -ésimo sexo del cordero

T_m = Efecto fijo del m -ésimo tipo de parto

A_n = Efecto fijo del n -ésimo efecto de destete

e_{ijklmn} = error aleatorio

Para la prueba de diferencias entre media se realizó de acuerdo con la metodología de Tukey.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- **Producción de leche**

La producción de leche tuvo un promedio de 0.67 L/día durante los 10 meses de lactación, ésta inició con un promedio de 0.62 L/día y finalizó con un promedio de 0.31 L/día.

Respecto al efecto del factor mes (tiempo) fue significativo para la producción de leche ($P < 0.05$) (tabla 7); se encontró que la mayor cantidad de leche se produjo en el mes 3 con un promedio de 0.89 L/día, significativamente mayor en comparación con los meses 1, 5, 6, 7, 8, 9 y 10, pero sin diferencia significativa con los meses 2 y 4 ($P < 0.05$) como se muestra en la figura 4.

La producción de leche también se vio afectada significativamente por la edad de la oveja ($P < 0.05$) (Tabla 7); las ovejas adultas produjeron en promedio 0.66 L al día durante la lactación, el cuál fue significativamente mayor que el promedio de las ovejas jóvenes, que fue de 0.53 L al día ($P < 0.05$) (figura 5). La relación positiva entre la edad de la oveja (multíparas) y el rendimiento lechero está descrita por varios autores, como Murphy *et al.* (2017), Kremer *et al.* (2015), Konečná *et al.* (2013) y Sutura *et al.* (2018), donde confirman que los rendimientos de leche son menores en ovejas de primer parto y reportaron mayores rendimientos en ovejas de tercer o cuarto parto, similar a lo encontrado en este trabajo; esto se puede interpretar como el efecto de la madurez con el avance de la edad de paridad (Sutura *et al.*, 2018). Por otra parte, existe una menor provisión de nutrientes a la glándula mamaria, los cuales se utilizan principalmente para finalizar su crecimiento y una menor provisión es destinada para la lactancia, además, las ovejas más jóvenes tienen menor peso corporal, condición corporal y reservas corporales que las ovejas mayores. En este sentido, en los pequeños rumiantes, los alvéolos y las estructuras secretoras que se desarrollan en la lactancia, no desaparecen por completo durante la involución y, además de las que se forman en la lactancia posterior, aumentan el volumen de la ubre, especialmente, el tejido parenquimatoso secretor, que podría contribuir a la reducción de la producción diaria de leche después de la sexta lactancia (González *et al.*, 2021).

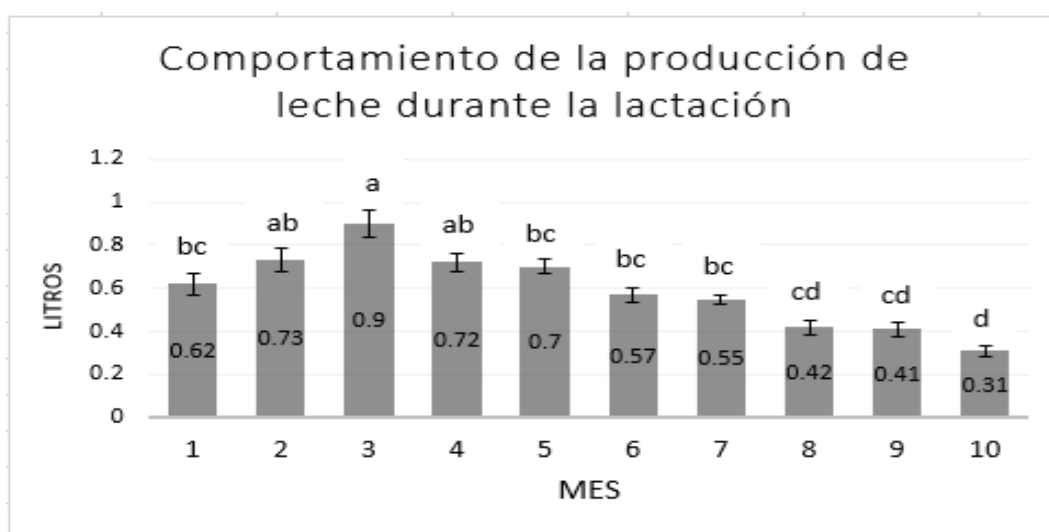
No se observaron efectos de los factores para tipo de parto, sexo y efecto al destete con respecto a la producción de leche ($P > 0.05$) (cuadro 7, figuras 6, 7 y 8).

Tabla 7. Valores de F obtenidos de los análisis de varianza para los diferentes efectos sobre la producción de leche.

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Mes	9	10.634	1.182	10.98	<.0001**
Edad	1	0.971	0.971	9.02	0.003**
Tipo de parto	1	0.345	0.345	3.20	0.074
Sexo del cordero	1	0.377	0.377	3.50	0.061
Efecto al destete	1	0.006	0.006	0.06	0.814

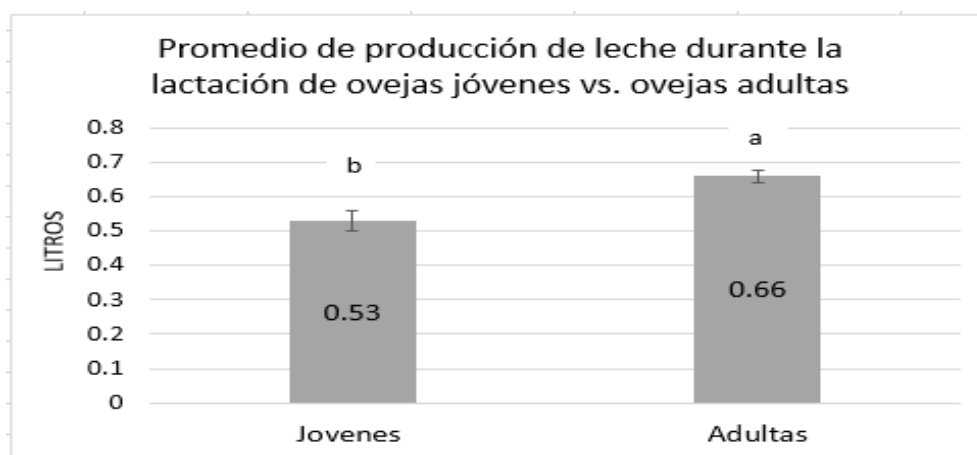
**Efectos altamente significativos

Figura 4. Medias de la producción de leche por mes.



-Literales diferentes denotan diferencias significativas (P<0.05).

Figura 5. Medias de la producción de leche por edad.



-Literales diferentes denotan diferencias significativas (P<0.05).

Figura 6. Medias de producción de leche con base al tipo de parto.

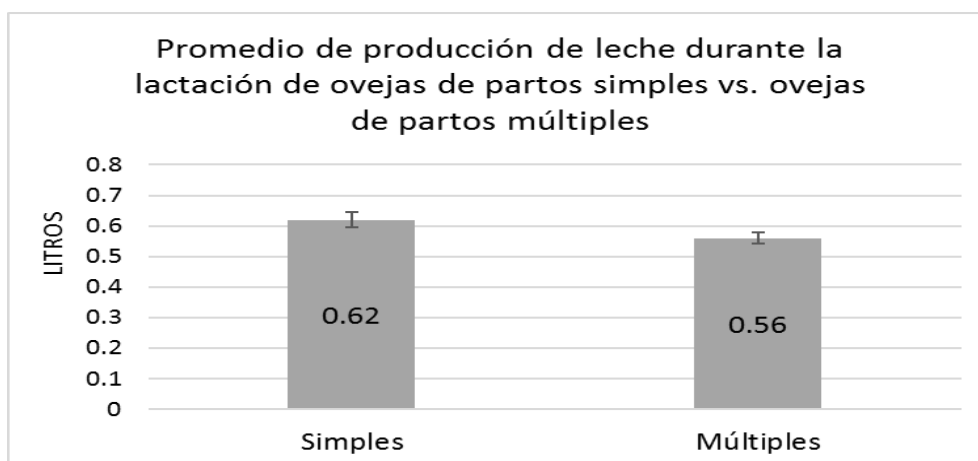


Figura 7. Medias de producción de leche para el factor sexo.

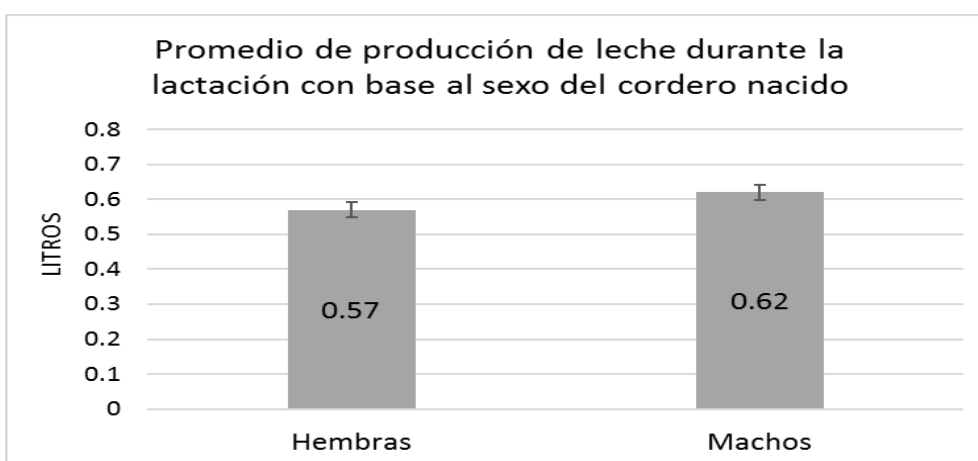
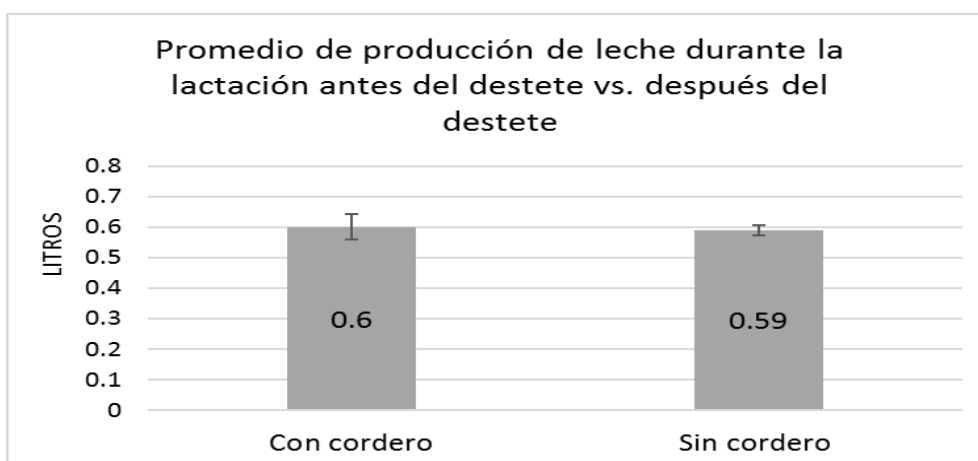


Figura 8. Medias de producción de leche para el factor efecto del destete.



- **Proteína**

El contenido promedio de proteína en leche al día fue de 6.2% durante el período de ordeño. Este parámetro se vio afectado por el mes de lactación ($P < 0.05$) (figura 9). En promedio, la proteína en leche tuvo un comportamiento casi constante, el porcentaje promedio en el mes seis fue significativamente mayor comparado con los meses 1, 2, 3, 4, 5, 7 y 10, pero sin diferencia significativa con el mes 8 ($P < 0.05$) (figura 9).

Por otro lado, el tipo de parto también fue significativo en el contenido de proteína en leche ($P < 0.05$) (tabla 8). Las ovejas de partos múltiples produjeron leche con un mayor contenido de proteína significativamente comparado con la leche producida por ovejas de partos simples ($P < 0.05$) (figura 11), lo que coincide con los resultados obtenidos por Giordano (2014) y Konečná *et al.* (2013), dónde obtuvieron niveles significativamente más altos de proteína en leche de ovejas que destetaron más de un cordero.

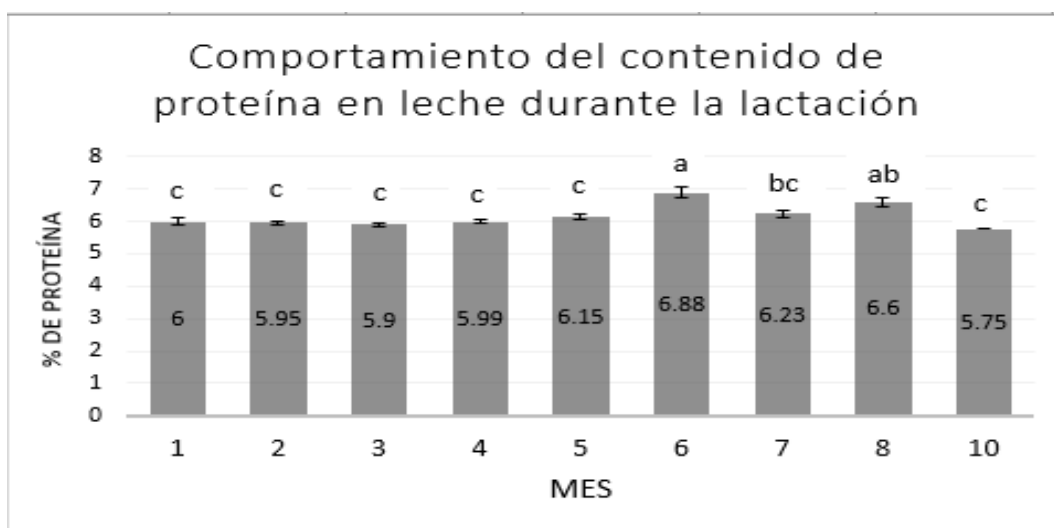
No se observaron efectos del edad, sexo y efecto al destete con respecto al contenido de proteína en la leche ($P > 0.05$) (tabla 8, figuras 10, 12 y 13).

Tabla 8. Valores de F obtenidos de los análisis de varianza para los diferentes efectos sobre el % de proteína en leche.

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Mes	8	10.121	1.265	7.38	<.0001**
Edad	1	0.022	0.022	0.13	0.723
Tipo de parto	1	2.036	2.036	11.89	0.001**
Sexo del cordero	1	0.079	0.079	0.46	0.499
Efecto al destete	1	0.022	0.022	0.13	0.720

**Efectos altamente significativos

Figura 9. Medias del porcentaje de proteína en la leche por mes.



-Literales diferentes denotan diferencias significativas ($P < 0.05$).

Figura 10. Medias del porcentaje de proteína en la leche por edad.

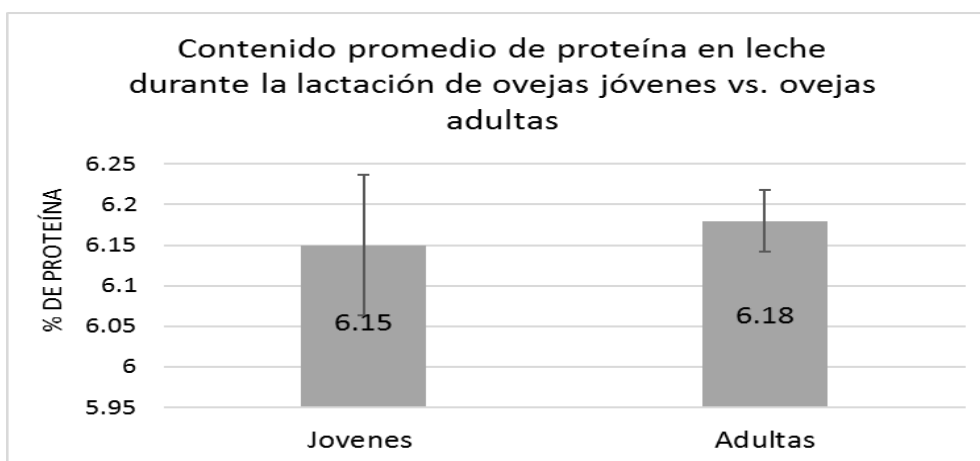
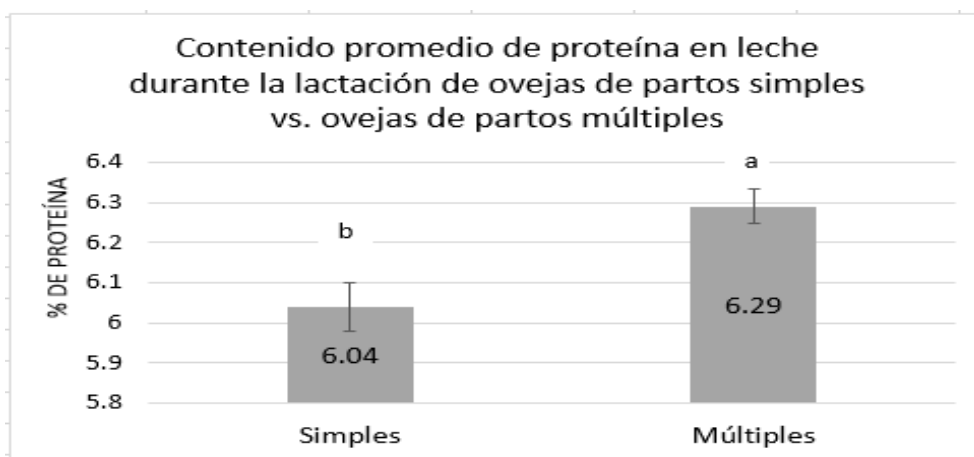


Figura 11. Medias del porcentaje de proteína en la leche por tipo de parto.



-Literales diferentes denotan diferencias significativas ($P < 0.05$).

Figura 12. Medias del porcentaje de proteína en la leche por sexo del cordero.

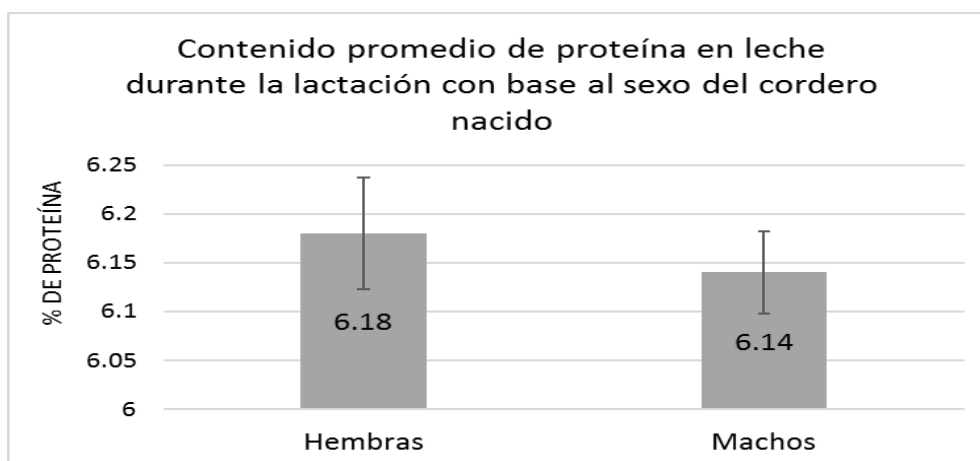
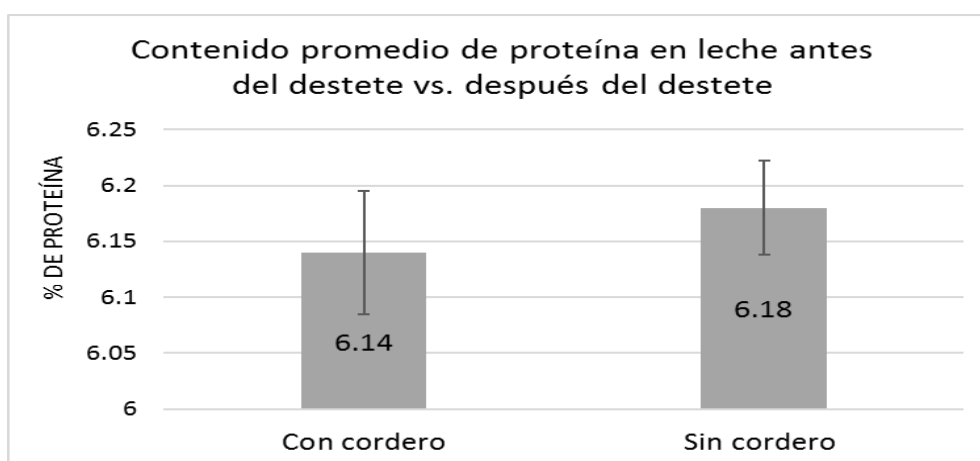


Figura 13. Medias del porcentaje de proteína en la leche por el efecto del destete.



- **Grasa**

El contenido promedio de grasa en leche durante la lactación fue de 6.25% al día. El porcentaje de grasa en leche se afectó significativamente por el mes de lactación ($P < 0.05$) (tabla 9), donde en promedio la leche producida en los meses ocho y diez contenía un mayor porcentaje significativamente comparado con el resto de los meses (figura 14), observaciones similares fueron reportadas por Yabrir *et al.* (2013) y Komprej *et al.* (2012), donde obtienen que el porcentaje de grasa aumenta a medida que avanzaba la lactación, lo que se puede explicar por el descenso de la producción de leche al final de la lactación y por ende un aumento en el contenido de sólidos en la misma.

De igual manera, el contenido de grasa se vio afectado significativamente por el tipo de parto ($P < 0.05$) (tabla 9), teniendo en promedio un mayor contenido de grasa la

leche producida por ovejas de partos simples (figura 16), una influencia similar del número de corderos sobre el contenido de grasa en leche es reportada por Prpić *et al.* (2016) y Kremer *et al.* (2015) con ovejas East Friesian, dónde reportan que la leche de ovejas con un cordero tiene en promedio 6.18% y 5.57% de grasa y la de ovejas con mellizos o trillizos tiene 5.94% y 5.06%, respectivamente; promedios que son ligeramente menores a los obtenidos en este trabajo. Resultados similares son obtenidos por Ochoa *et al.* (2007) con ovejas Rambouillet, donde, de igual manera, menciona que las ovejas que amamantaron corderos de parto sencillo produjeron leche con mayor contenido de grasa que las ovejas que amamantaron gemelos.

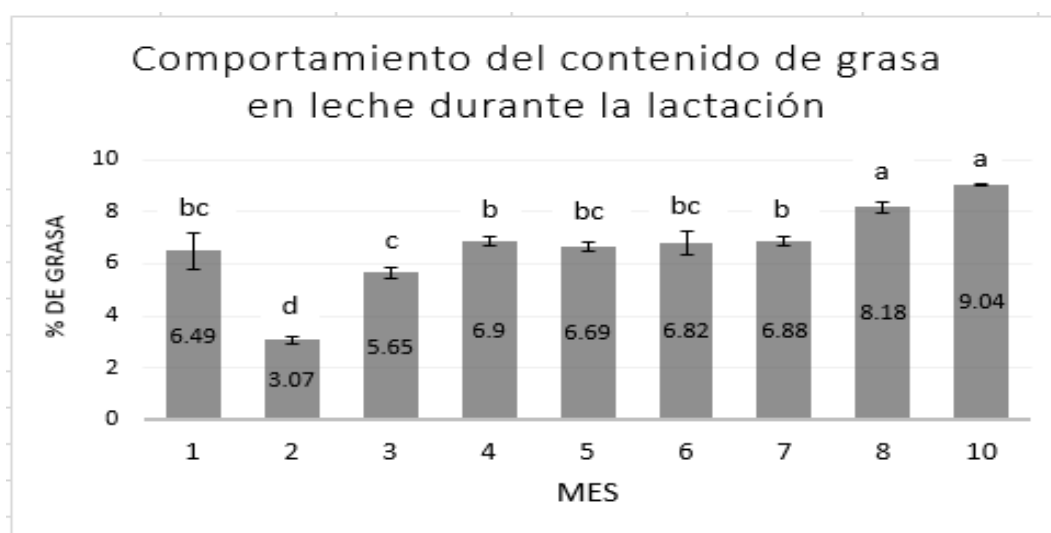
No se observaron efectos del edad, sexo y efecto al destete con respecto al porcentaje de grasa contenida en leche ($P > 0.05$) (tabla 9, figura 15, 17 y 18).

Tabla 9. Valores de F obtenidos de los análisis de varianza para los diferentes efectos sobre el porcentaje de grasa en leche.

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Mes	8	293.134	36.642	32.23	<.0001**
Edad	1	3.074	3.074	2.70	0.102
Tipo de parto	1	4.819	4.819	4.24	0.041*
Sexo del cordero	1	0.912	0.912	0.80	0.372
Efecto al destete	1	2.774	2.774	2.44	0.120

**Efectos altamente significativos, *efectos significativos.

Figura 14. Medias del porcentaje de grasa en la leche por mes.



-Literales diferentes denotan diferencias significativas ($P < 0.05$).

Figura 15. Medias del porcentaje de grasa en la leche por edad.

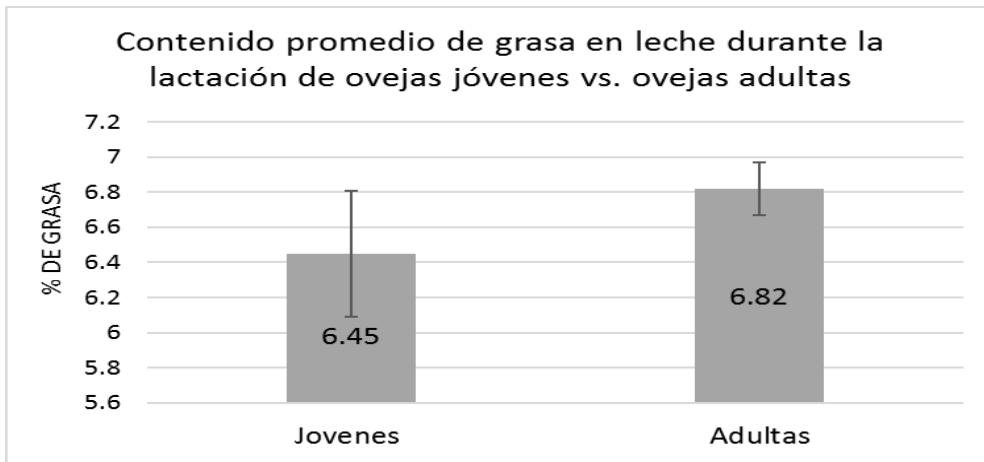
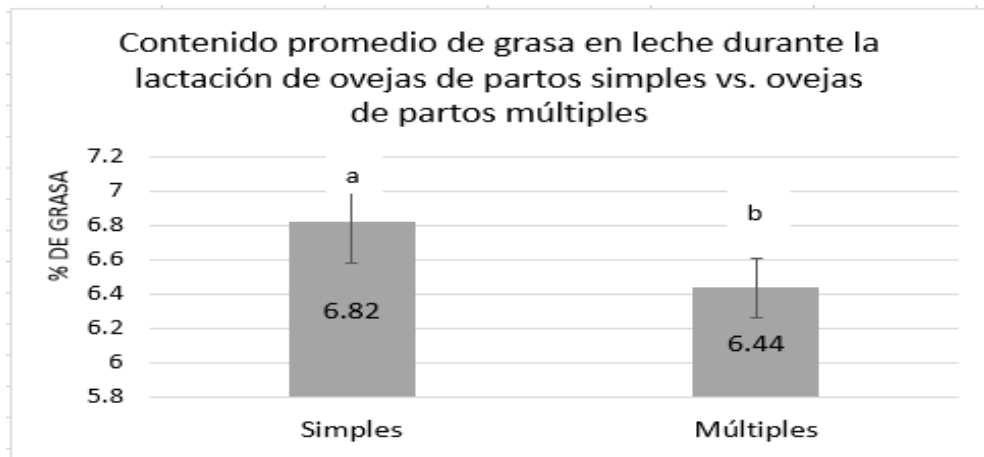


Figura 16. Medias del porcentaje de grasa en la leche por tipo de parto.



–Literales diferentes denotan diferencias significativas ($P < 0.05$).

Figura 17. Medias del porcentaje de grasa en la leche por sexo.

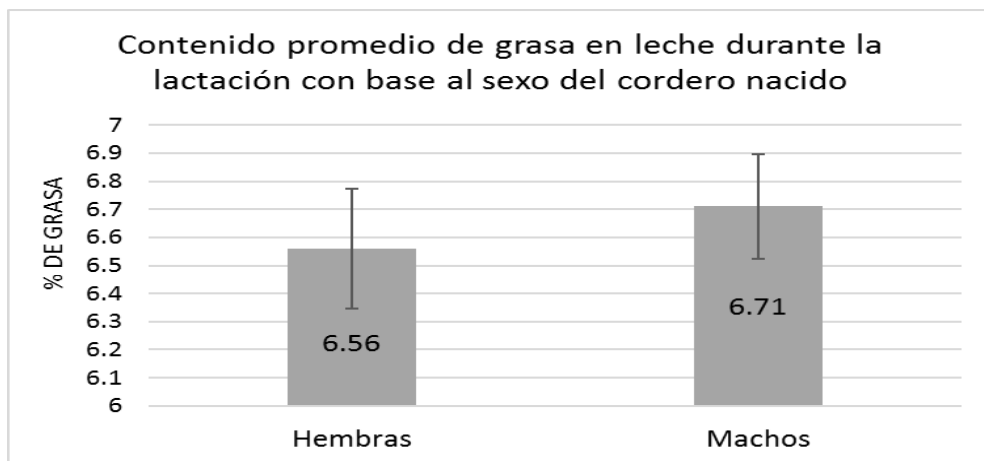
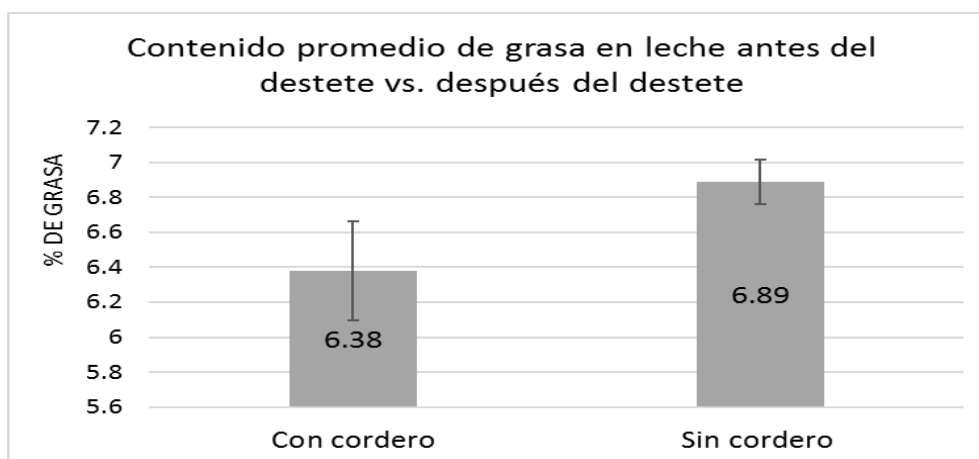


Figura 18. Medias del porcentaje de grasa en la leche por efecto del destete.



- **Sólidos no grasos (SNG)**

El contenido promedio de SNG en leche fue de 11.72% al día; este parámetro se afectó significativamente por el mes de lactación ($P < 0.05$) (tabla 10). Las mediciones más altas se obtuvieron en los meses seis, ocho y diez significativamente comparado con el resto de los meses ($P < 0.05$) (figura 19). Esto corresponde con lo reportado por Kuchtík *et al.* (2008), donde en un trabajo realizado con ovejas East Friesian menciona que la etapa de lactación afecta significativamente el contenido de SNG, encontrando que éstos aumentan gradualmente conforme avanza la lactación, algo similar a lo encontrado en este trabajo.

Por otro lado, el contenido de SNG en leche se afectó por el tipo de parto ($P < 0.05$) (tabla 10). Dónde la leche producida por ovejas de partos múltiples mostró una mayor cantidad de sólidos totales comparado con la producida por ovejas de parto sencillo ($P < 0.05$) (figura 21).

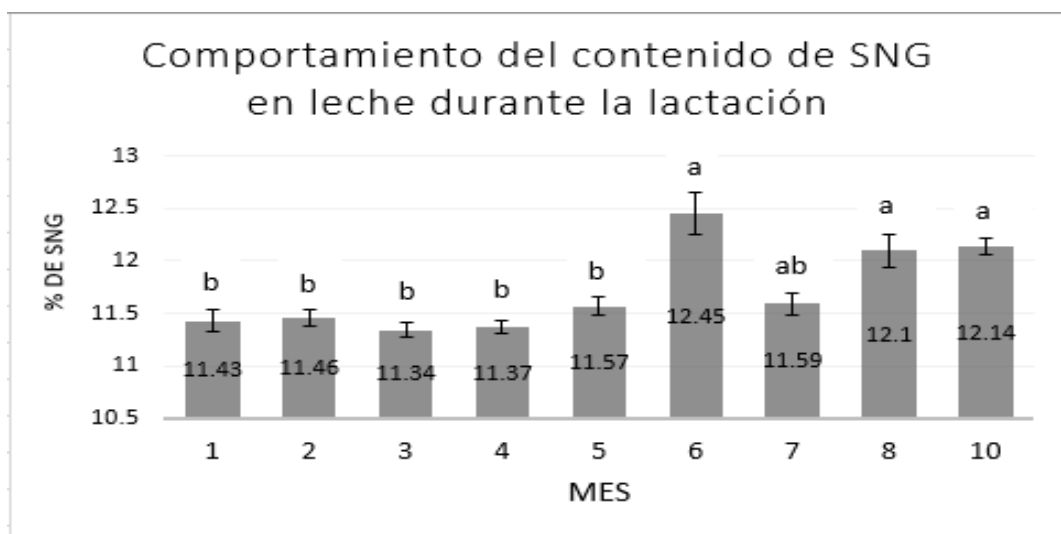
No se observaron efectos del edad, sexo y efecto al destete con respecto a la cantidad de sólidos no grasos en leche ($P > 0.05$) (tabla 10, figura 20, 22 y 23).

Tabla 10. Valores de F obtenidos de los análisis de varianza para los diferentes efectos sobre el contenido de sólidos no grasos en leche.

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Mes	8	13.996	1.750	7.39	<.0001**
Edad	1	0.0001	0.0001	0.00	0.983
Tipo de parto	1	3.402	3.402	14.36	0.0002**
Sexo del cordero	1	0.069	0.069	0.29	0.589
Efecto al destete	1	0.061	0.061	0.26	0.613

**Efectos altamente significativos.

Figura 19. Medias del contenido de sólidos no grasos en la leche por mes.



-Literales diferentes denotan diferencias significativas ($P < 0.05$).

Figura 20. Medias del contenido de sólidos no grasos en la leche por edad.

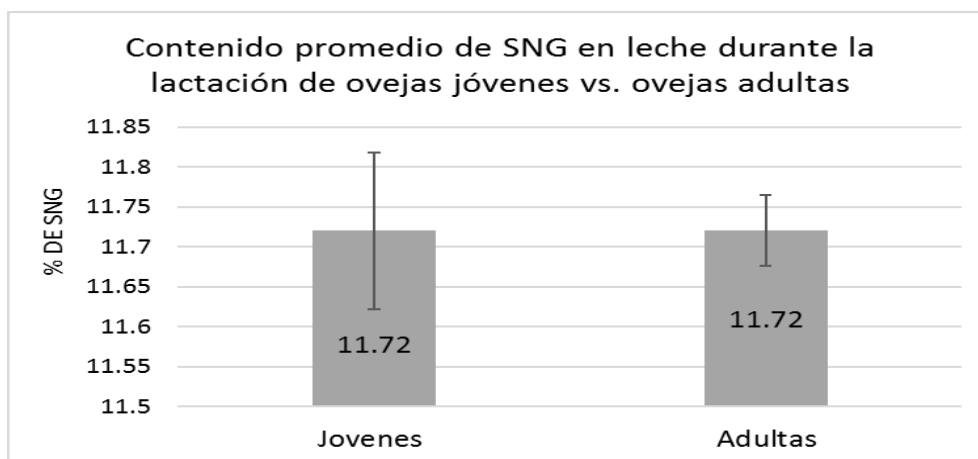
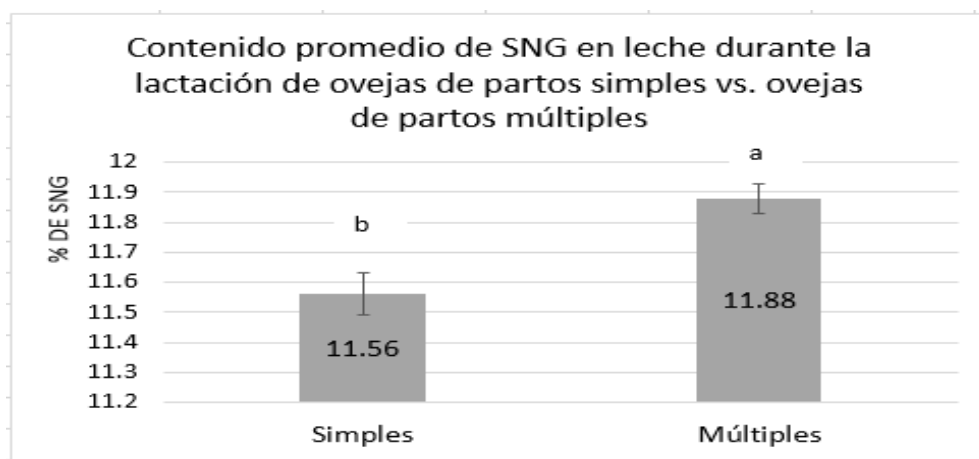


Figura 21. Medias del contenido de sólidos no grasos en la leche por tipo de parto.



-Literales diferentes denotan diferencias significativas ($P < 0.05$).

Figura 22. Medias del contenido de sólidos no grasos en la leche por sexo.

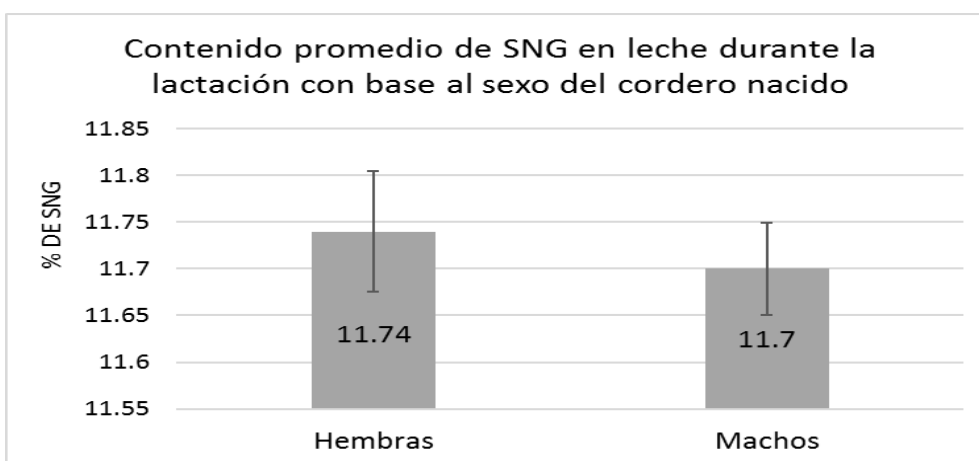
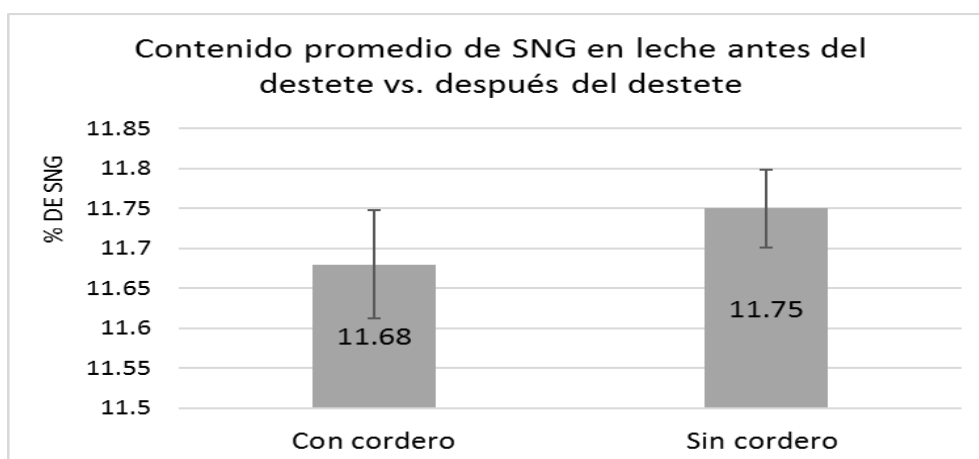


Figura 23. Medias del contenido de sólidos no grasos en la leche por efecto del destete.



- **Densidad**

La densidad de la leche fue en promedio de 1.036 g/cm³ durante la lactación, ésta se afectó significativamente por el mes de lactación ($P < 0.05$) (tabla 11). Se encontraron valores muy variados durante el periodo de lactancia, sin embargo, en promedio la densidad de la leche producida en el mes 2 (1.040 g/cm³) fue mayor significativamente comparado con el resto de los meses ($P < 0.05$) (figura 24). Una tendencia parecida es reportada por Kuchtík *et al.* (2008), donde menciona que este parámetro disminuye conforme avanza la lactación, sin embargo, en este trabajo reportan su mayor valor de este parámetro (1.036 g/cm³) al final de lactación, lo cual es contrario a lo obtenido en este trabajo.

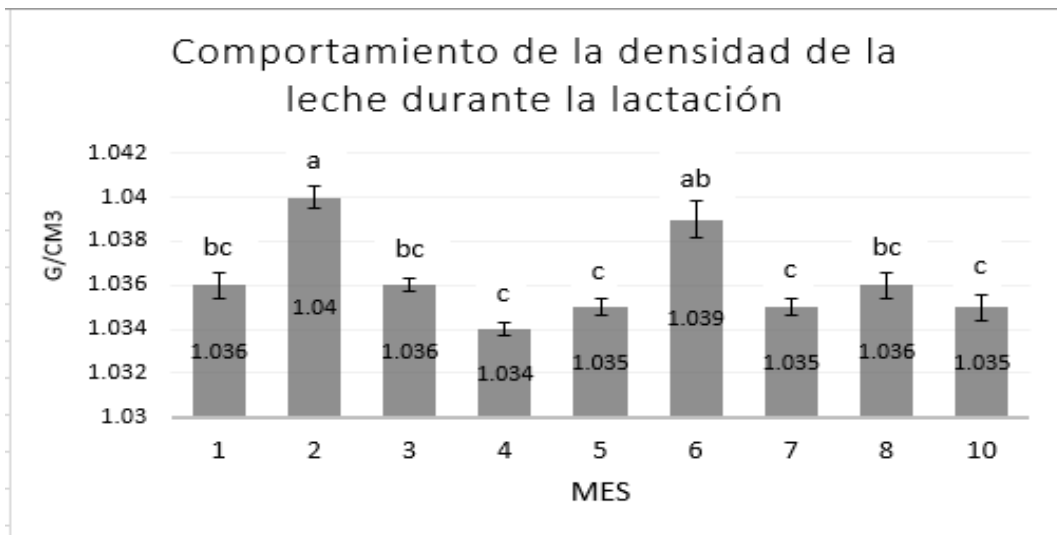
Por otra parte, el tipo de parto afectó significativamente este parámetro ($P < 0.05$) (tabla 11), teniendo una mayor densidad la leche producida por ovejas de partos múltiples (figura 26). No se observaron efectos del edad, sexo y efecto al destete con respecto a la densidad de leche ($P > 0.05$) (tabla 11, figuras 25, 27 y 28).

Tabla 11. Valores de F obtenidos de los análisis de varianza para los diferentes efectos sobre la densidad de la leche.

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Mes	8	0.000439	0.000055	9.15	<.0001**
Edad	1	0.000004	0.000004	0.69	0.4067
Tipo de parto	1	0.000142	0.000142	23.64	<.0001**
Sexo del cordero	1	0.000013	0.000013	2.24	0.1360
Efecto al destete	1	0.000018	0.000018	2.93	0.0887

**Efectos altamente significativos.

Figura 24. Medias para la densidad de la leche por mes.



-Literales diferentes denotan diferencias significativas ($P < 0.05$).

Figura 25. Medias para la densidad de la leche por edad.

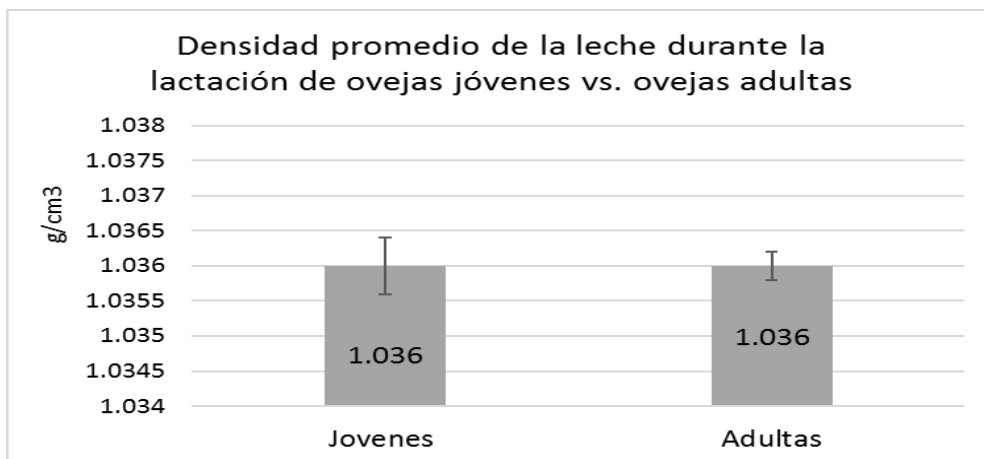
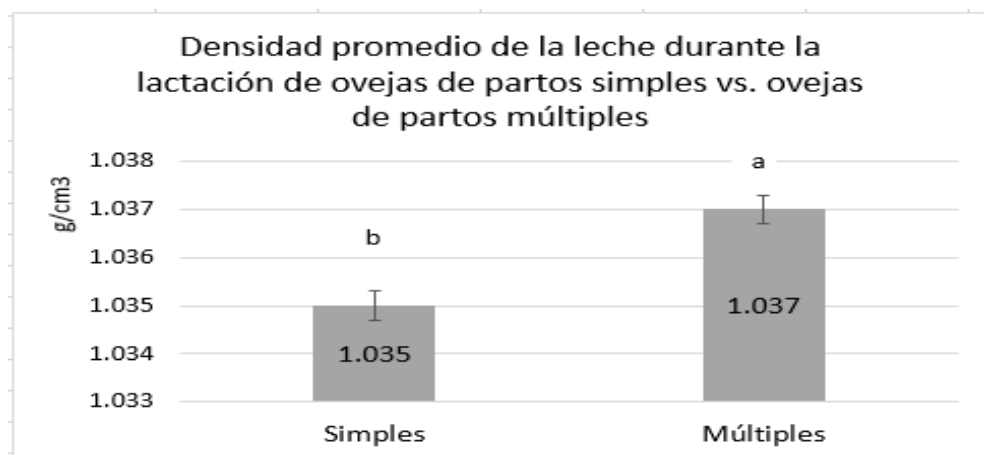


Figura 26. Medias para la densidad de la leche por tipo de parto.



-Literales diferentes denotan diferencias significativas ($P < 0.05$).

Figura 27. Medias para la densidad de la leche por el sexo del cordero.

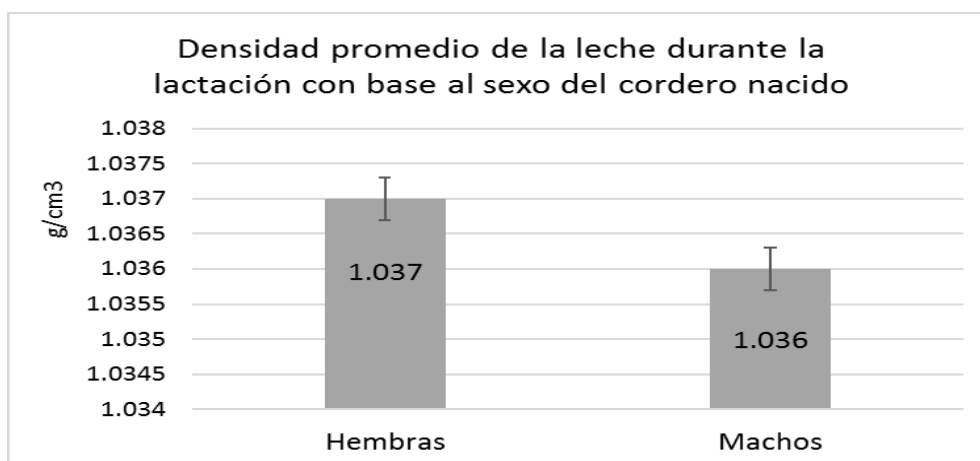
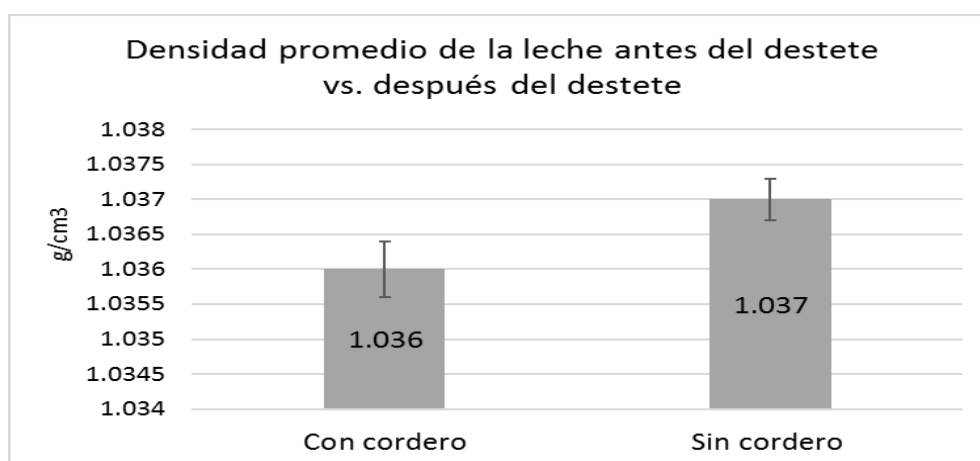


Figura 28. Medias para la densidad de la leche por el efecto del destete.



- **Punto crioscópico**

El promedio para el punto crioscópico de la leche fue de -0.633°C durante todo el período de ordeño. El mes de lactación y el tipo de parto afectaron significativamente este parámetro ($P < 0.05$) (tabla 12); en promedio, la leche producida en la mitad de la lactación (mes 6) (figura 29) y la producida por ovejas de partos múltiples (figura 31) tuvieron un valor más bajo para el punto crioscópico. Éste parámetro se ve afectado por la cantidad de sólidos totales en leche, dónde la leche que contiene una mayor cantidad de éstos necesita de una T° más baja para congelarse.

El promedio de la lactación fue de -0.633°C , el cual es un valor similar al reportado por Janštová *et al.* (2013) quien obtuvo un promedio de -0.617°C de una lactación de ovejas cruce de Lacaune, East Friesian y Valaca mejorada, sin embargo, ambos

promedios están por debajo del promedio reportado por otros autores (Merlin *et al.*, 2015; Park *et al.*, 2007).

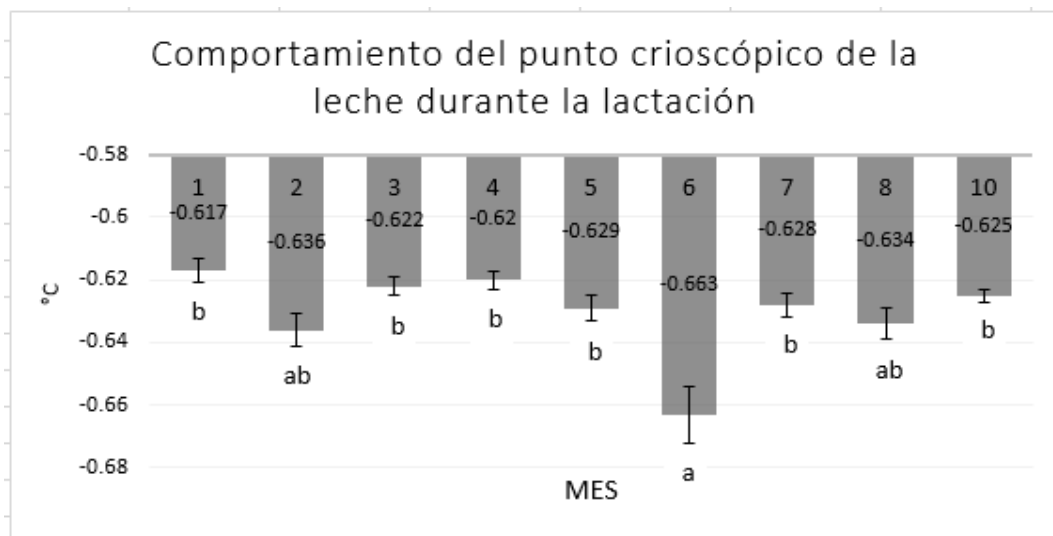
No se observaron efectos del edad, sexo y efecto al destete con respecto al punto crioscópico en la leche ($P > 0.05$) (tabla 12, figuras 30, 32 y 33).

Tabla 12. Valores de F obtenidos de los análisis de varianza para los diferentes efectos sobre el punto crioscópico de la leche.

Origen	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Mes	8	0.01770	0.00221	3.95	0.0003**
Edad	1	0.00002	0.00002	0.04	0.8463
Tipo de parto	1	0.00839	0.00839	14.97	0.0002**
Sexo del cordero	1	0.00021	0.00021	0.38	0.5391
Efecto al destete	1	0.00006	0.00006	0.10	0.7497

**Efectos altamente significativos.

Figura 29. Medias para el punto crioscópico de la leche por mes.



-Literales diferentes denotan diferencias significativas ($P < 0.05$).

Figura 30. Medias para el punto crioscópico de la leche por edad.

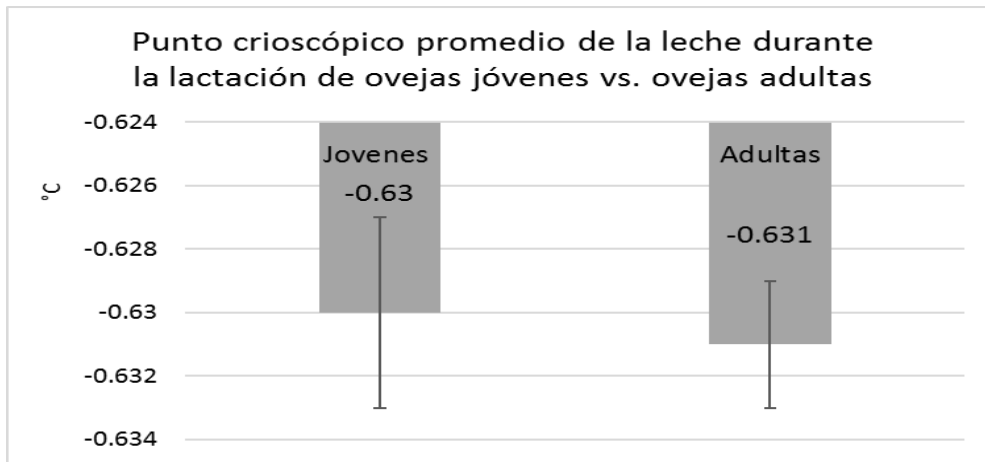
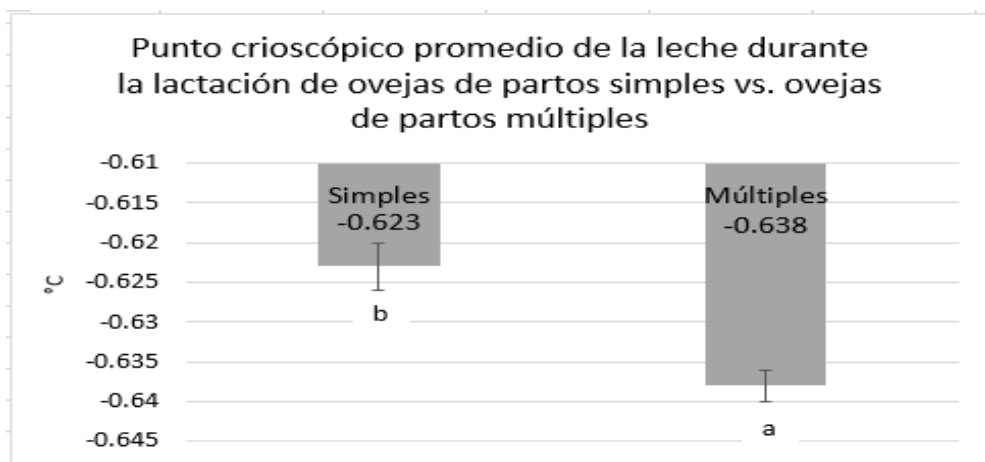


Figura 31. Medias para el punto crioscópico de la leche por tipo de parto.



-Literales diferentes denotan diferencias significativas ($P < 0.05$).

Figura 32. Medias para el punto crioscópico de la leche por sexo.

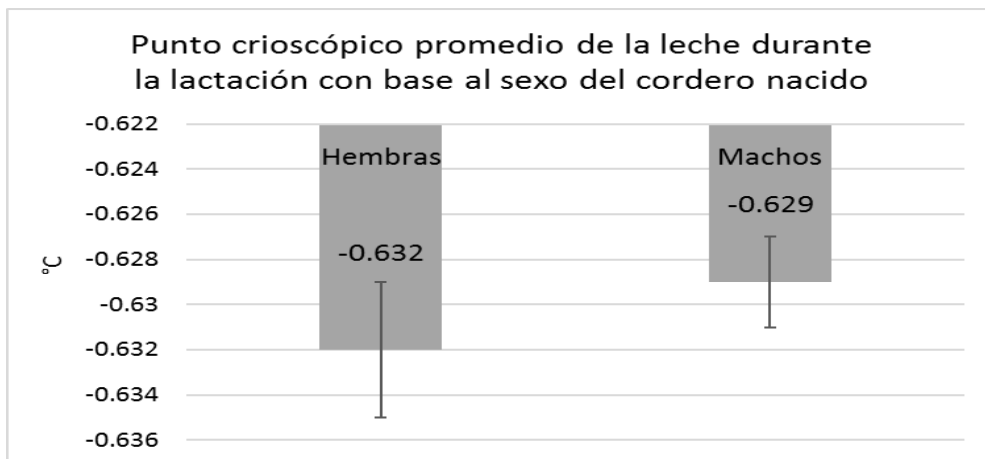
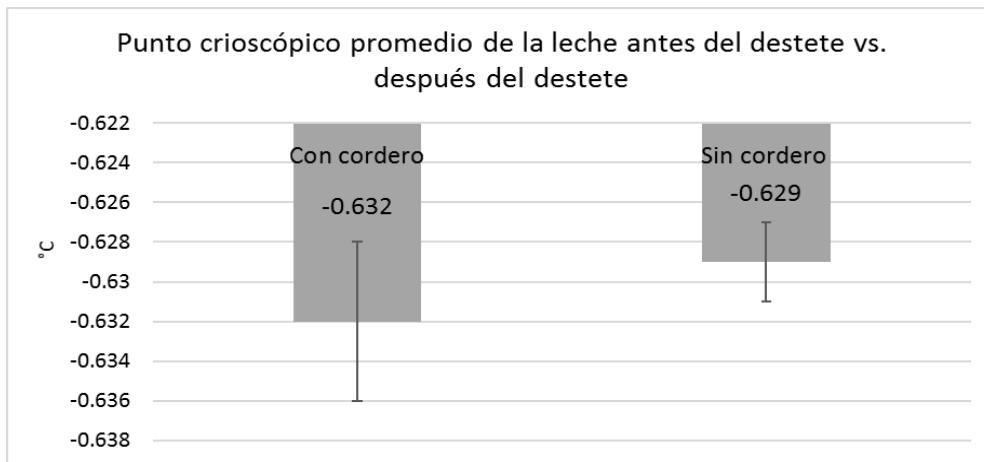


Figura 33. Medias del punto crioscópico de la leche con base en el factor efecto del destete.



7. CONCLUSIONES

Con base en los resultados de este trabajo se puede concluir que en ovejas East Friesian ubicadas en el Bajío el mes de lactación es el factor que más influencia tiene sobre la producción de leche y su composición fisicoquímica, refiriéndose al contenido de proteína, grasa, sólidos no grasos y otras características como densidad y punto crioscópico. Los siguientes factores que se encontraron que tuvieron influencia fueron el tipo de parto y el número de parto de la oveja, donde se confirma que las ovejas multíparas producen significativamente más leche que las ovejas primíparas.

Se concluye además que el efecto del sexo y el destete no tienen influencia significativa sobre la producción ni sobre la composición de la leche.

La producción de leche para estas ovejas está por debajo de los parámetros reportados para la raza en otros países, por lo anterior se considera que hace falta investigar qué otros factores están afectando el nivel de producción láctea en México.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Angeles-Hernandez, J. C., Pollott, G., Albarran-Portillo, B., Ramírez-Perez, A. H., Lizarazo-Chaparro, A., Ortega, O. A. C., & Ronquillo, M. G. (2018). The application of a mechanistic model to analyze the factors that affect the lactation curve parameters of dairy sheep in Mexico. *Small Ruminant Research*, 164, 58-63.
- Apumayta, G., De la Cruz J. (2021). Composición de la leche de ovino y el rendimiento de queso en condiciones de altura (tesis para obtener el grado de ingeniero zootecnista). Facultad de Ciencias de Ingeniería, Universidad Nacional de Huancavelica. Huancavelica, Perú.
- Bain I. (2004). Elaboración de Quesos Artesanales con Leche de Oveja. IDAI XXI, vol. 7, p. 208-211.
- Bencini R., Pulina G. (1997). The quality of sheep milk: a review. *Australian journal of experimental agriculture* vol. 37, n. 4, p. 485-504.
- Benites R. (2018). Temperatura, humedad ambiental y algunas características ganaderas en la producción, pH y densidad de la leche del vacuno Holstein (*Bos taurus*) en Tamburco, Apurímac (tesis para obtener el título de Médico Veterinario Zootecnista). Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Escuela Académico Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Abancay, Perú.
- Elvira L. (2016). Características productivas de la raza ovina lechera Lacaune bajo un sistema de producción intensivo en España: factores que afectan dichas características (Tesis para obtener el grado de doctor). Facultad de Veterinaria, Universidad Complutense de Madrid. Madrid, España.
- FAOSTAT. Base de datos de la Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>. Visitada el día 3 de febrero de 2022.
- Ferro, M., Tedeschi, L., Atzori, A. (2017). The comparison of the lactation and milk yield and composition of selected breeds of sheep and goats. *Translational Animal Science*, vol. 1, no 4, p. 498-506.

- Gabiña, D., Arrese, F., Arranz, J., & De Heredia, I. B. (1993). Average milk yields and environmental effects on Latxa sheep. *Journal of Dairy Science*, 76(4), 1191-1198.
- Ganzábal, A., Montossi, F. (1991). Producción de leche ovina: Situación actual de la producción mundial y perspectivas en el Uruguay. Uruguay: Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. P.18.
- García-Rendón, M., López-Díaz, C. A., Ortiz-Hernández, J. C. (2022). Evaluación de la bondad de ajustes de dos modelos empíricos aplicados a lactaciones de ovejas East Friesian. *Boletín de Ciencias Agropecuarias del ICAP*, 8(15), 1-5.
- Giordano, P. (2014). Producción y aptitud al ordeño mecánico de ovejas Milchschaef (tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias Veterinaria). Facultad de veterinaria, Universidad de la República. Uruguay, Montevideo.
- González-Ronquillo, M., Abecia, J. A., Gómez, R., & Palacios, C. (2021). Effects of weather and other factors on milk production in the Churra dairy sheep breed. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, 9(2), 0-0.
- Gonzalo, C., Juárez, M. T., García-Jimeno, M. C., & De La Fuente, L. F. (2019). Bulk tank somatic cell count and total bacterial count are affected by target practices and milking machine features in dairy sheep flocks in Castilla y León region, Spain. *Small Ruminant Research*, 178, 22-29.
- Hanuš, O., Zhang, Y., Bjelka, M., Kučera, J., Roubal, P., & Jedelská, R. (2011). Chosen biotic factors influencing raw cow milk freezing point. *Acta universitatis agriculturae et silviculturae mendelianae brunensis*, 59(5), 65-82.
- Hassan, H. A. (1995). Effects of crossing and environmental factors on production and some constituents of milk in Ossimi and Saidi sheep and their crosses with Chios. *Small Ruminant Research*, 18(2), 165-172.
- Janštová, B., Navrátilová, P., Králová, M., & Vorlová, L. (2013). The freezing point of raw and heat treated sheep milk and its variation during lactation. *Acta Veterinaria Brno*, 82(2), 187-190.
- Konečná, L., Kuchtík, J., Králíčková, Š., Pokorná, M., Šustová, K., Filipčík, R., & Lužová, T. (2013). Effect of different crossbreeds of Lacaune and East Friesian breeds on milk yield and basic milk parameters. *Acta Univ. Agric. Silvic. Mendel. Brun*, 61, 93-98.

- Kremer, R, Giordano, JP, Rosés, L, Rista, L. (2015). Producción de ovejas Milchschaef en un sistema lechero en pastoreo. *Veterinaria (Montevideo)*, 51(199), 2.
- Kremer, R., & Rosés, L. (2016). Producción y composición de leche de ovejas Frisona-Milchschaef ordeñadas 1 o 2 veces diarias. *Veterinaria (Montevideo)*, 52(204), 3-3.
- Kuchtík, J., Sustova, K., Urban, T., & Zapletal, D. (2008). Effect of the stage of lactation on milk composition, its properties and the quality of rennet curdling in East Friesian ewes. *Czech Journal of Animal Science*, 53(2), 55.
- Lianou, D. T., Michael, C. K., Vasileiou, N. G., Liagka, D. V., Mavrogianni, V. S., Caroprese, M., & Fthenakis, G. C. (2021). Association of breed of sheep or goats with somatic cell counts and total bacterial counts of bulk-tank milk. *Applied Sciences*, 11(16), 7356.
- Macciotta, N. P. P., Cappio-Borlino, A., & Pulina, G. (1999). Analysis of environmental effects on test day milk yields of Sarda dairy ewes. *Journal of Dairy Science*, 82(10), 2212-2217.
- Martínez M. (2010). Principios básicos para la elaboración de un proyecto para el establecimiento de una producción de ovinos de leche (tesis para obtener el grado de especialización en producción de ovinos y caprinos). Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM. Cuautitlán Edo. de México, México.
- Martínez, M. (2014) Producción y composición de la leche de ovejas F1 (East Friesian x Pelibuey), bajo dos métodos de crianza: artificial y natural (tesis para obtener el título de Médico Veterinario Zootecnista). Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM. México, D.F.
- Merlin Junior, I. A., Sifuentes dos Santos, J., Grecco Costa, L., Grecco Costa, R., Ludovico, A., de Almeida Rego, F. C., & Walter de Santana, E. H. (2015). Sheep milk: physical-chemical characteristics and microbiological quality. *Archivos latinoamericanos de nutrición*, 65(3), 193-198.
- Murphy, T. W., Berger, Y. M., Holman, P. W., Baldin, M., Burgett, R. L., & Thomas, D. L. (2017). Factors affecting ewe performance in a crossbred dairy sheep research flock in the United States. *Journal of Animal Science*, 95(5), 1892-1899.

- Ochoa-Cordero, M. A., Torres-Hernández, G., Mandeville, P. B., & Díaz-Gómez, M. O. (2007). Effects of physiological and management factors on the milk composition of Rambouillet ewes. *Agrociencia*, 41(3), 263-270.
- Park, Y. W., Haenlein, G. F., & Wendorff, W. L. (2017). Overview of milk of non- bovine mammals. *Handbook of Milk of non- bovine Mammals*, 1-9.
- Park, Y. W., Juárez, M., Ramos, M., & Haenlein, G. F. W. (2007). Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small ruminant research*, 68(1-2), 88-113.
- Prpić, Z., Vnučec, I., BENIĆ, M., & Mioč, B. (2016). Povezanost veličine legla s proizvodnjom mlijeka, morfologijom i zdravljem vimena istočnofrizijskih ovaca. *Journal of Central European Agriculture*, 17(4), 1331-1345.
- Pulido E. (2017). Efecto de la frecuencia diaria de ordeño sobre la producción y composición de la leche y el estado sanitario de la ubre en ovejas de la raza Assaf: interacción con el nivel de producción y el aporte de vitamina E y selenio (Memoria de tesis doctoral). Facultad de veterinaria, Universidad de León. León, España.
- Pulina, G., Milán, M. J., Lavín, M. P., Theodoridis, A., Morin, E., Capote, J., ... & Caja, G. (2018). Invited review: Current production trends, farm structures, and economics of the dairy sheep and goat sectors. *Journal of dairy science*, 101(8), 6715-6729.
- Quiles, A., Hevia, M. L. (1988). Propiedades físicas de la leche de cabra. *Facultad de Veterinaria, Universidad de Murcia*, 6(78).
- Rodríguez, R. (2013). Medición de la producción de leche postdestete en ovejas Dorset utilizando una dieta con dos aportes diferentes de alimento concentrado comercial (tesis para obtener el título de Médico Veterinario Zootecnista). Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM. México, D. F.
- Selvaggi, M., D'Alessandro, A. G., & Dario, C. (2017). Environmental and genetic factors affecting milk yield and quality in three Italian sheep breeds. *Journal of Dairy Research*, 84(1), 27-31.
- SIAP. Sistema de Información Agroalimentaria y pesquera. <https://www.gob.mx/siap/documentos/poblacion-ganadera-136762?idiom=es>. Visitada el día 3 de febrero del 2022.

- Sutura, A. M., Portolano, B., Di Gerlando, R., Sardina, M. T., Mastrangelo, S., & Tolone, M. (2018). Determination of milk production losses and variations of fat and protein percentages according to different levels of somatic cell count in Valle del Belice dairy sheep. *Small Ruminant Research*, 162, 39-42.
- Tarazona M. (2020). Estandarización de los valores fisicoquímicos de la leche cruda de ovejas Dorper (requisito parcial para optar por el título de médico veterinario zootecnista). Facultad de ciencias agropecuarias, Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia. Tunja-Boyacá, Colombia.
- Torres F. (2008). Efecto de la edad al destete en el crecimiento del cordero y producción láctea de la madre en ovinos de tipo lechero (tesis para obtener el grado de Ingeniero Zootecnista). Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo, Perú.
- Vázquez K. (2014). Control de calidad y HACCP en la recepción de leche de oveja (proyecto de residencia profesional). Instituto tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.
- Velarde G., López N., Sainz A., González M., Arriaga C., Albarrán B. (2022). Factors affecting the lactation curve parameters of crossbred dairy ewes in the highlands of Mexico. *Research Square*.
- Vergara H., Pérez-Sempere J., García A (1996). Principales sistemas de explotación en el ovino de leche. *Zootecnia: Bases de producción animal*, vol. 8.
- Yabrir, B., Hakem, A., & Mati, A. (2013). Factors affecting milk composition of Algerian ewe reared in central steppe area. *Scientific Journal of Animal Science*, 2(8), 215-221.