



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO
Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas



**EFFECTO DE LA RESTRICCIÓN NUTRICIONAL DURANTE EL ÚLTIMO
TERCIO DE GESTACIÓN SOBRE VOLUMEN DE UBRE,
SECRECIÓN DE CALOSTRO Y MORTALIDAD DE CORDEROS
EN OVEJAS DE PELO ESTRESADAS POR CALOR**

TESIS

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL DOBLE GRADO DE:**

**MAESTRO EN CIENCIAS
EN RECURSOS NATURALES
Y MEDIO AMBIENTE EN ZONAS ÁRIDAS
(UACH-MÉXICO)**

**MÁSTER EN CAMBIO GLOBAL:
RECURSOS NATURALES Y SOSTENIBILIDAD
(UCO-IdEP, ESPAÑA)**

**PRESENTA:
BLENDA SINAHÍ GIRÓN GÓMEZ**

**DIRECTOR:
DR. CÉSAR A. MEZA-HERRERA**



**DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES**

Bermejillo, Durango, México abril, 2017

**EFFECTO DE LA RESTRICCIÓN NUTRICIONAL DURANTE EL ÚLTIMO TERCIO DE
GESTACIÓN SOBRE VOLUMEN DE UBRE, SECRECIÓN DE CALOSTRO Y
MORTALIDAD DE CORDEROS EN OVEJAS DE PELO ESTRESADAS POR CALOR**

Tesis realizada por **Blenda Sinahi Girón Gómez**, bajo la Dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN RECURSOS NATURALES Y
MEDIO AMBIENTE DE ZONAS ÁRIDAS**

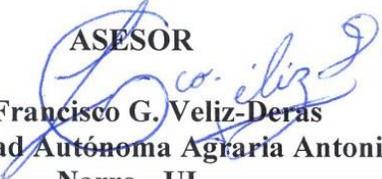
DIRECTOR


Dr. César A. Meza Herrera
Universidad Autónoma Chapingo,
URUZA.

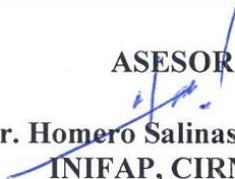
CO-DIRECTOR


Dr. Ulises Macías Cruz
Universidad Autónoma de Baja
California, ICA.

ASESOR


Dr. Francisco G. Veliz-Deras
Universidad Autónoma Agraria Antonio
Narro - UL

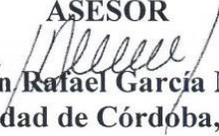
ASESOR


Dr. Homero Salinas González
INIFAP, CIRNOC

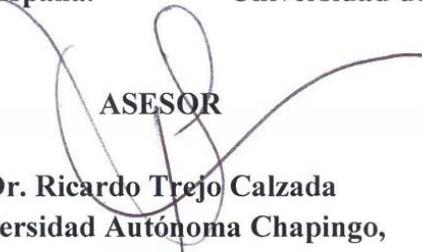
ASESOR


Dr. Miguel Ángel Herrera Machuca
Universidad de Córdoba, España.

ASESOR


Dr. Antón Rafael García Martínez
Universidad de Córdoba, España

ASESOR


Dr. Ricardo Trejo Calzada
Universidad Autónoma Chapingo,
URUZA

Bermejillo, Durango, México, abril, 2017.

**EFECTO DE LA RESTRICCIÓN NUTRICIONAL DURANTE EL ÚLTIMO TERCIO DE
GESTACIÓN SOBRE VOLUMEN DE UBRE, SECRECIÓN DE CALOSTRO Y
MORTALIDAD DE CORDEROS EN OVEJAS DE PELO ESTRESADAS POR CALOR**

Tesis realizada por **Blenda Sinahi Girón Gómez**, bajo la Dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN RECURSOS NATURALES Y
MEDIO AMBIENTE DE ZONAS ÁRIDAS**

**MÁSTER EN CAMBIO GLOBAL:
RECURSOS NATURALES Y SOSTENIBILIDAD**

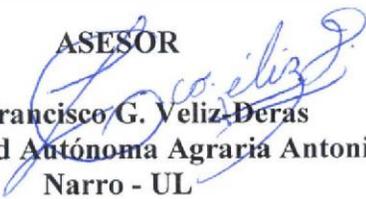
DIRECTOR


Dr. César A. Meza Herrera
Universidad Autónoma Chapingo,
URUZA.

CO-DIRECTOR


Dr. Ulises Macías Cruz
Universidad Autónoma de Baja
California, ICA.

ASESOR


Dr. Francisco G. Veliz Deras
Universidad Autónoma Agraria Antonio
Narro - UL

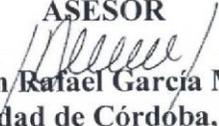
ASESOR


Dr. Homero Salinas González
INIFAP, CIRNOC

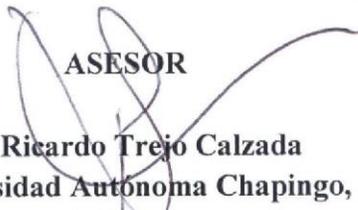
ASESOR


Dr. Miguel Ángel Herrera Machuca
Universidad de Córdoba, España.

ASESOR


Dr. Antón Rafael García Martínez
Universidad de Córdoba, España

ASESOR


Dr. Ricardo Trejo Calzada
Universidad Autónoma Chapingo,
URUZA

Bermejillo, Durango, México, abril, 2017

Miguel Ángel HERRERA MACHUCA, Profesor Titular del Departamento de Ingeniería Forestal de la Universidad de Córdoba y Director Académico del Máster Oficial de la Universidad de Córdoba: **CAMBIO GLOBAL: RECURSOS NATURALES Y SOSTENIBILIDAD**

INFORMA

Que Dña. **Blenda Sinahi GIRÓN GÓMEZ**, con pasaporte de México, N° G1746199, como alumna del Máster antes señalado, presentó su Trabajo Fin de Máster (TFM) ***Impacto de la restricción nutricional sobre: desarrollo de ubre, secreción de calostro y mortalidad en ovinos de pelo bajo condiciones de estrés térmico***, el 29 de noviembre de 2016. El mencionado TFM fue dirigido por los Dres. D. César A. Meza Herrera y D. Antón Rafael García Martínez. Asimismo, actuó como tutor de la alumna el Dr. D. Miguel Ángel Herrera Machuca. La calificación obtenida después de la exposición y defensa del TFM fue de Sobresaliente 10, y le permitió a la alumna cumplir con el requisito que le faltaba para obtener el grado correspondiente.

Y para que conste y a petición del interesado firmo el presente informe, en Córdoba a siete de noviembre de dos mil dieciséis.



Miguel Ángel HERRERA MACHUCA



*Se hace patente **Agradecimiento** al apoyo recibido para la presente investigación:*

*Al Programa de **Becas Nacionales CONACYT 2015-2016**, por el apoyo recibido para realizar los estudios de Maestría y poder formar parte del nuevo recurso humano que se forjan - Becarios CONACYT.*

*Al Programa de **Becas Mixtas en el Extranjero**, para Becarios CONACYT Nacionales 2015-2016 por todo el apoyo brindado para realizar la doble tutela en España y que me llevó a obtener el grado de **Máster en Cambio Global: Recursos Naturales y Sostenibilidad** dentro de la **Universidad de Córdoba** en colaboración con el **Instituto de Estudios de Posgrado (UCO-IdEP)**.*

Manifiesto esta **Dedicatoria**:

A las personas que siempre confiaron en mí y me impulsaron a que este logro pudiera cristalizarse, porque aunque muchas veces tropecemos, hemos de salir adelante y disfrutar de los buenos momentos.

*Mis padres, **Laura Gómez Estudillo** y **Antonio Edwin Girón Trujillo**, quienes han sido y serán mi ejemplo a seguir, y el pilar de la familia.*

*A mis hermanos **Daniela Itandehuí Girón Gómez** y **Edwin Antonio Girón Gómez** que por su cariño, amor, apoyo y confianza. Viéndolos crecer como personas de bien y me enorgullece que se forjen sus propias metas como profesionistas. Estoy segura que vamos a disfrutar más logros mis niños.*

*A **Diego Quezada Escárcega** mi compañero de vida, quien me acompañó, escuchó, apoyó durante todo este tiempo, y ahora que estamos en espera de un **bello angelito** que nos traerá mucha felicidad para formar una familia feliz, por eso y más ¡TE AMO!. Le doy gracias a Dios por haberme dado la dicha de poder dedicarle este trabajo a mi **primer bebé**, que me acompañará a defender con éxito este trabajo, ¡TE AMO HIJO!*

*Por último y no menos importante al **Dr. Cesar A. Meza-Herrera**, por confiar en mí y darme la oportunidad de hacer este trabajo en conjunto. Me llevo una lección muy importante el querer superarse en la vida teniendo en cuenta siempre que: “una cosa es lo ideal y otra lo posible”.*

GRACIAS POR SU APOYO, este logro es un escalón de los que

aún faltan...



Blenda Sinahi Girón Gómez

Ing. En Sistemas Pecuarios / Recursos Naturales y Medio Ambiente de Zonas Áridas

San Martín #452, Fracc. San Antonio, C.P. 35015, Gómez Palacio, Durango

Edad: 25 • Celular: 552 803 7688 • E-mail: blenda.sinahi@gmail.com

LinkedIn: www.linkedin.com/in/blenda-girón-60928b100 • Researchgate: www.researchgate.net/Blenda_Giron

EXTRACTO PROFESIONAL

Durante mi formación personal he adquirido un poco de experiencia combinado con el conocimiento pragmático. Actualmente mis áreas de conocimientos son enfocadas a los Recursos Naturales y en general el cambio global. Considero que la principal fortaleza es adaptarme al ritmo de trabajo, aprender rápido y saber colaborar en equipo para realizar alguna actividad. Por ahora no he desempeñado cargos importantes a nivel laboral pero si me gustaría tener esa oportunidad. A nivel profesional quisiera seguir superándome, sin embargo es necesaria la experiencia en campo y así obtener conocimiento empírico para reforzar mis conocimientos en las áreas a fines; paralelamente mis capacidades son adecuadas para realizar proyectos multidisciplinarios por ejemplo en Impacto Ambiental.

FORMACIÓN ACADÉMICA

2015 - 2016

Candidato a Maestro en Ciencias y Máster

Universidad Autónoma Chapingo-Unidad Regional Universidad de Zonas áridas & UCO, España; Maestría en Recursos Naturales y Medio Ambiente de zonas Áridas & Máster en Cambio Global: Recursos Naturales y Sostenibilidad

2010 - 2014

Ing. En Sistemas Pecuarios

Universidad Autónoma Chapingo; Titulado con felicitaciones

HABILIDADES

0 100

Inglés: ●●●○○

Microsoft office: ●●●●●

Software estadístico: ●●●●○

Software geo-referenciación: ●●●○○

EXPERIENCIA LABORAL

De enero de 2016 a la fecha

Maestrante de tiempo completo en UACH-URUZA:

- Defenderé tesis de Maestría en Enero de 2017
- Presentación de proyecto en World Buffalo Congress, Dublín, Irlanda.
- Asistencia al curso de Sostenibilidad en Horticultura Protegida, España

Doble titulación en la Universidad de Córdoba, España
Realicé estudios en UCO y estoy próxima a defender Trabajo Fin de Máster en noviembre 2016.

De enero 2015

Desempeño como estudiante:

- Realicé Proyectos de EIA y la MIA
- Fome parte del comité asesor de 4 titulaciones a nivel licenciatura
- Participación en congresos nacionales como internacionales

Estancia en el Centro de Investigación Regional Norte-Centro (CIRNOC)
Colaborando con estudios del Dr. Homero Salinas en calidad de leche en cabras estabuladas y pastoreo en México, Coahuila

Efecto de la restricción nutricional durante el último tercio de gestación sobre volumen de ubre, secreción de calostro y mortalidad de corderos en ovejas de pelo estresadas por calor

Effect of nutritional restriction during late gestation on udder volume, colostrum secretion and lamb mortality in heat-stimulated hair sheep

Blenda Sinahi Girón Gómez¹, César A. Meza-Herrera²

RESUMEN

Se evaluó el posible efecto de la restricción nutricional durante el último tercio de gestación en ovinos de pelo con respecto a la producción de calostro, volumen de la glándula mamaria (VGM) y mortalidad perinatal (MP) bajo condiciones de estrés térmico. El estudio se llevó a cabo en el Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Baja California, localizado al noroeste de México (32.8° LN, 114.6° LO). El clima es árido, caluroso y seco, con temperaturas máximas de 45°C y precipitación media anual de 85 mm. Ovejas (Kathadin x Pelibuey, n=24) con peso vivo (PV) de 51.3±1.3 kg y condición corporal (CC) de 3.0±0.3 unidades, fueron asignadas a dos tratamientos nutricionales: 1) Sin restricción nutricional (SRN), ovejas alimentadas *ad libitum* con paja de trigo más 500 g d⁻¹ de concentrado; y 2) Con restricción nutricional (CRN), ovejas alimentadas exclusivamente con paja de trigo *ad libitum*. Durante el período experimental (abril a septiembre) se registró un índice temperatura-humedad con rangos diurnos de 23.8 y nocturnos de 33.5 generando condiciones de estrés calórico de severo a extremo. Las hembras SRN manifestaron mayor (P<0.05) CC (2.6 vs 2.4), VGM al d 146 (2137 vs 927 mL), VGM al parto (2783 vs 1165 mL) y PV al parto (47.3 vs 39.3 kg). En el mismo sentido, las ovejas SRN mostraron una mayor calidad y cantidad de calostro: volumen (153 vs 105 mL), peso (179 vs 103 g), sólidos no grasos (30.3 vs 22.5 %) y proteína (12 vs 8 %), sin diferencias en el nivel de grasa (P>0.05; 14.6 vs 14.2 %). Asimismo, los corderos de ovejas SRN mostraron un mayor (P<0.05) tamaño (1.8 vs 1.6 crías) y peso (5.6 vs 3.8 kg) de la camada al nacimiento, y una menor (P<0.05) MP (4.3 vs 26.7 %). Dichos resultados son de importancia práctica bajo esquemas de producción marginales en zonas áridas en condiciones de estrés térmico y potencialmente importante para otras industrias ganaderas.

Palabras clave: ovejas de pelo, restricción nutricional, estrés térmico, glándula mamaria, calostro, mortalidad de corderos.

ABSTRACT

The possible effect of nutritional restriction in hair sheep during the last third of pregnancy regarding colostrum production (PC), mammary gland volume (MGV) and perinatal mortality (PM) under heat stress was evaluated. The study was carried out at the Agricultural Sciences Institute, Autonomous University of Baja California, in northeastern Mexico (32.8° N, 114.6° W). The area has an arid, hot and dry climate, with maximum temperatures of 45°C and annual rainfall of 85 mm. Sheep ewes (Kathadin x Pelibuey; n = 24) with an average live weight (LW) of 51.3±1.3 kg and body condition (BC) of 3.0±0.3 were assigned to the two nutritional treatments: 1) No nutritional restriction (NNR); fed *ad libitum* with wheat straw and 500 g d⁻¹ of concentrate and 2) With nutritional restriction (CRN); exclusively fed with wheat straw *ad libitum* and no concentrate addition. During the experimental period (April to September) a severe to extreme Temperature Humidity Index (THI, units) was recorded, averaging 23.8 in the day and 33.5 at night. The NNR-ewes showed the highest (P<0.05) values for BC (2.6 vs 2.4), MGV at d 146 (2137 vs 927 mL), MGV at lambing (2783 vs 1165 mL) and LW at lambing (47.3 vs 39.3 kg). Moreover, the NNR-ewes had the highest quality and quantity of colostrum: volume (153 vs 105 mL), weight (179 vs 103 g), non-fat solids (30.3 vs 22.5%) and protein (12 vs 8 %), with no differences regarding the fat level (P>0.05; 14.6 vs 14.2 %). In addition, the NNR-lambs had the largest (P<0.05) size (1.8 vs 1.6) and weight (5.6 vs 3.8 kg) of litter at birth, with the lowest (P<0.05) perinatal mortality (4.3 vs 26.7 %). Results are of practical importance under marginal production schemes in arid areas under heat stress conditions while potentially significant to other livestock industries.

Keywords: hair sheep, nutritional restriction, heat stress, mammary gland, colostrum, lamb mortality.

¹ Tesista ² Director

Tabla de contenido

LISTA DE CUADROS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	vi
ABREVIATURAS.....	vii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. HIPÓTESIS Y OBJETIVO.....	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
3.1 Producción de ovinos de pelo en el Norte de México.....	4
3.2 Situación actual del sector ovino.....	6
3.2.1. Mundial.....	6
3.2.2. México.....	9
3.3 Gestación en ovinos.....	9
3.4 Nutrición durante el último tercio de la gestación.....	10
3.5 Desarrollo de la glándula mamaria.....	13
3.6 Calidad y producción de calostro.....	21
3.7 Relación entre peso vivo y peso de camada al nacimiento sobre la mortalidad perinatal en corderos.....	28
3.8 Efectos del estrés térmico en los rumiantes.....	30
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	33
4.1 Ubicación del experimento.....	33
4.2 Animales y tratamientos.....	33
4.3 Manejo de animales al parto.....	35
4.4 Peso vivo y condición corporal al parto.....	36
4.5 Mediciones de ubre.....	36
4.6 Calidad y producción de calostro.....	36
4.7 Peso al nacimiento y mortalidad del cordero.....	37
4.8 Condiciones ambientales.....	37
4.9 Análisis estadístico.....	37
V. RESULTADOS.....	39
5.1 Condiciones ambientales.....	39
5.2 Evaluaciones en torno al parto.....	39
VI. DISCUSIÓN.....	42

6.1.	Condiciones ambientales	42
6.2.	Evaluaciones alrededor del parto	43
6.2.1.	Peso vivo y condición corporal	43
6.2.2.	Mediciones de la ubre	44
6.2.3.	Calidad y producción de calostro	46
6.2.4.	Peso al nacimiento y mortalidad del cordero	48
VII.	CONCLUSIONES.....	51
VIII.	LITERATURA CITADA	53

LISTA DE CUADROS

Número	Título	Página
1	Países con mayor número de cabezas en el mundo	7
2	Requerimientos nutricionales de ovejas que se encuentran en el último tercio de gestación con un solo cordero	12
3	Requerimientos nutricionales de ovejas que se encuentran en el último tercio de gestación con dos corderos	12
4	Requerimientos nutricionales de ovejas que se encuentran en el último tercio de gestación con tres o más corderos	13
5	Composición química de paja de trigo y concentrado (base seca) ofrecido a las ovejas en el último tercio de la gestación	35
6	Medias (\pm E.E.) de las condiciones ambientales registradas durante el periodo experimental.	39
7	Variables productivas al parto y pos-parto en ovejas Katadhin x Pelibuey y sus corderos.	40

LISTA DE FIGURAS

Número	Título	Página
1	Evolución del censo ovino mundial (1994-2012)	6

ABREVIATURAS

CC	Condición corporal
CRN	Con restricción nutricional
CU	Circunferencia de la ubre
EE	Error estándar
EM	Energía metabolizable
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
HR	Humedad relativa
ITH	Índice temperatura-humedad
Mcal	Megacalorías
MP	Mortalidad perinatal
MS	Materia seca
NRC	National Research Council
PC	Proteína cruda
PCN	Peso de la camada al nacimiento
PRO	Proteína en calostro
PU	Profundidad de la ubre
PV	Peso vivo
PVP	Peso vivo al parto
SAS	Statistical Analysis System
SNG	Sólidos no grasos
SRN	Sin restricción nutricional
T	Temperatura
UI	Unidades Internacionales
VGM	Volumen de la glándula mamaria

I. INTRODUCCIÓN

En el norte de México, la cría de ovinos se desarrolla bajo sistemas extensivos que experimenta un progresivo incremento en el número de cabezas en los últimos años. A pesar de este crecimiento, hay una deficiente disponibilidad y calidad del forraje en los agostaderos de esta región del país, lo cual provoca que las hembras presenten cuadros de desnutrición y, consecuentemente alteraciones negativas en algunas etapas fisiológicas de su reproducción. El último tercio de gestación constituye una de las etapas críticas reproductivas, y una deficiencia nutricional materna en dicha etapa podría comprometer el crecimiento fetal, el término de la gestación en tiempo adecuado y la sobrevivencia postnatal de las crías (Vicente-Pérez *et al.*, 2015). En dicho periodo, las demandas maternas de nutrientes aumentan alrededor de un 20% debido a que se presenta entre el 70 y 80% del crecimiento fetal, la formación de tejido mamario y se inicia el proceso de calostrogenesis como el parto es eminente (Dwyer *et al.*, 2015).

Producto de la desnutrición pre-parto, en diferentes razas de ovinos se ha reportado problemas de retardo en el crecimiento fetal intrauterino, y consecuentemente, el nacimiento de corderos débiles, con bajo peso al nacimiento y reducida capacidad de sobrevivencia en los primeros días post-parto (Gao *et al.*, 2007; Tygesen *et al.*, 2008; Meza-Herrera y Tena-Sampere, 2012; Dwyer *et al.*, 2013). Adicionalmente, se ha reportado que la restricción nutricional durante el último tercio de gestación promueve una menor síntesis de calostro y desarrollo de tejido mamario en ovinos de raza de lana (Swanson *et al.*, 2008). Aunque son insuficientes los estudios sobre el impacto de la desnutrición pre-parto en ovinos de raza de pelo.

Otro factor importante que influye sobre el desarrollo gestacional son las elevadas temperatura ambientales del noroeste de México, las cuales en combinación con la restricción de alimento, pueden ser componentes aditivas y negativas, ya que gran parte de la energía consumida se desvía para el mantenimiento de la normotermia (Solymosi *et al.*, 2010; Tobias *et al.*, 2013; Silanikove *et al.* 2014). Las ovejas estresadas por calor durante la gestación tienen un bajo crecimiento de la ubre y una reducción en la producción de calostro, como consecuencia de la activación de mecanismos de termorregulación que afecta la reserva y distribución de nutrientes (Bell *et al.*, 1989). En el parto provoca bajos pesos al nacer, afectando las reservas corporales de energía (Meza-Herrera y Tena-Sempere, 2012) y aumenta la tasa de mortalidad en los corderos (15-25%) (Nowak y Poindron, 2006).

Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue determinar el efecto de la restricción nutricional durante el último tercio de gestación sobre el crecimiento de ubre pre-parto, secreción de calostro, peso al nacimiento y mortalidad peri-natal de las crías en ovejas de pelo mantenidas en un clima caliente.

II. HIPÓTESIS Y OBJETIVO

2.1. Hipótesis

La desnutrición durante el último tercio de gestación en ovejas de pelo mantenidas bajo condiciones naturales de estrés por calor, provoca un aumento en la mortalidad post-parto debido a que promueve retardo en el crecimiento fetal y pobre desarrollo de ubre y secreción de calostro.

2.2. Objetivo

El objetivo fue evaluar el efecto de la restricción nutricional durante el último tercio de gestación sobre el crecimiento de ubre pre-parto, secreción de calostro, peso al nacimiento y mortalidad peri-natal de las crías en ovejas de pelo mantenidas en un clima caliente.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Producción de ovinos de pelo en el Norte de México

El origen de los ovinos de raza de pelo en México no se conoce con exactitud. Aunque existe dos teorías en relación a como estos ovinos fueron introducidos al país. La primera que llegaron a Yucatán procedentes de Cuba y posteriormente se distribuyeron a todo el país. La segunda y la más aceptada, describe que los ovinos de pelo en México son originarios y procedentes de África, los cuales llegaron vía el contrabando de esclavos durante los viajes de los portugueses y españoles a varios lugares del continente americano. Cabe mencionar que estos ovinos de pelo se distribuyeron principalmente en las regiones tropicales y subtropicales del sur del país a su llegada, sin embargo, en las últimas décadas se ha observado que es común ubicarlos en cualquier parte del territorio nacional (García-Castillo, 2000). Lo anterior obedece a que el objetivo de producción ha cambiado, siendo prioritaria la producción de carne sobre la de lana en la industria ovina nacional e internacional.

Los ovinos de raza de pelo han mostrado ser adecuados para producir carne que las razas de lana, dado que presentan ventajas reproductivas que permiten mantener la producción de cordero a través del año. Los ovinos de pelo se caracterizan por presentar baja estacionalidad reproductiva, alta prolificidad y buena habilidad materna (Notter, 2000; Arroyo, 2011). Adicionalmente, se ha reportado que son resistentes a parásitos, altamente rústicos, tienen la capacidad de aprovechar de mejor manera alimentos fibrosos y se adaptan fácilmente a cualquier clima y sistema de producción (Macías-Cruz *et al.*, 2010).

En el norte de México donde la disponibilidad de forraje es escasa, con bajo nivel nutricional y las condiciones climáticas prevalecientes en verano son de estrés calórico, los ovinos de raza de pelo han mostrado adaptarse adecuadamente (Macías-Cruz *et al.*, 2016). Las razas predominantes son Pelibuey, Blackbelly, Dorper, Katahdin, así como las cruza terminales generadas entre estas mismas razas. Aunque también es posible encontrar razas de lana bajo las condiciones áridas del país, tales Rambouillet, Dorset y Charollais (Esqueda-Coronado y Gutiérrez-Ronquillo, 2009). Según Esqueda-Coronado y Gutierrez-Ronquillo (2009), los rebaños ovinos en el norte de México presentan bajos índices productivos, y los productores muestran poco interés en constituir una empresa económicamente redituable. La idea de considerar a la ovinocultura como una actividad potencial para esta región del país no pretende sustituir a la ganadería tradicional de otras especies, sino ofrecer una alternativa para diversificar y hacer un uso más eficiente de los recursos.

Las regiones áridas y semiáridas del norte del país se caracterizan por una baja precipitación pluvial, llevando a que los agostaderos de la región sean pobres en pastos y un poco más abundantes en arbustos. A pesar de esta situación en los agostaderos, la producción ovina es de tipo extensivo, con pastoreo diurno y encierro nocturno, y se calcula que la carga animal es de una oveja por cada 10 ha (COTECOCA, 2016). El manejo que reciben los ovinos es escaso, limitándose a la rotación de los potreros, tratamientos preventivos y selección rudimentaria de animales para remplazo. Finalmente, Esqueda-Coronado y Gutiérrez-Ronquillo (2009) mencionan que los ovinos se encuentran desprotegidos bajo este sistema de producción, observándose una alta tasa de mortalidad

en animales de todas las edades debido a depredación por fauna silvestre, complicaciones al parto o en etapa de pre-destete, condiciones climáticas, otros.

3.2 Situación actual del sector ovino

3.2.1. Mundial

La evolución del inventario ovino mundial ha sufrido importantes cambios a lo largo de las últimas décadas. Según datos de FAOSTAT (2015), el censo mundial aumentó a 1,209,908,142 animales, lo que supone un incremento del 6.45% respecto al censo 2013. Estos datos ponen de manifiesto que la población ovina a nivel mundial ha seguido un franco crecimiento durante los últimos años. Cabe destacar que, entre 1995 a 2004, el crecimiento mundial de la población ovina sufrió un estancamiento con un promedio anual de 1,057,941,840 cabezas. Sin embargo, en años posteriores se observó un aumento significativo en el número de cabezas ovinas en el mundo (Figura 1). Datos del 2014, indican que la población ovina por continente era la siguiente: 45% para Asia, 28% para África, 11% para Europa, 9% para Oceanía y 7% para América.

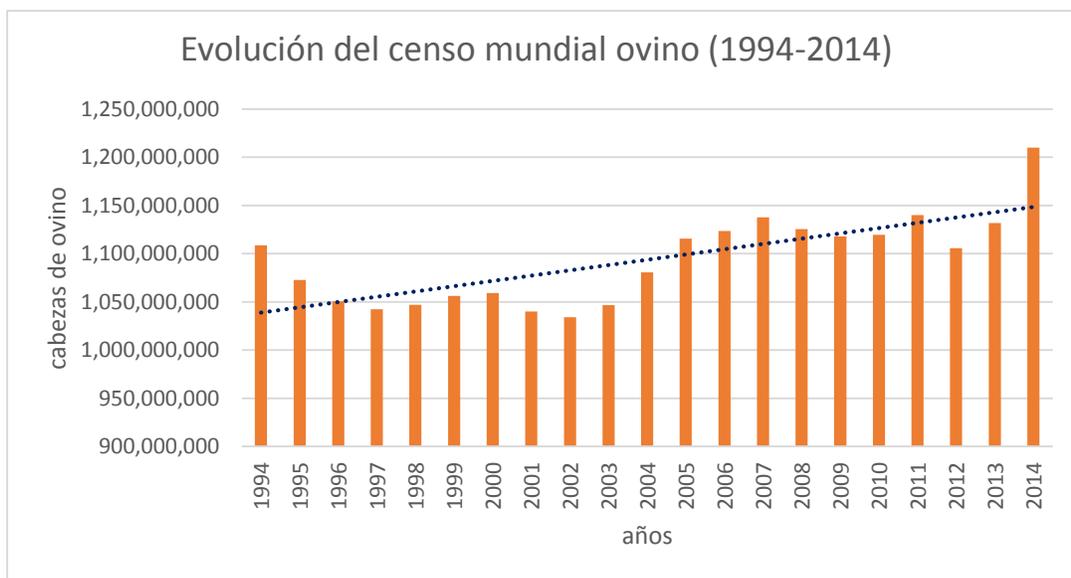


Figura 1. Evolución del censo ovino mundial (1994-2014)

En general, todos los países han mostrado un acentuado crecimiento en el número de cabezas de ganado ovino en la última década, y México no es la excepción. FAOSTAT (2015) reportó que China es el país con mayor inventario ovino (47%), seguido de otros países como Australia (17%), India (15%), Irán (12%) y Nigeria (9%) (Cuadro 1). El hecho que Australia, un país caracterizado por exportar carne de ovino y ganado en pie, tenga significativamente menor inventario comparado con China, obedece a que ese país tiene transferencia de tecnología que le permite un mayor rendimiento con menor número de cabezas. En el caso de la población ovina de México, ésta representa solamente el 0.7% de la población mundial y 9.8% de la población del continente americano. Por otra parte, de acuerdo a la FAOSTAT (2015), el ganado ovino es una especie básica junto con el bovino, porcino y las aves en la ganadería mundial.

Cuadro 1. Países con mayor número de cabezas en el mundo

Asia	549,593,829
China	202,155,600
India	63,000,000
Irán	50,228,000
Pakistán	29,100,000
Turquía	31,115,190
África	340,502,679
Etiopía	29,332,382
Argelia	27,807,734
Sudán	39,846,000
Sudáfrica	25,500,000
Nigeria	40,550,000

Europa	130,291,237
Rusia	22,246,750
Reino Unido	33,743,000
España	15,431,800
Oceanía	102,431,992
Australia	72,612,000
Nueva Zelanda	29,803,402
América	87,088,405
Estados Unidos de América	5,245,000
México	8,575,908
Argentina	14,700,000
Brasil	17,614,454
Perú	12,415,395
Uruguay	8,200,000

Fuente: Elaboración con los datos de la FAOSTAT (2015).

Se estima que el crecimiento de la población mundial ovina mantendrá una tendencia positiva, ya que los países con mayor producción seguirán aumentando en forma importante. Además, la demanda de este producto continuará creciendo y se espera que Nueva Zelanda y Australia, dada su ubicación geográfica e importancia como exportadores, se conviertan en los proveedores naturales. Países como China y México son mercados que demandan sobre todo carne en canal y vísceras (Anuario Agrario, 2013; FAOSTAT, 2015).

3.2.2. México

En México, el inventario al 2014 fue de 8,575,908 cabezas de ovinos, con un crecimiento aproximado de 7.9 millones de cabezas entre el 2005 y 2014. Alrededor del 50% del inventario nacional se ubica en cinco estados, los cuales corresponden esencialmente aquellos que rodean el Distrito Federal, es decir, Estado de México (16.3%), Hidalgo (13.8%) Veracruz (7.7%), Oaxaca (6.1%) y Puebla (5.8%) (SIAP, 2015). La población ovina en la región norte del país solamente es del 25.6% del inventario nacional, casi la mitad de la que se encuentra en la región centro del país.

Los estados del norte que destacan en cuanto a su número de cabezas ovinas son Zacatecas, San Luis Potosí, Jalisco, Tamaulipas, Sinaloa y Chihuahua, donde predominan las condiciones agroecológicas de escasa precipitación pluvial (200 a 500 mm anuales) con temperaturas extremosas. Los sistemas de manejo se caracterizan por ser extensivos en libre pastoreo y/o en estabulado, con rebaños criollos y cruza con Rambouillet y Merino español. Recientemente se ha observado un incremento en el número de cabezas de ovinos de pelo, principalmente de las razas Pelibuey (también llamada Tabasco), Blackbelly (Barbados), Saint Croix, Dorper, Damara y Katahdin. (Anuario Agrario, 2013).

3.3. Gestación en ovinos

La etapa de gestación de los ovinos dura en promedio 147 días con una variación de 142 a 152 días. Generalmente para una mejor comprensión de los procesos reproductivos de la gestación, ésta se divide en tres tercios, en el primer y segundo tercio se da el desarrollo embrionario, el crecimiento de la placenta y el desarrollo fetal temprano (Gootwine *et al.*,

2007; Kenyon, 2008). Hafez y Hafez (2004) menciona que en los dos primeros tercios de gestación, el crecimiento fetal es lento pero con gran actividad en la diferenciación, formación y desarrollo de los órganos. Por su parte, Robinson *et al.* (1999) indica que durante el primer trimestre, los requerimientos de energía para el desarrollo embrionario es relativamente bajo, pero la actividad metabólica fetal y la tasa de crecimiento específico es alta. Por su parte, King (2002) reportó que, al finalizar el segundo tercio, el feto apenas presenta un 20% del peso que tendrá al nacimiento, por lo tanto, sus requerimientos nutricionales en dichas etapas gestacionales siguen siendo relativamente bajos.

Sin embargo, en el último tercio de gestación, el feto crece rápidamente y acumula el 80% del peso que tendrá el cordero al nacimiento (Kleemann, 1983; Conway *et al.*, 1996; Gursel *et al.*, 2010). Dicho crecimiento puede ser alterada por factores externos como alimentación deficiente o estrés por calor (Wu *et al.*, 2006). En consecuencia, es necesaria una alimentación que satisfaga los requerimientos nutricionales (Kleemann, 1983). Asimismo, Robinson *et al.* (1979) señalaron que los factores que intervienen en el desarrollo vascular placentario, tales como el estrés térmico, comprometen primeramente el crecimiento y desarrollo del feto que finalmente repercutirá en el aumento en la mortalidad y morbilidad neonatal.

3.4. Nutrición durante el último tercio de la gestación

La demanda de nutrientes durante el último tercio de gestación aumentan significativamente, ya que en esta etapa se presenta el mayor crecimiento de tejido fetal y mamario, así como se inicia la síntesis de calostro en los días previos al parto. La cantidad y disponibilidad de energía metabolizable (EM) y proteína cruda (PC) dietaria son los dos

nutrientes a los que se debe prestar mayor atención ya que juegan un rol importante en el metabolismo celular, desarrollo de tejidos y producción de calostro. Cannas *et al.* (2004) reportaron que el contenido PC y EM dietaría en ovejas con gestación tardía puede aumentar en un 10 y 20 %, respectivamente, en base a MS, dependiendo del número de fetos gestados, genotipo y edad de la oveja. Se estima que un feto en esta etapa de la gestación demanda 1.5 MJ diaria de EM por kilogramo de feto (Organización de Investigación Agropecuaria, 1979). Esto significa que una oveja al gestar gemelos tendría un requerimiento de EM de alrededor de 2.5 a 3 veces la de una oveja no preñada. Orskov (1982) indicó que bajos niveles de energía durante la última etapa de preñez podría conducir a un cuadro de toxemia de la preñez, mientras que un excesivo consumo de energía podría ocasionar a problemas de partos distócicos debido a la excesiva desproporción feto-maternal.

Cabe mencionar que el consumo de alimento durante la gestación tardía podría ser limitado de manera natural en las ovejas, lo cual obedecen parcialmente a causas físicas (Vicente-Pérez *et al.*, 2015). El aumento drástico en el tamaño de los fetos durante los últimos 50 días de gestación provoca la compactación y/o desplazamiento parcial del tracto gastrointestinal de las ovejas; esta situación conlleva a que el espacio en rumen sea limitado para captar altos volúmenes de alimento consumido. Por lo anterior, se recomienda ofrecer dietas poco voluminosas y con alto aporte de nutrientes digestibles totales en ovejas que se encuentran en gestación tardía, principalmente en aquellas que gestan gemelos o triates. Para una adecuada formulación de las dietas en hembras gestantes se recomienda que siempre se considere lo que indica en las tablas del NRC

(2007), las cuales se muestran en los Cuadro 2, 3 y 4 para ovejas preñadas en el último tercio de gestación.

Cuadro 2. Requerimientos nutricionales de ovejas que se encuentran en el último tercio de gestación con un solo cordero

PV (kg)	PN (kg)	GDP (g/d)	EM (Mcal/kg)	CMS (kg)	NDT (kg/d)	EM (Mcal/d)	PC (g/d)	Ca (g/d)	P (g/d)
40	3.9	71	2.39	1.0	0.66	1.38	101	4.3	3.6
50	4.4	84	1.91	1.45	0.77	2.76	126	5.1	3.5
60	4,8	97	1.91	1.63	0.86	3.11	141	5.7	4
70	5.2	109	1.91	1.80	0.96	3.45	156	6.1	4.4
80	5.6	120	1.91	1.98	1.05	1.78	170	6.6	4.8

PV= Peso vivo; PN= Peso al nacimiento; GDP= Ganancia diaria de peso; EM= Energía metabolizable; CMS= Consumo de materia seca; NDT=Nutrientes Digestibles Totales; PC= Proteína cruda; Ca= Calcio; P= Fósforo (NRC, 2007).

Cuadro 3. Requerimientos nutricionales de ovejas que se encuentran en el último tercio de gestación con dos corderos

PV (kg)	PN (kg)	GDP (g/d)	EM (Mcal/Kg)	CMS (kg)	NDT (Kg/d)	EM (Mcal/d)	PC (g/d)	Ca (g/d)	P (g/d)
40	3.4	119	2.87	1.6	0.85	3.05	128	6.3	3.9
50	3.8	141	2.39	1.47	0.97	3.5	155	7.3	4.3
60	4,2	161	2.39	1.65	1.09	3.94	173	8.1	4.8
70	4.6	181	2.39	1.83	1.21	4.37	192	8.8	5.3
80	4.9	200	2.39	1.99	1.32	4.75	208	9.4	5.8

PV= Peso vivo; PN= Peso al nacimiento; GDP= Ganancia diaria de peso; EM= Energía metabolizable; CMS= Consumo de materia seca; NDT=Nutrientes Digestibles Totales; PC= Proteína cruda; Ca= Calcio; P= Fósforo (NRC, 2007).

Cuadro 4. Requerimientos nutricionales de ovejas que se encuentran en el último tercio de gestación con tres o más corderos

PV (kg)	PN (kg)	GDP (g/d)	EM (Mcal/kg)	CMS (kg)	NDT (kg/d)	EM (Mcal/d)	PC (g/d)	Ca (g/d)	P (g/d)
40	2.9	155	2.87	1.22	0.97	3.49	150	7.7	4.1
50	3.3	183	2.87	1.41	1.12	4.03	173	8.7	4.7
60	3.6	210	2.87	1.57	1.25	4.5	192	9.5	5.2
70	3.9	235	2.39	2.07	1.37	4.92	122	10.8	6.4
80	4.2	260	2.39	2.26	1.5	5.4	241	11.6	6.9

PV= Peso vivo; PN= Peso al nacimiento; GDP= Ganancia diaria de peso; CMS= Consumo de materia seca; NDT=Nutrientes Digestibles Totales; EM= Energía metabolizable; PC= Proteína cruda; Ca= Calcio; P= Fósforo (NRC, 2007).

3.5. Desarrollo de la glándula mamaria

La glándula mamaria constituye la característica exocrina fundamental de los mamíferos quienes alimentan a sus crías con el producto de su secreción. La función principal de la glándula mamaria es la de producir leche para alimentar y proteger a la descendencia después del nacimiento (Silanikove *et al.*, 2014). La histología de la glándula mamaria es similar en todas las especies: un parénquima glandular, compuesto de alvéolos y conductos y un estroma de soporte. Cada célula alveolar se comporta como una unidad de secreción, produciendo leche completa, sintetizando y transportando desde el plasma sanguíneo conteniendo proteínas, grasas, hidratos de carbonos, sales, anticuerpos y agua. El proceso de síntesis y secreción celular es similar en todas las especies de mamíferos. La composición química de la leche y la disposición anatómica del sistema de almacenamiento y evacuación de la leche varía en las diversas especies (Kuhn, 1977).

La embriogénesis general de la glándula mamaria comienza entre las 18 y 19 semanas de vida intrauterina, período en que se puede identificar brotes mamarios epidérmicos que penetran al mesénquima subepidérmico en la región anterior del tórax, en la denominada "línea de la leche". Simultáneamente, parte del mesénquima se extiende bajo la dermis para formar el cojinete graso y los conductos se extienden, ramifican y canalizan hasta formar el sistema ductal mamario rudimentario (Pechoux, 1994; Neville, 1999).

Durante el periodo neonatal puede producirse escasa secreción láctea, producto del estímulo de prolactina materna liberada por la supresión de los esteroides placentarios después del parto. Posteriormente, en la etapa prepuberal, las vesículas mamarias se transforman en conductos, por crecimiento longitudinal y ramificación, sin que sea posible reconocer los alvéolos. Mientras el tejido mamario rudimentario permanece inactivo y las glándulas mamarias sólo crecen en forma isométrica con el cuerpo, sin presentar modificaciones estructurales (Valdés y Pérez, 1994); manifiestan su crecimiento hasta el periodo prepuberal donde se inicia el funcionamiento del eje endocrino hipotálamo-hipófisis-ovárico. Los folículos ováricos inician la secreción de estrógenos, que sumados a un factor que probablemente sea la hormona de crecimiento, determinan el crecimiento de los brotes epiteliales y la maduración de la glándula mamaria (telarquia). Posteriormente, al comenzar los ciclos ovulatorios, se inicia la producción cíclica de progesterona que sumándose a los estrógenos, determina un nuevo crecimiento de la glándula, con formación de los primeros alvéolos (Ceriani, 1974; Salmon 2003).

En la etapa de gestación, se elevan los niveles de progesterona, prolactina y lactógeno placentario, los lobulillos se expanden en forma de racimos (Neville y Morton, 2001) y la glándula mamaria se prepara para cumplir su función primordial, la secreción de leche. El

período inicial de la gestación se caracteriza por una gran proliferación de los elementos epiteliales y del sistema de conductos, dándose una actividad mitótica en los acinos y la formación de nuevos acinos. Entre las semanas 5 y 8 de gestación se aprecian cambios visibles en las mamas: aumentan notablemente de tamaño, se sienten más pesadas, se intensifica la pigmentación de la areola y el pezón y se dilatan las venas superficiales. Al final del primer trimestre aumenta el flujo sanguíneo por dilatación de los vasos sanguíneos y neoformación de capilares alrededor de los lobulillos. Después de las 20 semanas, cesa la proliferación del epitelio alveolar y las células inician su actividad secretora. Los alvéolos están formados por una sola capa de células epiteliales cuboideas o cilíndricas bajas, organizados en acinos cada una de las cuales tiene la capacidad de producir leche completa (Valdés *et al.*, 1994).

Hacia el término de la gestación los alvéolos muestran en su interior una substancia compuesta por células epiteliales descamadas y leucocitos, además se puede detectar lactosa en la sangre y la orina de la madre. La síntesis de lactosa se ha correlacionado con la secreción de la glándula mamaria la cual se denomina Lactogénesis I (Kuhn 1977; Cox 1999; Cregan, 1999). El aumento de la concentración de lactosa, está vinculada con el incremento de prolactina en el plasma. Esto sugiere que la prolactina tendría un papel en la diferenciación celular y en la formación de galactocitos o células secretoras en el desarrollo de la mama. Asimismo, el aumento de volumen de la mama, el pezón y la areola se relaciona con el nivel del lactógeno placentario plasmático. Las hormonas que controlan el crecimiento lobuloalveolar son estrógenos, progesterona, corticoides adrenales, prolactina, hormona del crecimiento, insulina y hormonas tiroideas y en algunas especies, el lactógeno placentario. Entre los factores de crecimiento se encuentran los IGF

I y II, y el factor de crecimiento epidermal (EGF), el factor de crecimiento de los fibroblastos (FGF), y el factor de crecimiento de transformación Beta (transforming growth factor- β , TGF- β). La producción de leche empieza en esta fase I, pero las altas concentraciones de progesterona impiden que la síntesis de leche sea muy activa (Cox, 1999; Grosskopf *et al.*, 2016).

Hasta el momento del parto, la producción de grandes volúmenes de leche, o lactogénesis II, está inhibida por antagonismo de los esteroides sexuales placentarios, particularmente la progesterona. Esta inhibición es tan poderosa, que aún pequeños restos placentarios retenidos pueden demorar el proceso de producción de leche en el postparto (Neifert, 1981). El efecto inhibitor de los estrógenos sobre la lactogénesis no está del todo aclarado, pero se sabe que disminuyen la cantidad de prolactina incorporada a las células del alvéolo mamario, impidiendo el aumento de receptores de prolactina que normalmente ocurre durante la lactancia. La prolactina dentro de la célula alveolar estimula la síntesis de la lactoalbúmina, y por lo tanto, la síntesis y secreción de la lactosa (Hayden, 1979).

Durante la lactancia, los receptores para progesterona desaparecen de la glándula mamaria, lo que explica por qué la progesterona no tiene un efecto supresor de la lactancia una vez que el proceso está establecido (Fuchs, 1986). El período de la lactancia se inicia después del parto. El nivel de progesterona en la sangre de la madre baja progresivamente y se suprime la acción inhibitora que esta hormona tiene sobre la síntesis de la leche, iniciándose la secreción láctea 30-40 horas después de la eliminación de la placenta. Primeramente las mamas se llenan de calostro, y el volumen de leche aumenta del primero al 4to día postparto (Neville, 2001).

Existe en el posparto un cambio rápido en la composición de la leche debido a la disminución del sodio y cloro a las 72 horas por el cierre de los espacios inter-celulares bloqueando la vía para-celular (Neville, 1999). Por lo tanto, ante el aumento en la síntesis de la lactosa y proteínas, se detecta secreción de grasa, cambios en la tasa de transporte de inmunoglobulinas y otras proteínas no sintetizadas por las células en la glándula mamaria. A esto se suma la acción osmótica de la lactosa que atrae agua, produciendo un aumento del volumen de leche. La producción de calostro y la "bajada de la leche", se produce independiente del vaciamiento o la succión, pero estos facilitan el establecimiento de la lactancia por ello se denomina galactopoyesis, al proceso que mantiene la producción de la leche una vez establecida la lactancia. Esta etapa de la lactogénesis depende tanto del ambiente hormonal del plasma materno como de la remoción de la secreción láctea de la mama (Daly, 1993); por ello se habla de una lactancia establecida después los 30 días postparto cuando se ha concretado la retroalimentación entre los requerimientos del lactante y la producción de leche de la madre (Neville y Morton, 2001).

La secreción láctea de la glándula depende del control endocrino, regulado por prolactina y oxitocina y del control autocrino, regulado por el vaciamiento de la glándula mamaria y por el "feedback inhibitor of lactation" (FIL) o factor inhibitor de la lactancia (Wilde, 1995). El reflejo liberador de prolactina es controlado por las neuronas dopaminérgicas del hipotálamo. El estímulo del pezón y de la areola se produce por vía de un reflejo neurohormonal y la inhibición de la secreción de dopamina (PIF). La cantidad de dopamina que alcanza a las células lactotropas de la hipófisis anterior, determina la cantidad de prolactina secretada. El estímulo del pezón-areola inhibe la secreción de

dopamina y por lo tanto permite la liberación de prolactina por la hipófisis anterior (Daly, 1993; Neville y Morton, 2001).

El efecto del lactógeno de la prolactina es apoyado por otras hormonas: insulina, cortisol, hormonas tiroideas, paratiroides y hormonas de crecimiento, sin necesitar que sus niveles sean mayores que en la preñez (Topper, 1980). En la iniciación de la lactancia, el rol de la prolactina en la mantención de la lactancia es más cuestionable. La antigua hipótesis de que el alza brusca de prolactina desencadena la lactancia, es falsa, ya que con el parto ocurre un alza bifásica de la prolactina que precede a la producción copiosa de leche en 2-3 días (Rigg, 1977; Neville, 2001).

Debido a ello, la leche no fluye hacia los conductos y por lo tanto no se encuentra disponible, es necesario que se transporte de los alveolos para que éstos sean exprimidos por las células mioepiteliales que los rodean. La contracción de estas fibras, o reflejo eyectolacteo, es producida por la liberación de oxitocina por la hipófisis posterior. Las fibras mioepiteliales de la mama y el útero tienen receptores específicos para la oxitocina y estos receptores aumentan durante el tercer trimestre del embarazo, especialmente en los primeros 5 días después del parto. La oxitocina es la hormona galactopoyética más importante y es indispensable para el vaciamiento de la leche durante el amamantamiento (Solonof, 1977). El reflejo liberador de oxitocina no sólo responde a los estímulos sensoriales y mecánicos del pezón-areola, sino que también puede ser desencadenado por estímulos visuales, auditivos u olfatorios, pudiendo llegar a ser un reflejo condicionado y a diferencia de la prolactina, éste puede ser bloqueado por estrés o dolor que produzcan liberación de catecolaminas. Los estímulos físicos repentinos, por efecto de la adrenalina, pueden inhibir temporalmente el reflejo eyectolacteo, sin embargo, no se ha demostrado

que el estrés leve o crónico lo afecte; sólo puede demorarlo ligeramente. Investigaciones demuestran que el alza de oxitocina que acompaña al parto y al amamantamiento estimula el comportamiento maternal y el apego entre madre y cría (Pedersen, 1982; Kendrick, 1987; Novak, 1997).

El vínculo principal entre la madre y la cría es el amamantamiento inmediatamente después del nacimiento, este proceso se ve mermado cuando existen factores que afectan la glándula mamaria y pueden ser de orden A) fisiológico, B) ambiental y de manejo, C) nutricional (Tarazona-Loaiza y Vargas-Cifuentes, s/f).

Los factores fisiológicos están relacionados con: 1) Estado de la lactancia, ya que puede haber fallas genéticas que influyan en el crecimiento y desarrollo interno en la glándula mamaria y las alteraciones en calostro y leche sean evidentes. 2) Persistencia de la producción láctea es baja debido a la inadecuada salud e incluso inserción de la ubre y es característica muy importante para seleccionar el ganado, este factor depende, de la raza, la frecuencia del ordeño, estado de nutrición del animal y del manejo. 3) Edad, según la raza y los animales aptitud lechera el aumento de la producción depende del bienestar y manejo general durante la lactancia, sin embargo la salud de la ubre durante las primeras lactancias es fundamental. 4) Forma corporal del animal, en general la buena capacidad de la ubre, el buen tamaño corporal y la capacidad abdominal son una medida de la habilidad para producir leche y de la capacidad de consumo de alimento.

Dentro de los factores ambientales y de manejo se encuentran: 1) El período seco que influye el tiempo suficiente para que el animal reponga las reservas de nutrientes en su cuerpo, regenere el tejido secretor de leche y gane nuevo estímulo hormonal. 2) Estado de

nutrición antes del parto, el estado de nutrición por ejemplo en la vaca al momento del parto afecta la producción láctea precedida de un bajo desarrollo mamario; es por ello se aconseja suministrar buen forraje y suplemento. 3) Intervalo entre ordeños y número de ordeños también influyen si se realizan de manera diaria ya que se manipula constantemente la mama; donde la frecuencia para ordeñar depende de la capacidad de la ubre, del estadio de la lactación, el nivel de producción y nutrición. Es por ello que las ordeñas una vez al día producen menos leche que cuando se ordeñan dos o más veces. De acuerdo con la capacidad de la ubre, la leche elaborada entre dos ordeños ejerce presión sobre los tejidos secretores inhibiendo la secreción de más leche y la secreción de leche se reinicia tan pronto la leche es extraída. Entre más pronto se ordeñe, más pronto se inicia una nueva secreción. 4) La época influyen directa o indirectamente sobre los animales y sobre el forraje de las praderas por efecto de la temperatura, humedad y radiación solar imperante afectando en gran medida la temperatura ambiente, pues el ganado produce calor en su cuerpo debido a los procesos de digestión, metabolismo, producción y a la actividad física, además del calor recibido por radiación solar.

Por ello, cuando los animales están sometidos a altas temperaturas deben regular su temperatura disminuyendo el consumo de alimento, la actividad física y el metabolismo, lo cual contribuye a disminuir la temperatura corporal y la disminución láctea. Es de gran importancia proporcionar una temperatura más confortable en los climas cálidos, usando sombras y suministrando agua a libre acceso y forraje adicional en los sitios de descanso durante las horas menos calurosas del día.

C) Factores nutricionales. Los animales confinados necesitan ciertas cantidades de proteína digestible y elementos nutritivos digestibles para su mantenimiento, producción

(de leche, carne, huevo, lana, piel, etc.), crecimiento y gestación. La cantidad de alimento concentrado influye con una mayor capacidad de producción, responden mejor a un mejor aprovechamiento del alimento y aumenta la eficiencia de transformación.

El efecto de una subalimentación en la gestación tardía en la glándula mamaria tiene efectos directos sobre el suministro de nutrientes y bajo condiciones de estrés térmico se movilizan reservas corporales en la hembra, se sabe que hay una disminución de los anticuerpos presentes en leche y calostro, se redistribuye el flujo sanguíneo en la piel con el fin de perder calor (Messias de Bragança *et al.*, 1998) estudiado tanto en rumiantes como el monogástricos (Renaudeau *et al.*, 2003). Sin embargo los efectos de la restricción nutricional bajo condiciones de estrés en ovinos son escasos.

3.6. Calidad y producción de calostro

El calostro es la primera secreción de la ubre tras el parto en los mamíferos y cumple diversas funciones importantes durante las primeras horas después del nacimiento. Es primordial en el aporte de inmunoglobulinas (Ig), las cuales ofrecen protección contra las infecciones ya que tienen efectos beneficiosos sobre la flora y salud intestinal, aporta energía, y favorecer la eliminación de los meconios o primer excremento (Brown, 1978, O'Brien y Sherman, 1993; Paten *et al.*, 2015). El calostro se caracteriza por ser un fluido espeso y amarillento lo cual se debe a las concentraciones de beta-caroteno. En calostro, el contenido de carotenoides, cenizas, sodio, potasio, y cloro son superiores a las de la leche madura. En el caso de proteínas, vitaminas liposolubles y minerales éstas son más abundantes en la leche de transición o madura. Otra característica especial es el volumen del calostro, el cual comparado con el de la leche es diferente y puede variar dentro de los

tres primeros días dependiendo del número de tomas del recién nacido durante las primeras 24 horas (Blázquez, 2004).

La inmunidad en los rumiantes no es permitida a través de la placenta, por lo que la adquisición de la inmunidad pasiva depende por entero de la ingestión de calostro (Ramos-Antón *et al.*, 2006). El grado de inmunidad puede ser afectado a: (1) momento de la ingesta del calostro, que debe tener lugar en las primeras horas de vida, ya que la absorción intestinal de inmunoglobulinas y otras sustancias presentes en el calostro es muy eficiente durante las primeras 24 horas de vida del recién nacido, disminuyendo a partir de las 24 a 36 horas hasta desaparecer. La madre debe estar correctamente alimentada durante la gestación para que llegue al parto en una condición corporal adecuada y produzca suficiente cantidad de calostro de buena calidad y leche para poder alimentar a las crías. (2) La calidad del calostro recibido, se considera de buena calidad cuando la concentración de proteínas totales, es mayor de 9 g/dl, el peso específico por encima de 1.050 y la concentración de inmunoglobulinas superior a 50 mg/ml. (3) La cantidad de calostro, necesitando un cordero consumir entre 160 y 210 mL/kg peso vivo. (4) Por último, la eficacia en la absorción intestinal, que depende del tiempo transcurrido entre el nacimiento y la primera toma, el sufrimiento en el parto y el manejo (Ramos-Antón *et al.*, 2006; Lembeye *et al.*, 2016).

En ovinos, la producción de calostro no es estándar, varía tanto la producción como la composición entre razas, asimismo, la ingestión y aprovechamiento tampoco es constante, va a depender de la cría. Entre los factores que influyen en la calidad cantidad de calostro ingerido se destacan (Ramos-Antón, 2006):

I). La edad de la madre y número de parto. Es óptima en ovejas de 2 a 6 años obteniéndose la mayor tasa de supervivencia de corderos con ovejas de 3-5 años. En general, suele ser inferior en las primíparas. En ovejas y cabras viejas, la producción de calostro también es menor, aunque se debe tener en cuenta que son las hembras del rebaño que han estado expuestas a mayor número de agentes infecciosos y, por tanto, su calostro tiene una concentración de inmunoglobulinas frente a una variedad más amplia de enfermedades que las hembras jóvenes.

II). Peso de los corderos al nacimiento. Los corderos de bajo peso, generalmente producto de partos múltiples, tienen una menor madurez inmunitaria y mayor dificultad para tomar la cantidad de calostro adecuado. Por otra parte, los corderos demasiado grandes (>5 kilos según la raza) suelen tener un nacimiento dificultoso y también muestran menor vitalidad.

III). Número de corderos nacidos en el parto. Cuanto mayor es el tamaño de la camada, mayor es la mortalidad al nacimiento, principalmente en los 3 días de vida. La concentración de inmunoglobulinas en el calostro está directamente correlacionada con el tipo de parto y guarda correlación inversa con la cantidad de calostro producido. Siempre que las madres mantengan una condición corporal aceptable, la producción de calostro es mayor en los partos múltiples que en los simples. La relación calostro total/número de neonatos es menor.

IV). Nutrición y condición corporal de la madre. La mortalidad perinatal es más elevada cuando las madres no han sido convenientemente alimentadas durante la gestación, especialmente en condiciones climáticas adversas. La producción de calostro en ovejas con una condición corporal baja (< 2) suele ser la mitad que en ovejas con condición

corporal normal, e incluso puede llegar a ser nula. En este tipo de animales, la suplementación alimenticia en el último tercio de la gestación mejora el peso al nacimiento de los corderos, la producción de calostro y leche, y permite conseguir un mayor porcentaje de supervivencia. No obstante, un engrasamiento excesivo de las hembras en este período también es un factor negativo para las producciones de calostro.

V). La temperatura ambiente. Una reducción drástica de la temperatura puede disminuir la cantidad de calostro ingerida y también la absorción del mismo. Así, la tasa de supervivencia más baja se da en los meses de invierno.

VI). La dificultad en el parto. La mayoría de los partos difíciles y prolongados dan lugar a una hipoxia importante en el recién nacido, que puede ser de origen materno, debido a los esfuerzos que realiza la madre durante el parto, o bien puede estar ligada a una alteración de la circulación feto-placentaria (compresión o ruptura temprana del cordón umbilical, desprendimiento precoz de la placenta, etc.). Las causas más comunes de distocia son la presentación múltiple de los fetos y la desproporción entre el tamaño del feto y el canal del parto de la madre. Las madres primíparas y que gestan un solo feto tienen una mayor predisposición a tener dificultades en el parto.

VII). El comportamiento materno de la oveja. Los corderos o cabritos cuando nacen se encuentran cubiertos de membranas fetales y líquido amniótico. En condiciones normales, la madre limpia a la cría mediante el lamido estimulando su respiración, a la vez favorece que se seque y previene una posible hipotermia. El olor del líquido amniótico es específico de cada animal, permitiendo a la madre reconocer a su cría mientras dure la lactancia. Un comportamiento materno inadecuado es más frecuente en hembras primíparas y en

aquellas que han experimentado un parto muy prolongado y doloroso, ya que la madre está fatigada y presta menor atención a la cría. Además, el dolor puede causar una retención mamaria o una menor producción de calostro. En los partos múltiples, la madre suele prestar más atención a una de las crías y en ocasiones abandonan a la otra u otras, impidiendo que estos animales tomen calostro dicha situación también suele ser más frecuente en primíparas.

VIII). La genética. Es un factor más a considerar en relación con el comportamiento materno; la mayor o menor facilidad para el parto, así como en relación con el desarrollo mamario y la producción de calostro y leche.

IX). La duración de la gestación. Es poco variable, no obstante, una gestación prolongada aumenta el peso al nacimiento (150 gramos por día al final de la misma), así como la madurez de la cría, factor que influye de manera directa en la correcta ingesta de calostro.

Como se puede indicar la producción de calostro en ovejas se estima que en las primeras 18 horas tiene que secretar entre 180 y 290 mL kg⁻¹ de peso vivo del cordero, el cual aporta 2 kcal de energía por mL; sin embargo, no todas las madres pueden cubrir totalmente las necesidades de su cordero, factor limitante para la sobrevivencia neonatal. Además el estrés calórico es un factor importante que limita la producción y consistencia del calostro (Nowak y Poidron, 2006). Asimismo, la composición química del calostro en ovinos esperada es 14.04% de grasa, 21.24% de proteína, 3.26% de lactosa, agua y otros nutrientes (inmunoglobulinas, enzimas, hormonas, factores de crecimiento y péptidos neuroendocrinos) (Nowak y Poindron, 2006; Bernabucci *et al.*, 2013 y Banchemo *et al.*,

2015). Sin embargo factores como la desnutrición pre-parto y un ambiente de hipertermia pueden alterar la composición y viscosidad del calostro en ovejas (Banchero *et al.*, 2006).

De acuerdo con la investigación de Banchero *et al.* (2006) midieron en ovejas Merino la relación entre la dieta durante la gestación y la producción de calostro, en este trabajo se hace evidente la disponibilidad en cantidad de calostro acumulado bajo dos niveles de nutrición, también se midieron las concentraciones circulantes de metabolitos y hormonas. Las ovejas fueron subalimentadas a un 70% (n=15) y bien alimentadas al 110% (n=10) de su requerimientos diarios de energía metabolizable durante los dos últimos meses de gestación. La acumulación de calostro hasta el parto fue de 168 ± 48 g para las ovejas subnutridas y 451 ± 103 g para las ovejas bien alimentadas. Después del nacimiento, las ovejas subalimentadas produjeron menos calostro que las ovejas bien alimentadas, asimismo el nivel de nutrición también influyo en las concentraciones plasmáticas evaluadas en esta investigación. Los autores concluyeron que en las ovejas desnutridas no hay nutrientes suficientes para una lactancia adecuada y el régimen hormonal es inapropiado para el buen desarrollo de la ubre y la síntesis de calostro.

Por otro lado, Chadio *et al.* (2014) examinaron ovejas de la raza Chios (n=60), de edad (2.0 ± 0.3 años) y peso vivo similar (63.0 ± 0.6 kg) evaluaron los efectos de la desnutrición materna durante la gestación tardía y / o lactancia sobre el calostro y la síntesis de la leche. En el estudio, las ovejas preñadas fueron alimentadas al 100% de los requerimientos de nutrientes durante la gestación y la lactancia (Control) y al otro grupo se subalimento al 50% durante los últimos 20 días de gestación y lactancia. Se recogieron muestras de calostro (3 y 18 h después del parto), peso al nacer y tasa de crecimiento. Los resultados arrojaron que el pesos al nacer de los corderos no difirió entre los grupos, mientras que la

tasa de crecimiento fue significativamente menor en los machos de ovejas alimentadas adecuadamente y en las hembras en ambos grupos tratamientos. También se observó una reducción significativa en el porcentaje de lactosa en el calostro de 18 h del grupo restringido. Por el contrario, en la concentración de IgG, el porcentaje de proteína aumentó significativamente en muestras de calostro de 3 h del grupo restringido nutricionalmente. Por ello, se infiere que los desequilibrios durante la vida fetal y neonatal a nivel nutricional materno alteran potencialmente la función del sistema inmunológico en la descendencia y en la vida temprana. Por lo anterior, se propone que en estudios futuros se deben explorar los efectos ambientales y procesos fisiológicos (desarrollo y la función) que se vinculan con las consecuencias inmunológicas específicas que afectan a las crías.

De igual manera, Meyer *et al.* (2014) investigaron en ovejas Rambouillet ($n= 84$, edad= 240 ± 17 días, peso vivo promedio= 52.1 ± 6.2 kg) el suministro de selenio sobre los efectos en el plano nutricional durante la gestación sobre el rendimiento y la composición nutritiva del calostro y la leche en ovejas de primera paridad. La alimentación se suministró individualmente a partir del día 40 de preñez, y los corderos fueron removidos al parto. El calostro fue ordeñado de todas las ovejas a las 3 h postparto, y la mitad de las ovejas fueron transicionadas a una dieta común que cumplía con los requisitos de lactancia y ordeñadas mecánicamente. Los resultados indican que la restricción de los nutrientes maternos durante la gestación no sólo afecta negativamente al crecimiento y desarrollo prenatal de las crías, sino que también disminuye el potencial de lactancia de la madre, lo que puede afectar aún más el desarrollo de la descendencia después del nacimiento. Se necesitan más investigaciones para determinar si la nutrición gestacional de las ovejas primíparas afecta el potencial de lactancia.

A diferencia de los anteriores trabajos donde se suministra energía, Abd-Allah (2013) evaluó en ovejas Rahmani (n=30) el efecto de la alimentación con alta proteína. Se observó un cambio de peso vivo en las ovejas, mientras que el rendimiento de crecimiento de los corderos no fue afectado, en cuanto al rendimiento total del calostro dentro de las primeras 36 horas después del parto, en cuanto a la composición química no fue afectado.

En general, se encontró que las ovejas nutricionalmente restringidas durante la gestación tardía muestran una composición química pobre en calostro y leche, sin embargo, Banchemo *et al.* (2015) revisaron la estrecha relación entre composición del calostro, y los principales factores que afectan como la dieta de la madre, época de nacimiento del cordero, estadio de la lactancia, e intervalo entre amamantamientos a lo largo del día sin tomar en cuenta factores ambientales. Sin embargo, los animales que se encuentran en zonas de hipertermia, por ejemplo tropicales, mediterráneas, las zonas áridas y semiáridas; afectan las intensas cargas de calor en combinación con el efecto de la subalimentación puede ser cruciales en la etapa de gestación y la vida futura de los corderos (Macías-Cruz *et al.*, 2013).

3.7. Relación entre peso vivo y peso de camada al nacimiento sobre la mortalidad perinatal en corderos

Se destaca la importancia de evaluar el peso en relación con el tamaño de camada, a fin de conocer la cantidad de nutrientes transferida de la madre a los fetos (Mellado *et al.*, 2011). De igual forma se indica el peso al nacer, ya que es considerado con frecuencia como un indicador para detectar posibles restricciones de crecimiento intrauterino (Meza-Herrera *et al.*, 2015). Si los parámetros como peso de camada al nacimiento y el peso al

nacer son bajos, habrá una mayor mortalidad perinatal y las muertes tienden a ser constantes durante los primeros días de vida del cordero. La pérdida rápida y gradual de los animales hace que sea muy difícil de diagnosticar las causas, pero se agrava por la mala ingesta de calostro (Martin y Greeff, 2011).

Los principales factores de riesgo en mortalidad de corderos, además del bajo peso al nacer, sobre todo debido a la mala nutrición de la madre durante la gestación, la dificultad nacimiento, el tamaño de la camada y la genética, las cuales pueden atribuirse en parte a su efecto sobre la velocidad con la que el cordero llega a la ubre y extrae el calostro. Sin embargo, es importante tener en cuenta la magnitud y duración de la desnutrición y considerar otros factores asociados a variables climáticas para evitar muertes tempranas (Van Emon *et al.*, 2014).

Por ello la importancia de la alimentación en el crecimiento y desarrollo del feto para determinar la supervivencia del recién nacido y la influencia en su comportamiento futuro, ya que existe evidencia que la desnutrición durante el tercer tercio de gestación altera la secreción de cortisol y afecta el eje hipotálamo-pituitario, causa fallas en la maduración y el desarrollo de los órganos principales, comprometiendo el comportamiento y longitud de la gestación en la madre que paralelamente es afectado por las condiciones ambientales en donde se desarrolle; bajo condiciones termoneutrales se observa niveles de supervivencia en partos simples 83.2% y dobles en 56.2% (Kleemann *et al.*, 2015).

Según Dwyer *et al.* (2015) el logro de una buena ingesta de calostro, tan pronto como sea posible después del nacimiento, es crucial para la supervivencia neonatal. Esto proporciona el combustible para la termorregulación, la protección inmunológica pasiva

implicada en el desarrollo del cordero. El comportamiento vigoroso al buscar la ubre y succionar rápidamente del calostro después del nacimiento es un componente clave para asegurar la ingesta suficiente; asegurando bajas tasas de mortalidad neonatal y tener efectos en la rentabilidad y determinando el éxito productivo-reproductivo en los animales (Delgadillo y Martin, 2015).

3.8. Efectos del estrés térmico en los rumiantes

En las dos últimas décadas, la producción de carne y leche a nivel mundial ha aumentado, especialmente en las zonas tropicales y subtropicales. Este crecimiento fue impulsado por una fuerte demanda de los países en desarrollo. Dicha demanda se logró mediante una intensificación basada en animales y dietas específicas para la producción esperada. Se puede estimar que más del 50% de la carne mundial y el 60% de la leche procede principalmente de industrias establecidas en zonas semiáridas y áridas donde los factores climáticos limitan el desarrollo y crianza de los animales domésticos. Se prevé que la producción pecuaria en estas áreas seguirá sosteniendo la producción futura del mundo. Asimismo, el calentamiento global acentúa aún más los problemas relacionados con el estrés térmico y el déficit de alimento en las regiones cálidas. Específicamente para las especies rumiantes, se utiliza un índice que contempla temperatura y humedad ambiental (ITH) para evaluar el grado de estrés térmico en un entorno determinado (Collier y Beede, 1985; Wiersma y Armstrong, 1989; Marai *et al.*, 2007).

Dicho índice contempla altas temperaturas, las cuales afectan la actividad y funcionamiento del sistema digestivo de los rumiantes. Aunque se reconoce que la digestibilidad de alimentación se mejora en condiciones de calor a causa del menor consumo de alimento (Morand-Fehr y Doreau, 2001) este coeficiente parece estar

relacionado a que el tracto gastrointestinal tiene una tasa más baja en el paso de alimento (Christopherson y Kennedy, 1983).

Sin embargo un menor consumo de alimento tiene un impacto directo sobre el crecimiento y desarrollo de los animales. En contraste, la información disponible acerca de los efectos del estrés térmico en ovejas y cabras es escasa, aun cuando aproximadamente el 67% de todo ovino de leche se encuentran en la región del Mediterráneo, donde el estrés por calor es común durante los meses cálidos del verano (Finocchiaro *et al.*, 2005) dado que la temperatura promedio diaria excede el límite superior de la zona termoneutral (27° C) indicado para ovejas (Fuquay, 1981).

Aunque ovejas y cabras parecen ser menos sensibles al calor que otros rumiantes poseen características únicas y desarrolla mecanismos de termorregulación, tales como la capacidad de conservar agua en su organismo (pierden un 35% de contenido del agua corporal), el aumento de la sudoración y la frecuencia respiratoria para disminuir la producción de calor basal (Kadzere *et al.*, 2002). Considerando en el ganado ovino un umbral de estrés por calor >25.6 unidades (Marai *et al.*, 2001) además posee una alta tasa de adaptación a los ambientes áridos y semiárido ya que resiste altas temperaturas, sin embargo tiene gran dificultad en combinación con la humedad (Marai *et al.*, 2007).

Para disipar el calor las ovejas aumentan el jadeo, aunque son propensas a desarrollar alcalosis en sangre, por acción del aumento en la tasa de respiración (Marai *et al.*, 2007) sin embargo es compensada cuando el bicarbonato es excretado u orinado dando lugar a una disminución en la concentración de bicarbonato en sangre que puede causar acidocis metabólica especialmente en los meses de verano (West, 2003). Además, los animales

lactantes bajo estrés por calor pueden perder una gran cantidad de potasio a través del sudor, habiendo bajas concentraciones de este metabolito en la dieta, siendo que los requisitos de potasio para la síntesis de leche son altas. Esta condición podría dar lugar a la deficiencia de potasio y tener consecuencias perjudiciales en la salud (Beede y Collier, 1986). En la literatura son escasos los efectos que causan el estrés por calor sobre la salud de rumiantes.

En general existen estrategias efectivas para aliviar el estrés por calor en los sistemas de producción ganadera, las cuales pueden ser: 1) Los que aumentan la ingesta con una alimentación enfocada, 2) La selección genética para la tolerancia al calor y 3) El manejo de la alimentación como un cambio en el tiempo o frecuencia (horas más frescas del día) (Renaudeau *et al.*, 2012).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Ubicación del experimento

El estudio se realizó en la Unidad Experimental Ovina del Instituto de Ciencias Agrícolas (ICA), de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), localizada en el Valle de Mexicali, al noroeste de México (32.8° LN, 114.6° LO) durante el verano del 2014. Esta región situada en el Desierto Sonorense se caracteriza por un clima árido, caluroso y seco, con temperaturas extremas máximas en verano (≥ 42 °C) y mínimas en invierno (≤ 0 °C), y una precipitación media anual de 85 mm (García, 1987).

4.2. Animales y tratamientos

El manejo de las ovejas se llevó a cabo dentro de los lineamientos de las Normas Oficiales Mexicanas aprobadas para el cuidado de los animales en México (NOM-051-ZOO-1995 y NOM-062-ZOO-1999).

Un grupo de 32 ovejas multíparas de la cruce Katahdin x Pelibuey fueron sometidas a un protocolo de sincronización de estros a mediados de abril con el fin de que alcanzarán su último tercio de preñez entre los meses de agosto y septiembre (condiciones de estrés por calor severo). El protocolo de sincronización consistió en introducir esponjas intravaginales impregnadas de progesterona durante 10 días (20 mg; Chronogest, Intervet, D.F., México), y 24 h antes de retirar la esponja, se aplicó una inyección intramuscular de 300 UI de la hormona gonadotropina coriónica equina (Folligon, Intervet , DF, México).

Todas las ovejas tratadas mostraron signos de estro y fueron montadas por tres machos Dorper de fertilidad probada. Al día 90 post-monta, se realizó diagnóstico de gestación por ecografía (50S Tringa Vet, Pie Medical, transducer of 3,5/5,0 MHz; Maastricht, The

Netherlands). Posteriormente, se seleccionaron 24 ovejas de las diagnosticadas preñadas y con condición corporal (CC) de alrededor de 3.0 unidades (escala de 5 puntos, 1 = muy flacas a 5=muy gordas; Russell *et al*, 1969) para realizar el estudio. Al día 94 de gestación, las ovejas seleccionadas fueron pesadas y asignadas bajo un diseño de bloque completamente al azar (peso vivo como factor de bloqueo) a uno de los siguientes dos tratamientos (n = 12), : 1) Sin Restricción Nutricional (SRN), ovejas alimentadas *ad libitum* y suplementadas con 500 g/d de concentrado, el cual fue formulado con 240 g de harina de trigo, 240 g de harina de soya y 20 g de pre-mezcla mineral-vitamínica (Cuadro 1); y 2) Con Restricción nutricional (CNR), ovejas alimentadas únicamente con paja de trigo *ad libitum*. El concentrado fue formulado para complementar los requerimientos nutricionales en combinación de la paja de trigo para ovejas que gestan el último tercio (12% de PC y 2.4 Mcal de EM/kg de MS) según el NRC (2007).

La paja de trigo se consideró como ingrediente base porque es una fuente de fibra muy similar a los pastos disponibles durante el verano en las regiones áridas. El concentrado en el SRN fue ofrecido en la mañana, justamente antes de servir la paja de trigo, para asegurar su consumo total, mientras que la paja de trigo se ofreció durante la mañana y la tarde (08:00 y 18:00 h). El agua estuvo disponible todo el tiempo para ambos grupos. Entre el día 94 y 99 se adaptaron las hembras a sus respectivos tratamientos, y del día 100 al parto se consideró como el periodo experimental. Antes del día 94 de gestación y después del parto, las ovejas se alimentaron llenando el 100% de sus requerimientos nutricionales.

Los animales experimentales fueron alojados en dos corrales (5 x 5 m), uno por cada tratamiento, equipado con comederos, agua fresca y sombra. Las paredes de los corrales

estaban construidas con malla borreguera para permitir el libre flujo de aire. En el caso de las sombras (12.5 m²/corral), estas estaban hechas con lámina galvanizada y ubicadas al centro del corral a una altura de 2.5 m. El espacio en comederos por oveja fue suficiente para evitar la competencia (0.7 m) y alimentar las ovejas en forma individual; de esta forma la unidad experimental fue la oveja dentro de tratamiento.

Cuadro 5. Composición química de paja de trigo y concentrado (base seca) ofrecido a las ovejas en el último tercio de la gestación

	Paja de trigo	Concentrado
Materia seca (%)	98.0	97.5
Materia orgánica (%)	81.7	91.8
Proteína cruda (%)	1.4	26.9
Extracto etéreo (%)	0.38	0.86
Fibra Detergente Neutra (%)	77.8	12.7
Fibra Detergente Acida (%)	56.1	5.7
Hemicelulosa (%)	21.7	7.0
Cenizas (%)	16.4	5.7
Energía metabolizable (Mcal kg ⁻¹ MS)	3.9	4.2

MS= Materia Seca; Mcal= Megacalorías

4.3. Manejo de animales al parto

Las ovejas estuvieron bajo observación diariamente, día y noche, a partir del día 144 de gestación hasta que la última oveja parió. Antes de la detección de la primera oveja, la observación se realizó a intervalos de 3 h, y después se hizo de manera continua hasta que parió el 100% de las ovejas. Las ovejas que parían eran llevadas a otro corral después que expulsaban la placenta, limpiaban su cría y antes de amamantar por primera vez, esto con

el objeto de evitar modificar el vínculo madre-cría. Todas las mediciones indicadas como al parto se realizaron justamente en el momento en que ovejas y crías se trasladaron al corral de paridas.

4.4. Peso vivo y condición corporal al parto

Todas las ovejas fueron pesadas individualmente al inicio del experimento y al parto usando una báscula electrónica de tipo corral, con capacidad de 150 kg, para registrar el PV. La CC también fue registrada en los mismos tiempos que el PV por dos personas experimentadas y usando la escala de 5 puntos propuesta por Russell *et al.* (1969), donde 1 corresponde a una oveja muy flaca y 5 a una oveja muy gorda.

4.5. Mediciones de ubre

Las mediciones de ubre se realizaron individualmente al día 146 de gestación y al parto siguiendo la metodología descrita por Izadifard y Zamiri (1997). Se midió con una cinta métrica flexible la circunferencia (CU, cm) y la profundidad (PU, cm) de la ubre, y esta información se usó para calcular su volumen (VGM) con la fórmula propuesta por Ayadi *et al.* (2011): $VGM = \pi \times (CU/2\pi) \times PU$.

4.6. Calidad y producción de calostro

Las mediciones de producción y composición de calostro se realizaron al parto, justamente después de que se registraron las mediciones de ubre. El ordeño de las ovejas se realizó siguiendo la metodología descrita por Doney (1979), la cual consiste en ordeñar manualmente el medio izquierdo después de 2 min de haber aplicado intramuscularmente 1.0 mL de oxitocina (10 U.I, oxiotodín ®, Bayer). El calostro colectado se pesó y se colocó en vaso de precipitados para medir el volumen. El peso y el volumen fueron multiplicados

por dos considerando el número de tetas. Adicionalmente, muestras de 15 mL de calostro fueron diluidas con agua destilada (1:1 o 1:4 dependiendo de la viscosidad) para determinar los porcentajes de grasa, sólidos no grasos (SNG) y proteína cruda (PRO) usando un analizador de leche (Lactichek™ RapiRead Ultrasonic Milk Analyzer Page & Pedersen International, Ltd.).

4.7. Peso al nacimiento y mortalidad del cordero

Al parto, se identificaron los corderos nacidos y se registró para cada uno de ellos el sexo, el peso al nacimiento y la identificación de la madre. Con esta información calculó el tamaño (número de corderos nacidos por oveja) y peso de camada (suma de los pesos de los corderos de cada oveja) al nacimiento. Además, se registraron los corderos que murieron durante los primeros 10 días postparto para calcular el porcentaje de mortalidad.

4.8. Condiciones ambientales

La información sobre el clima local se obtuvo de la Estación climática UABC, localizada a unos 20 km del sitio experimental. La información con respecto a la temperatura (T, °C), humedad relativa (HR, %) y velocidad del viento (km h^{-1}) se colectó para cada hora durante todo el período. El índice de temperatura-humedad (ITH) se calculó mediante la siguiente fórmula propuesta por Marai *et al.* (2001): $\text{ITH} = T - \{(0.31 - 0.31 \cdot \text{HR}) \times (T - 14.40)\}$

4.9. Análisis estadístico

Inicialmente, todas las variables fueron analizadas para probar normalidad de los residuales usando la prueba de Shapiro-Wilks. Posteriormente, los datos se analizaron bajo un diseño de bloques completamente al azar (DBA), el cual tuvo 12 bloques por

tratamiento y consideró la oveja como la unidad experimental. Para cada variable se realizó un análisis de varianza donde el modelo incluyó los efectos fijos de tratamiento, bloque y tamaño de camada al nacimiento como covariable. Cuando se detectó efecto de tratamiento, las medias fueron comparadas con una prueba de t-student a una $\alpha=0.05$. En el caso de tasa de mortalidad, la información se analizó con una prueba de chi-cuadrada a una $\alpha=0.05$. Todos los análisis fueron realizados con el paquete estadístico SAS (2009).

V. RESULTADOS

5.1. Condiciones ambientales

En el Cuadro 6 se muestran las condiciones climáticas que prevalecieron durante el desarrollo del estudio. La T promedio diaria fue de $32.9 \pm 2.8^{\circ}\text{C}$, con un rango de 26.3 a 39.4°C . La HR promedio diaria fue más variable durante el periodo experimental (12.0 a 57.3%), observándose una media general de $32.5 \pm 2.8\%$. La combinación de la T y la HR favoreció para que se presentara un ITH promedio de 29 ± 2.8 unidades. En las horas de la madrugada se observaron las más bajas T, HR e ITH.

Cuadro 6. Medias (\pm E.E.) de las condiciones ambientales registradas durante el periodo experimental

Variables climáticas	Medias \pm EE*	Rango
Temperatura promedio ($^{\circ}\text{C}$)	32.9 ± 2.8	26.3 – 38.9
Temperatura máxima ($^{\circ}\text{C}$)	33.7 ± 2.8	27.8 – 39.4
Temperatura mínima ($^{\circ}\text{C}$)	32.2 ± 2.9	25.6 – 38.2
Humedad relativa (%)	32.5 ± 11.8	12.0 – 57.3
Índice de temperatura-humedad (unidades)	29.0 ± 2.4	23.8 – 33.5

* EE=Error estándar

5.2. Evaluaciones en torno al parto

En el Cuadro 7 se muestran los resultados del estado corporal, VGM, síntesis de calostro, peso al nacimiento de las crías y porcentaje de mortalidad perinatal de corderos por efecto de la subalimentación ofrecida en el último tercio de gestación de ovejas de pelo estresadas por calor. Tanto el PV (39.3 vs. 47.3 kg) como la CC (2.4 vs. 2.6) al parto fueron menores ($P < 0.05$) en ovejas CRN que en ovejas SRN.

Cuadro 7. Variables productivas al parto y pos-parto en ovejas Katadhin x Pelibuey y sus corderos

Variables	SRN	CRN	Error estándar
Hembras al parto			
PVP ¹ (kg)	47.3 ^a	39.3 ^b	1.08
CC (unidades)	2.6 ^a	2.4 ^b	0.03
Volumen de la glándula mamaria (mL)			
d 146 (gestación)	2137 ^a	927 ^b	121
Parto	2783 ^a	1165 ^b	116
Calidad y cantidad de Calostro			
Volumen (mL)	153 ^a	105 ^b	0.9
Peso (g)	179 ^a	103 ^b	0.1
Grasa (%)	14.6 ^a	14.2 ^a	1.1
SNG ² (%)	30.3 ^a	22.5 ^b	2.0
Proteína (%)	12.0 ^a	8 ^b	0.8
Coderos al nacimiento			
Peso al nacimiento (kg)	3.16 ^a	2.55 ^b	0.14
Tamaño de camada (crías)	1.83 ^a	1.58 ^b	1.31
PCN ³ (kg)	5.63 ^a	3.84 ^b	0.25
Mortalidad de corderos (%)	4.3 ^a	26.7 ^b	NS

^{a,b} Letras diferentes en la misma fila indica la existencia de diferencias significativas ($P < 0.05$)

¹PVP=Peso vivo al parto; ²SNG=Sólidos no grasos; ³PCN=Peso de la camada al nacimiento; NS= No significativo; Nota: Ovejas CRN recibieron paja de trigo ad libitum, SRN recibieron paja de trigo ad libitum + 500 g/d de concentrado (12% PC, 2.4 Mcal kg⁻¹ EM).

El volumen de ubre al día 146 de gestación (927 vs 2137 mL) y al parto (1165 vs. 2783 mL) también fueron menores ($P < 0.05$) en ovejas CRN en relación a ovejas SRN. Además, la restricción nutricional pre-parto redujo ($P < 0.05$) el peso (103 vs. 179 g) y el volumen

(105 vs 153 mL) de calostro al parto. El calostro de ovejas CRN tuvo menores ($P<0.05$) porcentajes de SNG (22.5 vs. 30.3%) y PRO (8 vs 12%), sin diferencias en la cantidad de grasa ($P>0.05$) comparado con el calostro de ovejas SRN, el tamaño (1.6 vs. 1.8 crías) y el peso de camada al nacimiento (3.8 vs. 5.6 kg) fueron mayores ($P<0.05$) en ovejas SRN con respecto al tratamiento CRN. Finalmente, los resultados de este estudio mostraron que la tasa mortalidad en los primeros 10 d post-parto (4.3 vs 26.7 %) aumentó significativamente ($P<0.05$) en ovejas CRN comparado con ovejas SRN.

VI. DISCUSIÓN

6.1. Condiciones ambientales

La T y HR registrada durante el periodo experimental llevó a combinaciones diarias de ITH's superiores a las 22.2 unidades, punto del ITH donde se considera que un ovino comienza a experimentar condiciones de estrés térmico, de acuerdo a lo indicado por Marai *et al.* (2001). El tipo de estrés calórico al que estuvieron sometidas las ovejas fue de tipo severo-extremo (>25.6), con rangos de 23.8 y 33.5 unidades. En trabajos anteriores, Miller *et al.* (2010) y Renaudeau *et al.* (2012) han reportado una disminución en las funciones biológicas e índices productivos de ovejas de lana expuestas a escenarios de hipertermia severa. Similarmente, en ovinos de raza de pelo, Macías-Cruz *et al.* (2013, 2016) y Mellado *et al.* (2016) demostraron que las elevadas temperaturas impactan negativamente la capacidad termorreguladora, parcialmente la capacidad reproductiva y productiva, aunque no de forma tan severa como se ha observado en ovinos de lana. Durante el estado gestacional, Marai *et al.* (2007) reportaron alteraciones en el desarrollo embrionario y fetal, así como en la etapa de lactación y destete, lo cual perjudica la productividad de rebaño.

Particularmente en este estudio, es de interés enfatizar la gran importancia de los déficits nutricionales durante el último tercio de la gestación, ya que influye negativamente en el crecimiento fetal, etapa fisiológica en la cual ocurre aproximadamente del 75-80% del crecimiento fetal (Addah *et al.*, 2012). Schloesser *et al.* (1993) mencionan que un estrés de desnutrición de largo plazo provoca efectos negativos en la producción de calostro y leche, ambos indispensables para el desarrollo del cordero, una situación que conduce a tasas de bajo crecimiento y alta mortalidad en el periodo pre-destete. Además, la

investigación se enfoca a los efectos asociados entre la restricción alimenticia y altas temperaturas ambientales debido a que no se han examinado en profundidad (Bernabucci *et al.*, 2013) sobre la secreción de calostro y mortalidad de corderos.

6.2. Evaluaciones alrededor del parto

Los resultados de este estudio muestran que la restricción nutricional durante el último tercio de gestación en las ovejas Katadhin x Pelibuey, promovió insuficiencias en el desarrollo de la ubre, la secreción de calostro, tanto calidad como cantidad, además de estar asociado a una alta mortalidad perinatal en los corderos cuando el ambiente es de estrés calórico.

6.2.1. Peso vivo y condición corporal

Las ovejas de ambos tratamientos presentaron una caída en su estado corporal al parto, siendo las SRN (+3.6±1.4 kg; -0.1±0.08) en comparación con CRN (-10.7 kg; -0.7±0.08) quienes perdieron menos PV y CC, lo cual sugiere que las ovejas CRN tuvieron que realizar una mayor movilización de reservas corporales durante la gestación para suplir de nutrientes al feto, así como para disponer de energía para llevar a cabo el trabajo de parto. Cabe mencionar que en esta investigación se observó que la masa de cordero al nacimiento se redujo en un 32% por efecto de la restricción nutricional pre-parto, por consecuencia, resulta difícil atribuir que la mayor pérdida de PV y CC en ovejas CRN en relación a las ovejas SRN se deba a la expulsión de los fetos y membranas fetales.

Asimismo otros estudios desarrollados en ovejas de lana, esta respuesta de subalimentación sobre PV y CC durante la etapa de gestación bajo ambientes termoneutrales ha sido un constante su efecto negativo (Ford *et al.*, 2007; Gao *et al.*,

2007). Las ovejas gestantes reducen el consumo de alimento bajo condiciones de altas temperaturas, en un intento de disminuir la carga de calor para prevenir una futura hipertermia (Abdalla *et al.*, 1993).

Es por ello que en el presente estudio, la reducción del PV y la CC por efecto de la restricción nutricional pudo haber tenido varias causas, tales como: 1) el bajo contenido de nutrientes en la paja de trigo, 2) una reducción en el consumo de forraje como resultado de una baja digestibilidad, y 3) una aumentada movilización de reservas de energía corporales de la madre hacia el feto, paralelo a la desviación de la energía para disipar calor.

Similarmente, Sejian *et al.* (2010) en ovejas Malpura no gestantes, reportaron que el estrés térmico combinado con restricción alimenticia afectó significativamente el PV, y al exponer a las ovejas solamente a estrés térmico, no afectó el PV. Por lo tanto, la baja disponibilidad de nutrientes en ovejas pelo gestantes es un factor fundamental para explicar la dicha reducción (PV y CC) con respecto a las condiciones de estrés calórico a las que pudieran estar expuestas las ovejas en las regiones áridas. Posiblemente, esta pérdida en ovejas de pelo gestantes estresadas por calor y subalimentadas, es un mecanismo de termorregulación a través del cual minimiza la producción de calor metabólico y con ello, disminuye el gasto de energía para regular su temperatura, privilegiando la partición de los nutrientes para asegurar el desarrollo fetal.

6.2.2. Mediciones de la ubre

Los resultados de este estudio demostraron que la desnutrición en el último tercio de gestación tiene un impacto negativo sobre el desarrollo de la ubre en el periodo pre-parto

y parto. Se observó 130 y 139% menor volumen de ubre al día 146 de gestación y al parto, respectivamente, por efecto de la pobre alimentación ofrecida a las ovejas bajo condiciones de estrés térmico. Estos resultados coinciden con lo reportado por Russel (1984), quienes reportaron menor desarrollo de la ubre pre-parto en ovejas CRN comparado con ovejas testigos. No obstante, Swanson *et al.* (2008) indicaron que una desnutrición pre-parto no afecta el desarrollo de la ubre al parto, ya que la excesiva movilización de tejido corporal durante los periodos de restricción nutricional en la gestación compensa la deficiencia de nutrientes en la dieta, manteniendo un adecuado desarrollo fetal y de la glándula mamaria.

Posiblemente las diferencias entre nuestros resultados con el previamente citado se deban a divergencias en las condiciones ambientales, grupos genéticos utilizados y nivel de restricción nutricional. La presente investigación se realizó en condiciones de altas temperaturas, mientras que los estudios consultados fueron hechos en un ambiente termo-neutral. En el estudio realizado por Swanson *et al.* (2008), se utilizaron corderas y no ovejas múltiparas como en la presente investigación. A diferencia de ovejas múltiparas adultas, las corderas preñadas tienden a presentar deficiencias nutricionales naturalmente porque, aparte de dividir los nutrientes consumidos para mantenimiento, crecimiento fetal y lactancia, también deben re-direccionar nutrientes para continuar con su desarrollo y crecimiento corporal normal (Rattray *et al.*, 1973). Esto podría explicar, aunado al efecto climático, el hecho que en esta investigación se encontraran efectos negativos de la restricción nutricional pre-parto sobre desarrollo de ubre y síntesis de calostro.

Al respecto, es posible sugerir que en las ovejas SRN durante el último tercio de gestación bajo condiciones de estrés por calor moviliza reservas corporales, además de mantener un

adecuado desarrollo fetal y de ubre, activando mecanismos compensatorios reguladores de la temperatura corporal. Sin embargo, se requieren estudios complementarios que permitan verificar dicha hipótesis. Ya que en regiones áridas, a parte de las elevadas temperaturas de verano, la baja disponibilidad de forraje se convierte en un problema que afecta negativamente el desarrollo pre- y post-natal de las crías, principalmente por los bajos pesos al nacimiento y la poca disponibilidad de nutrientes para sintetizar suficiente calostro y leche de calidad.

6.2.3. Calidad y producción de calostro

La producción de calostro al parto se redujo como consecuencia de la desnutrición ofrecida a las ovejas en el último tercio de gestación. Dwyer *et al.* (2015) mencionan que una reducción en el consumo de proteína en relación a los requerimientos explica parcialmente la caída en la síntesis de calostro en ovejas con consumo de alimento restringido en el 3/3 de gestación. Además, dentro de estos factores se deben considerar otros aspectos como el estado de salud y condición post-parto e incluso la hora y época del parto (Bernabucci *et al.*, 2013). Similarmente, en ovejas de lana (Nørgaard *et al.*, 2008) y en cabras (Silanikove *et al.*, 2014) han señalado estos efectos nutricionales sobre la producción de leche y calostro.

Se estima que el consumo de calostro en las primeras 18 h de vida debe ser entre 180 y 290 mL kg⁻¹ de peso vivo; consumo que permite compensar el déficit de energía y prevenir hipotermia. Sin embargo, no todas las madres pueden cubrir totalmente las necesidades de su cordero, convirtiéndose esto en un factor limitante para la sobrevivencia neonatal del cordero. Además el estrés calórico también es otro factor importante que limita producción y consistencia del calostro, lo cual hace que la ingesta sea insuficiente (Nowak

y Poidron, 2006). Es posible que la producción de calostro observada al parto en ovejas CRN sea insuficiente para garantizar la sobrevivencia de las crías.

Por otra parte, la composición del calostro en ovejas también juega un papel importante en la capacidad de sobrevivencia que tengan los corderos en los primeros días post-parto. Un calostro de oveja generalmente contiene 14.04% de grasa, 21.24% de proteína, 3.26% de lactosa, agua y otros nutrientes (niveles de inmunoglobulinas, enzimas, hormonas, factores de crecimiento y péptidos neuroendocrinos) (Nowak y Poindron, 2006; Bernabucci *et al.*, 2013 y Banchemo *et al.*, 2015). Factores como la desnutrición pre-parto y un ambiente de hipertermia pueden alterar la composición y viscosidad del calostro en ovejas (Banchemo *et al.*, 2006).

Lo anterior fue comprobado con los resultados de este estudio, ya que la restricción nutricional durante el último tercio de gestación redujo la concentración de SNG y PRO sin alterar el contenido de grasa en el calostro de ovejas de pelo estresadas por calor recién paridas. Así, estos hallazgos evidenciaron que tanto estrés calórico y bajo nivel nutricional en la gestación tardía inevitablemente repercutieron en la calidad del calostro al parto. Aunque se destaca que nuestros resultados con otros encontrados en estudios previos bajo condiciones termo-neutrales, ya que no encontraron variaciones en la composición del calostro al parto por efecto de la restricción nutricional durante el pre-parto (Banchemo *et al.*, 2006; Abd-Allah, 2013; Meyer *et al.*, 2014). Esta discrepancia entre resultados obtenidos pone de manifiesto que el estrés térmico es un factor que prioritariamente afecta la composición del calostro, al parecer en mayor medida que la falta de energía o proteína neta para lactancia. Otros factor también podría contribuir parcialmente a explicar estas

variaciones en entre estudios, tales como duración del tiempo de desnutrición, nivel de restricción nutricional, grupo genético e ingredientes en la dieta.

En el presente estudio las ovejas del grupo CRN tuvieron bajos niveles de PRO y SNG donde posiblemente influyeron una serie de factores internos y externos al animal tal como: la salud ruminal, la época del año, la disponibilidad y calidad del pasto e incluso la etapa de lactancia (Scaramuzzi *et al.*, 2006; Santamaría *et al.*, 2009) combinando con el estrés calórico el efecto se agravo. De esta manera, el nivel de subalimentación y el estrés calórico afectó las concentraciones séricas de colesterol y triglicéridos en ovejas hacia el último tercio de gestación (Girón-Gómez *et al.*, 2015; Quezada-Escárcega *et al.*, 2015). Tygesen *et al.* (2008) detectaron que las adaptaciones metabólicas y homeoréticas fueron desarrolladas por las ovejas gestantes restringidas nutricionalmente para asegurar la disponibilidad necesaria de nutrientes para el crecimiento fetal. Lo anterior sugiere que las ovejas restringidas activaron mecanismos compensatorios promoviendo que las concentraciones de COL y TRI no cambiaran con el régimen de alimentación, por lo que desencadeno una baja síntesis de dichos metabolitos lipídicos en calostro afectando la calidad en PRO y SNG. Cabe mencionar que ovejas restringidas hacen uso de los lípidos (COL y TRI) para generar energía, aun cuando el estrés calórico es agudo, causando un incremento en los niveles circulantes de cortisol, epinefrina y norepinefrina (Collier *et al.*, 2005), los cuales estimulan la lipólisis y la movilización de los adipocitos.

6.2.4. Peso al nacimiento y mortalidad del cordero

La restricción de nutrientes durante la gestación tardía afecta de forma negativa a los PCN y TCN en las crías, posiblemente por las alteraciones en las funciones placentarias (Funston *et al.*, 2010). Estudios de Long *et al.* (2009), Sharma *et al.* (2012) y Meza-Herrera

et. al. (2015) confirman que el régimen de alimentación fue el que más afectó el número y diámetro de cotiledones en la gestación tardía y tanto el tamaño como diámetro de cotiledones afectan los pesos al nacimiento de las crías y posiblemente el TCN. En efecto, el crecimiento fetal depende en gran medida de la transferencia de nutrientes, donde la placenta juega un rol importante para el desarrollo del feto (Roland *et al.*, 2014). Lo antes mencionado fue evidenciado en los resultados de este experimento, ya que los pesos de la camada al nacimiento fueron mayores en el grupo SRN en comparación con CRN. Dicha diferencia puede ser un factor determinante sobre la sobrevivencia post-natal, ganancia de peso al destete y desempeño productiva-reproductivo de los corderos en su vida adulta.

Estos parámetros productivos finalmente repercutieron en la tasa de MP durante los primeros días post-parto, en el cual se elevó significativamente en los corderos CRN. La alta MP de corderos nacidos de ovejas CRN es un reflejo de la producción y composición del calostro observado en estas ovejas por efecto de la insuficiencia nutricional en el último tercio de gestación paralelo al estrés por calor al que estuvieron sometidos. Los principales factores de riesgo de mortalidad de los corderos son bajo peso al nacer, sobre todo cuando la madre durante la gestación estuvo bajo una mala nutrición, la dificultad del nacimiento, tamaño de la camada y el grupo genético, las cuales pueden afectar la velocidad con la que el cordero llega a la ubre y consume calostro (Martin y Greeff, 2011; Mellado *et al.*, 2011; Dwyer *et al.* 2015; Delgadillo y Martin, 2015)

Sin embargo, los efectos más importantes que provocan una alta mortalidad son los bajos pesos al nacer y los problemas al consumir calostro (Dwyer *et al.*, 2015). En este trabajo se corrobora lo propuesto por Addah *et al.* (2012) quienes reportaron que una desnutrición entre los 90 y 118 días de la gestación, no da lugar a ningún efecto adverso sobre el peso

al nacer pero sí en las tasas de supervivencia. Asimismo, Swanson *et al.* (2014) mencionan que los corderos nacidos a partir de ovejas restringidas nutricionalmente tienden a ser neonatos débiles, poco vigorosos para amamantarse y poseen una inadecuada habilidad del tracto gastrointestinal para absorber las inmunoglobulinas. Baumrucker *et al.* (2010) sugieren que la transferencia de nutrientes durante la colostrogenesis es variable e indica que la producción de calostro no es dependiente de la cantidad de tejido de la glándula mamaria secretora. Sin embargo, al momento de la transferencia de la inmunidad por medio del calostro es necesario que tenga un pH cercano al neutro; por ello una gran diferencia entre los animales que se encuentran en su zona de confort y los estresados por calor, ya que estos últimos se sitúan en balance energético negativo por lo tanto les cuesta más lograr disipar el calor corporal haciendo uso de sus reservas a través de estrategias metabólicas y hormonales para que puedan lograr el éxito productivo-reproductivo.

VII. CONCLUSIONES

Las ovejas de pelo durante el último tercio de gestación con restricción alimenticia y sometida a estrés por calor, movilizaron sus reservas corporales al momento del parto. Por su parte las ovejas sin restricción nutricional mostraron PV y CC superior, logrando disminuir su carga de calor, aun cuando estaban ingiriendo una dieta con mayor densidad energética bajo condiciones térmicas severas durante el día y la noche. Dicho comportamiento fisiológico les permitió un mejor desarrollo de la ubre antes y después del parto y generó una mejor producción de calostro, sin embargo éste se caracterizó por tener bajos contenidos de PRO y SNG.

La restricción nutricional durante el pre-parto en ovejas estresadas por calor acentúa el porcentaje de corderos muertos durante los primeros 10-d de vida, lo cual está relacionado con el bajo peso de la camada al nacimiento debido a una reducción en la cantidad de nutrientes transferida de la madre a los fetos durante el último tercio de gestación, mientras que después del nacimiento redujo la calidad y cantidad de calostro. Resultados de este trabajo en ovinos de pelo, destacan la importancia de los mecanismos adaptativos mostrados por dicho grupo genético para desarrollar respuestas compensatorias que les permiten re-direccionar y priorizar la partición de los nutrientes, y en forma paralela, desarrollar estrategias fisiológicas y de comportamiento para reducir el estrés por calor.

Los resultados obtenidos muestran una interesante plasticidad fisiológica en las ovejas y corderos Katahdin x Pelibuey que optimiza la sobrevivencia posnatal. Es necesario diseñar estudios futuros respecto al avance genético en ganancias de peso al destete y desempeño puberal de las crías para lograr una reproducción exitosa aun cuando están bajo ambientes

hostiles. En efecto, hoy en día es de interés analizar el comportamiento de los ovinos bajo estrés calórico y nutricional para obtener un mejor nivel económico en la finca y desde el punto de vista de la productivo, estos resultados son de alcance práctico en la producción marginal al mantener reducidas tasas de mortalidad ovina bajo contextos áridos y semiáridos.

VIII. LITERATURA CITADA

- Abdalla, E.B., Kotby, E.A., Johnson, H.D., 1993. Physiological responses to heat-induced hyperthermia of pregnant and lactating ewes. *Small Rumin. Res.* 11, 125-134.
- Abd-Allah, M., 2013. Effects of parity and nutrition plane during late pregnancy on metabolic responses, colostrum production and lamb output of Rahmani ewes. *J. Anim. Prod.* 50, 132 -142.
- Addah, W., Karikari, P.K., Baah, J., 2012. Under nutrition in the ewe: Foeto-placental adaptation, and modulation of lamb birth weight: a review. *Liv. Res. Rur. Develop.* 24, 161.
- Anuario Agrario., 2013. Ganadería análisis agro ganadero ovino, situación actual del sector ovino. Coordinadora de Organizaciones de Agricultores y Ganaderos (COAG). España. 114-120.
- Arroyo, J., 2011. Estacionalidad reproductiva de la oveja en México. *Trop. and Subtrop. Agroecosystem.* 14, 829-845.
- Ayadi, M., Such, X., Ezzehizi, N., Zouari, M., Najar, T., Ben M' Rad, M., Casals, R., 2011. Relationship between mammary morphology traits and milk yield of Sicilo-Sarde dairy sheep in Tunisia. *Small Rumin. Res.* 96, 41–45.
- Banchemo, G.E., Perez-Clariget, R., Bencini, R., Lindsay, D.R., Milton, J.T.B., Martin, G.B., 2006. Endocrine and metabolic factors involved in the effect of nutrition on the production of colostrum in female sheep. *Reprod. Nutr. Dev.* 46, 447–460.
- Banchemo, G.E., Milton, J.T.B., Lindsay, D.R., Martin, G.B., Quintans, G., 2015. Colostrum production in ewes: a review of regulation mechanisms and of energy supply. *Animal.* 9, 831-7.
- Baumrucker, C.R., Burkett, A.M., Magliaro-Macrina, A.L., Dechow, C.D., 2010. Colostrogenesis: Mass transfer of immunoglobulin G1 into colostrum. *J. Dairy Sci.* 93, 3031-3038.

- Beede, D.K., Collier, R.J. 1986. Potential nutritional strategies for intensively managed cattle during thermal stress. *J. Anim. Sci.* 62, 543–554.
- Bell, A.W., McBride, W., Slepetic, R., Early, R.J., Currie, W.B., 1989. Chronic heat stress and prenatal development in sheep: Conceptus growth and maternal plasma hormones and metabolites. *J. Anim. Sci.*, 67: 3289-3299.
- Bernabucci, U., Basiricò, L., Morera, P., 2013. Impact of hot environment on colostrum and milk composition. *Cell Mol. Biol.* 59, 67-83.
- Blázquez, M. J., 2004. Composición y propiedades de la leche materna. Curso de Medicina Naturista. Zaragoza, España.
- Brown, M.D., 1978. Relationships between immunoglobulins and the intestinal epithelium. *Gastroenterology.* 75,129-138.
- Cannas, A., Tedeschi, L.O., Fox, D.G., Pell, A.N., Van Soest, P.J., 2004. A mechanistic model for predicting the nutrient requirements and feed biological values for sheep. *J. Anim. Sci.* 82,149-169.
- Ceriani, R.L., 1974. Proceedings: Hormones and other factors controlling growth in the mammary gland: a review. *J. Invest. Dermatol.* 63, 93-108.
- Chadio, S., Katsafadou, A., Kotsampasi, B., Michailidis, G., Mountzouris, K.C., Kalogiannis, D., Christodoulou, V., 2014. Effects of maternal undernutrition during late gestation and/or lactation on colostrum synthesis and immunological parameters in the offspring. *Reprod Fertil Dev.* 28, 384-393.
- Christopherson, R.J., Kennedy, P.M., 1983. Effect of the thermal environment on digestion in ruminants. *J. Anim. Sci.* 63, 477–496.
- Collier, R.J., Baumgard L.H., Lock, A.L., Bauman D.E., 2005. Physiological limitations, nutrient partitioning. In *Yield of farmed species*. Nottingham, UK. 351–377.

- Collier, R.J., Beede, D.K. 1985. Thermal stress as a factor associated with nutrient requirements and interrelationships. In *Nutrition of Grazing Ruminants in Warm Climates* Orlando, FL, USA. 59–71.
- Conway, M.L.T., Blackshaw, J.K., Daniel, R.C.W. 1996. The effects of agonistic behaviour and nutritional stress on both the success of pregnancy and various plasma constituents in Angora goats. *Applied Animal Behaviour Science*. 48,1-13.
- COTECOCA. 2016. Comisión Técnico Consultiva para la determinación regional de los coeficientes de agostadero.
- Cox, D.B., Owens, R.A., Hartman, P.E., 1996. Blood and milk prolactin and the rate of milk synthesis in women. *Exp. Physiol.* 81, 1007-1020.
- Cregan, M.D., Hartman, P.E., 1999. Computerized breast measurement from conception to weaning: clinical implications. *J. Hum. Lact.* 15, 89-96.
- Daly, S.E., Owens, R.A., Hartmann, P.E., 1993. The short-term synthesis and infant-regulated removal of milk in lactating women. *Exp. Physiol.* 78, 209-220.
- Delgadillo, J.A., Martin, G.B., 2015. Alternative methods for control of reproduction in small ruminants: A focus on the needs of grazing industries. *Animal Frontiers*. 5, 58.65.
- Doney, J.M., 1979. Nutrition and the reproductive function in female sheep. In the *Management and Diseases of Sheep*. Slough Commonwealth Agricultural Bureaux. 152-160.
- Dwyer, C.M., Conington, J., Corbiere, F., Holmøy, I.H., Muri, K., Nowak, R., Rooke, J., Vipond, J., Gautier, J.M., 2015. Invited review: Improving neonatal survival in small ruminants: science into practice. *Animal*. 10, 449-59.
- Dwyer, J., Nahin, R.L., Rogers, G.T., Barnes, P.M., Jacques, P.M., Sempos, C.T., Bailey, R., 2013. Prevalence and predictors of children's dietary supplement use: the 2007 National Health Interview Survey. *Am. J. Clin. Nutr.* 97, 1331-1337.

- Esqueda-Coronado, H.M., Gutiérrez-Ronquillo, E., 2009. Producción de ovinos de pelo bajo condiciones de pastoreo extensivo en el Norte de México. INIFAP. Centro de Investigación Regional Norte Centro (CIRNOC). Sitio experimental La Campana-Madera, Chihuahua, Chih. México. Libro 3. ISBN 978-607-425-217-0.
- FAOSTAT, 2015. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) División Estadística. Producción, Consumo, Comercio. <http://faostat.fao.org>.
- Finocchiaro, R., Van Kaam, J.B.CH., Portolano, B., Misztal, I., 2005. Effect of heat stress on production of mediterranean dairy sheep. *J. Dairy Sci.* 88, 1855-1864.
- Ford, S.P., Hess, B.W., Schwoppe, M.M., Nijland, M.J., Gilbert, J.S., Vonnahme, K.A., Means, W.J., Han, H., Nathanielsz, P.W., 2007. Maternal undernutrition during early to mid- gestation in the ewe results in altered growth, adiposity, and glucose tolerance in male offspring. *J. Anim. Sci.* 85, 1285-1294.
- Fuchs, A., 1986. Physiology and endocrinology of lactation, in *Obstetrics. Normal and problem pregnancies*. New York, Churchill Livingstone. 549.
- Funston, R.N., Larson, D.M., Vonnahme, K.A., 2010. Effects of maternal nutrition on conceptus growth and offspring performance: Implications for beef cattle production. *J. Anim. Sci.* 88, E205-E215.
- Fuquay, J.W., 1981. Heat stress as is affects animal production. *J. Anim. Sci.* 52, 64-174.
- Gao, F., Hou, X.Z., Liu, Y.C., 2007. Effects of hormonal status and metabolic changes of restricted ewes during late pregnancy on their growth and development. *Sci. China C. Life. Sci.* 50, 766-772.
- García, E., 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Editorial Universidad Nacional Autónoma de México. Quinta edición. México. 20-25.

- García-Castillo, G., 2000. Estimación de los parámetros genéricos en ovinos Saint-croix en Marín, N.L. Facultad de Agronomía. Tesis de posgrado. Universidad de Nuevo León. Nuevo León.
- Girón-Gómez, B.S., Meza-Herrera, C.A., Macías-Cruz, U., Véliz-Deras, F.G., Álvarez-Ruiz, A.R., Navarrete-Molina, C., Paleta-Ochoa, A., Contreras-Villarreal, V., Tejada-Ugarte, L.M., 2015. Estrés térmico, nutrición divergente y tercer tercio de gestación en ovejas: niveles séricos de colesterol y los pesos de la camada al nacimiento. III Congreso Internacional De Ciencia Tecnología, Innovación y Emprendimiento. Universidad Estatal de Bolívar, Ecuador. ISBN: 978-9978-364-14-7.
- Gootwine, E., Spencer, T.E., Bazer, F.W., 2007. Litter-size dependent intrauterine growth restriction in sheep. *Animal*. 1, 547-564.
- Grosskopf, R.K., Grosskopf, H.M., Boito, J.P., Bottari, N.B., Machado, G., Biazus, A.H., Schetinger, M.R.C., Morsco, V.M., Tonin, A.A., Paiano, D., Balzan, A., Da Silva, A.S., 2016. Natural or replacer sources of milk in lambs during feeding adaptation: influences on performance, metabolism of protein and lipid and oxidative/antioxidant status. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 101, 243-250.
- Gursel, F.E., Durak, M.H., Itiner, A., 2010. Serum ceruloplasmin levels in ewes fed deficient-energy during late pregnancy. *Journal Animal Veterinary Advances*, 9: 820-825.
- Hafez, E.S., Hafez, B., 2004. Mammalian fertilization, IVF, ICSI: physiological/molecular parameters, clinical application. *Arch. Androl.* 50, 69-88.
- Hayden, T.J., Bonney, R.C., Forsyth, J.A., 1979. Ontogeny and control of prolactin receptors in the mammary gland and liver on virgin, pregnant and lactating rats. *J. Endocrinol.* 80, 259-269.
- Izadifard, J., Zamiri, M.J., 1997. Lactation performance of two Iranian fat-tailed sheep breeds. *Small Rumin. Res.* 24: 69-76.

- Kadzere, C.T., Murphy, M.R., Silznikove, N., Maltz, E., 2002. Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Live. Produc. Sci.* 77, 59–91.
- Kendrick, K.M., Keverne, E.B., Baldwin, B.A., 1987. Intracerebroventricular oxytocin stimulates maternal behaviour in the sheep. *Neuroendocrinology* 46, 1:56-61
- Kenyon, P.R. 2008. A review of in-utero environmental effects on sheep production. *N. Z. Vet. J.* 68, 142-155.
- King, G., 2002. Pregnancy | Characteristics. *J. Dairy Sci.* 2283-2290.
- Kleemann, D.O., 1983. Review: effects of nutrition in ewes during mating, pregnancy, lactation and post-lactation, with particular reference to ewes with multiple births. Department of Agriculture. South Australia. Pp, 54.
- Kleemann, D.O., Kelly, J.M., Rudiger, S.R., McMillen, I.C., Morrison, J.L., Zhang, S., MacLaughlin, S.M., Smith, D.H., Grimson, R.J., Jaensch, K.S., Brien, F.D., Plush, K.J., Hiendleder, S., Walkera, S.K., 2015. Effect of periconceptional nutrition on the growth, behaviour and survival of the neonatal lamb. *Anim. Reprod. Sci.* 160, 12-22.
- Kuhn, N.H., 1997. Lactogenesis: the search for trigger mechanisms in different species. *Comparative Aspects of Lactation.* London, Academic Press. 165.
- Lembeye, F., López-Villalobos, N., Burke, J.L. Davis, S.R., 2016: Breed and heterosis effects for milk yield traits at different production levels, lactation number and milking frequencies. *N. Z. Vet. J.* DOI: 10.1080/00288233.2016.1156551.
- Long, N.M., Vonnahme, K.A., Hess, B.W., Nathanielsz, P.W., Ford, S.P., 2009. Effects of early gestational undernutrition on fetal growth, organ development and placentomal composition in the bovine. *J. Anim. Sci.* 87, 1950-1959.
- Macías-Cruz, U., Álvarez-Valenzuela, F.D., Correa-Calderón, A., Díaz-Molina, R., Mellado, M., Meza-Herrera, Avendaño-Reyes, L., 2013. Thermoregulation of nutrient-restricted hair ewes subjected to heat stress during late pregnancy. *J. Therm. Biol.* 38, 1-9.

- Macías-Cruz, U., Álvarez-Valenzuela, F.D., Rodríguez-García, J., Correa-Calderón, A., Torrentera-Olivera, N.G., Molina-Ramirez, L., Avendaño-Reyes, L., 2010. Crecimiento y características de canal en corderos Pelibuey puros y cruzados F1 con razas Dorper y Katahdin en confinamiento. *Arch. Med. Vet.* 42, 147-154.
- Macías-Cruz, U., López-Baca, M.A., Vicente, R., Mejía, A., Álvarez, F.D., Correa-Calderón, A., Meza-Herrera, C.A., Mellado, M., Guerra-Liera, J.E., Avendaño-Reyes, L., 2016. Effects of seasonal ambient heat stress (spring vs. summer) on physiological and metabolic variables in hair sheep located in an arid region. *Int. J. Biometeorol.* 60, 1279-1286.
- Marai, I.F., Ayyat, M.S., y El-Monem U.M.A., 2001. Growth performance and reproductive traits at first parity of New Zealand White female rabbits as affected by heat stress and its alleviation, under Egyptian conditions. *Trop. Anim. Health Prod.* 33, 451-462.
- Marai, I.F., El-Darawany, A.A., Fadiel, A., Abdel-Hafez, M.A.M., 2007. Physiological traits as affected by heat stress in sheep – a review. *Small Rumin. Res.* 71, 1–12.
- Martin, G.B., Greef, J.C., 2011. Genetic frontiers in the development of ‘clean, green and ethical’ management systems for the extensive sheep industry. *Proc. Assoc. Advmnt. Anim. Breed. Genet.* 19, 143-150.
- Mellado, M., López, R., De Santiago, A., Veliz, F.G., Macías-Cruz, U., Avendaño-Reyes, L., García, J.E., 2016. Climatic conditions, twinning and frequency of milking as factors affecting the risk of fetal losses in high-yielding Holstein cows in a hot environment. *Trop. Anim. Health Prod.* 48, 1247-1252.
- Mellado, M., Meza-Herrera, C.A., Arévalo, J.R., De Santiago-Miramontes, M.A., Rodríguez, A., Luna-Orozco, J.R. y Veliz-Deras, F.G., 2011. Relationship between litter birth weight and litter size in five goat genotypes. *Anim. Prod. Sci.* 51, 144–149.

- Messias de Bragança, M., Mounier, A.M., Prunier, A., 1998. Does feed restriction mimic the effects of increased ambient temperature in lactating sows?. *J. Anim. Sci.* 76, 2017–2024.
- Meyer, A.M., Reed, J.J., Neville, T.L., Thorson, J.F., Maddock-Carlin, K.R., Taylor, J.B., Reynolds, L.P., Redmer, D.A., Luther, J.S., Hammer, C.J., Vonnahme, K.A., Caton, J., 2014. Nutritional plane and selenium supply during gestation affect yield and nutrient composition of colostrum and milk in primiparous ewes. *J. Anim. Sci.* 89, 1627–1639.
- Meza-Herrera, C.A., Tena-Sempere, M., 2012. Interface between nutrition and reproduction: the very basis of production. In: Astiz, S., González-Bulnes, A. (Eds.), *Anim. Reprod. Liv. Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)*, under the Auspices of the UNESCO. EolssPublishers, Oxford, UK, <http://www.eolss.net>.
- Meza-Herrera, C.A., Vicente-Pérez, A., Osorio-Marín, Y., Girón-Gómez, B.S., Beltran-Calderon, E., Avendaño-Reyes, L., Correa-Calderon, A., Macías-Cruz, U., 2015. Heat stress, divergent nutrition level, and late pregnancy in hair sheep: effects upon cotyledon development and litter weight at birth. *Trop. Anim. Health Prod.* 47, 819-824.
- Miller, D.R., Blache, D., Jackson, R.B., Downie, E.F., Roche, J.R., 2010. Metabolic maturity at birth and neonate lamb survival: association among maternal factors, litter size, lamb birth weight, and plasma metabolic and endocrine factors on survival and behavior. *J. Anim. Sci.* 88, 581–593.
- Morand-Fehr, P., Doreau, M. 2001. Ingestion et digestion chez les ruminants soumis à un stress à la chaleur. *INRA. Production Animales* 14, 15–27.
- Neifert, M.R., McDonough, S.L., Neville, M.C., 1981. Failure of lactogenesis associated with placental retention. *Am. J. Obstet. Gynecol.* 140, 477-478.
- Neville, M.C., 1999. Physiology of lactation. *Clin. Perinatol.* 26, 251-279

- Neville, M.C., 2001. Anatomy and physiology of lactation. *Pediatr. Clin. North Am.* 48, 13-34.
- Neville, M.C., Morton, J., 2001. Physiology and endocrine changes underlying human lactogenesis II. *J. Nutr.* 131, 3005S-8S.
- NOM-051-ZOO-1995., 1995. Trato Humanitario en la Movilización de Animales. Dirección General Jurídica de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. México D.F.
- NOM-062-1999., 1999. Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México D.F.
- Nørgaard, J.V., Nielsen, M.O., Theil, P.K., Sørensen, M.T., Safayi, S., Sejrsen, K., 2008. Development of mammary glands of fat sheep submitted to restricted feeding during late pregnancy. *Small Rumin. Res.* 76: 155–165.
- Notter, D. 2005. Potential of hair sheep in the U.S. En: North American Hair Sheep Symposium. Texas Coop. Ext. San Angelo, Texas.
- Notter, D.R., 2000. Potential for hair sheep in the United States. American Society of Animal Science. Department of Animal and Poultry Science, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg 24061-0306.
- Novak, R., Murphy, T.M., Lindsay, D.R., Alster, P., Andersson, R., Uvnäs-Moberg, K., 1997. Development of a preferential relationship with the mother by the newborn lamb: importance of the sucking activity. *Physiol. Behav.* 62, 681-688.
- Nowak, R., Poidron, P., 2006. From birth to colostrum: early steps leading to lamb survival. *Reprod. Nutr. Dev.* 46, 431–446.
- NRC, 2007. Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids. National Academy of Science, Washington, DC., USA.

- O'Brien, J.P., Sherman, D.M., 1993. Serum immunoglobulin concentrations of newborn goat kids and subsequent kid survival through weaning. *Small Rumin. Res.* 11, 71-77.
- Organización de Investigación Agropecuaria, 1979. *Ciencia y la colina de Agricultura HFRO 1954-1979*. HFRO, Edimburgo.
- Orskov, E.R., 1892. *Sheep and Goat Production, Very intensive systems*. I.E. Coop Amsterdam. 401–416.
- Paten, A. M., Duncan, E. J., Pain, S. J., Peterson, S. W., Kenyon, P. R., Blair, H. T. y Dearden, P. K. 2015. Functional development of the adult ovine mammary gland—insights from gene expression profiling. *BMC Genomics*. 16,748.
- Pechoux, C., Clezardin, P., Dante, R., Serre, C.M., Clerget, M., Bertin, N., Lawler, J., Delmas, P.D., Vauzelle, J.L., Frappart., 1994. Localization of thrombospondin, CD36 and CD51 during prenatal development of the human mammary gland. *Differentiation*. 57, 133-141.
- Pedersen, C.A., Ascher, J.A., Monroe, Y.L., Prange, A.J. Jr., 1982. Oxytocin induces maternal behaviour in virgin female rats. *Science*. 216, 648-650.
- Quezada-Escárcega, D., Meza-Herrera, C.A., Macías-Cruz, U., Girón-Gómez, B.S., Véliz-Deras, F.G., Álvarez-Ruiz, A.R., Navarrete-Molina, C., Paleta-Ochoa, A., Romero-Rodríguez, C.A, Contreras- Villarreal, V., Tejada-Ugarte, L.M., 2015. Estrés térmico, nutrición divergente y tercer tercio de gestación en ovejas: niveles séricos de triglicéridos y los pesos de la camada al nacimiento. III Congreso Internacional De Ciencia Tecnología, Innovación y Emprendimiento. Universidad Estatal de Bolívar, Ecuador. ISBN: 978-9978-364-14-7.
- Ramos-Antón, J.J., Ferrer-Mayayo, L. M., Lacasta-Lozano, D., Figueras-Ara, L., Callejas-Casedas, M., 2006. La importancia del calostro para los corderos y cabritos recién nacidos. Departamento de Patología Animal. Facultad de Veterinaria. Zaragoza. Gabinete Técnico Veterinario S.L. Informaciones técnicas.

Dirección General de Desarrollo Rural. Centro de Transferencia Agroalimentaria. 69, 3-5.

Rattray, P.V., Morrison, M.C.L., Oliver, T.W. 1973. The effect of lambing date on lamb growth rate, ewe live weight and some observations on ewe milk production. Ruakura Agricultural Research Centre, Hamilton.

Renaudeau, D., Collin, A., Yahav, S., De Basilio, V., Gourdine, J.L., Collier, J., 2012. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. *Animal*. 6, 707–728.

Renaudeau, D., Noblet, J., Dourmad, J.Y., 2003. Effect of ambient temperature on mammary gland metabolism in lactating sows. *J. Anim. Sci.* 81, 217–231.

Rettray, P.V., Garrett, W.N., Hinman, N., García, I.; Castillo, J. 1973. A system for expressing the net energy requirements and net energy content of feeds for young sheep. *J. Anim. Sci.* 36:115.

Rigg, L.A., Lein, A., Yenn, S.S., 1977. Pattern of increase in circulatory prolactin levels during human gestation. *Am J Obst Gynecol.* 129, 454-456.

Robinson, J.J., Sinclair, K.D., McEvoy, T.G., 1999. Nutritional effects on foetal growth. *J. Anim. Sci.* 68, 315-331.

Robinson, J.S., Kingston, E.J., Jones, C.T., Thorburn, G.D. 1979. Studies on experimental growth retardation in sheep. The effect of removal of endometrial caruncles on fetal size and metabolism. *J Dev Physiol.* 1, 379-398.

Roland, M.C.P., Friis, C.M., Godang, K., Bollerslev, J., Haugen, G., Henriksen, Y., 2014. Maternal factors associated with fetal growth and birthweight are independent determinants of placental weight and exhibit differential effects by fetal sex. *PLoS One*, 9, e87303.

Russel A.J.F., 1984. Means of assessing the adequacy of nutrition of pregnant ewes. *Liv.. Prod. Sci.* 11, 429–436.

- Russell, A.J.F., Doney, J.M., Gunn, R.J., 1969. Subjective assessment of body fat in live sheep. *J. Agric. Sci. Camb.* 72, 451-454.
- Salmon, H., 2003. Immunophysiology of the mammary gland and transmission of immunity to the young. *Reprod. Nutr. Dev.* 43, 471-475.
- Santamaría, V.N., Amaia, Z.L., Saioa, G.Z., Portillo, B.M.P., 2009. Revisión: Metabolismo del colesterol: bases actualizadas. *Revista Española de Obesidad.* 6, 360-384.
- SAS INSTITUTE, 2009. SAS/STAT: User's guide statistics released 9.1 (2nd Ed.) SAS Institute. Inc. Cary, NC, USA.
- Scaramuzzi, R.J.; Campbell, N.R., Downing, J.A., Kendall, N.R., Khalid, M., Muñoz-Gutierrez, M., Somchit, A., 2006. A review of the effects of supplementary nutrition in the ewe on the concentrations of reproductive and metabolic hormones and the mechanisms that regulate folliculogenesis and ovulation rate. *Reprod. Nutr. Dev.* 46, 339-354.
- Schloesser, B.J., Thomas, V.M., Petersen, M.K., Kott, R.W., Hatfield, P.G., 1993. Effects of supplemental protein source on passage of nitrogen to the small intestine, nutritional status of pregnant ewes and wool follicle development of progeny. *J. Anim. Sci.* 71, 1019-1025.
- Sejian, V., Maurya, V.P., Naqvi, S.M.K., 2010. Adaptive capability as indicated by endocrine and biochemical responses of Malpura ewes subjected to combined stresses (thermal and nutritional) in a semi-arid tropical environment. *Int. J. Biometeorol.* 54, 653-661.
- Sharma, R.K., Blair, H.T., Jenkinson, C.M.C., Kenyon, P.R., Cockre, J.F., Parkinson, T.J., 2012. Uterine environment as a regulator of birth weight. *J. Anim. Sci.* 90, 1338-1348.

- SIAP. 2015. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera con información de la Delegación de Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (SAGARPA).
- Silanikove, N., Merin, U., Shapiro, F., Leitner, G., 2014. Milk metabolites as indicators of mammary gland functions and milk quality. *J. Dairy Res.* 81, 358–363.
- Solonof, M.S., Schroeder, B.T., Chakraborty, J., Pearlmutter, A.F., 1997. Characterization of oxytocin receptors in the uterus and mammary gland. *Fed. Proc.* 36, 6:1861-1866.
- Solymsi, N., Torma, C., Kern, A., Maróti-Agóts, Á., Barcza, Z., Könyves, L., Berke, O., Reiczigel, J., 2010. Changing climate in Hungary and trends in the annual number of heat stress days. *Int. J. Biometeorol.* 54, 423–431.
- Swanson, T.J., Hammer, C.J., Luther, J.S., Carlson, D.B., Taylor, J.B., Redmer, D.A., Neville, T.L., Reed, J.J., Reynolds, L.P., Caton, J.S., Vonnahme K.A., 2008. Effects of gestational plane of nutrition and selenium supplementation on mammary development and colostrum quality in pregnant ewe lambs. *J. Anim. Sci.* 86, 2415–2423.
- Swanson, T.J., Hammer, C.J., Luther, J.S., Carlson, D.B., Taylor, J.B., Redmer, D.A., Neville, T.L., Reed, J.J., Reynolds, L.P., Caton, J.S., Vonnahme K.A., 2014. Effects of gestational plane of nutrition and selenium supplementation on mammary development and colostrum quality in pregnant ewe lambs. *J. Anim. Sci.* 86, 2415–2423.
- Tarazona-Loaiza, G., Vargas-Cifuentes, H. F., s/f. Lacto-inducción hormonal en novillas y vacas infértiles en el piedemonte llanero. ZOE Tecno-Campo. Obtenido de: <http://www.zoetecnocampo.com>.
- Tobias, L., Lavalle, C., Hiederer, R., Dosio, A., Bouwer, L.M., 2013. A multi hazard regional level impact assessment for Europe combining indicators of climatic and non-climatic change. *Global Environment Change–Human Policy Dimensions.* 23, 522–536.

- Topper, Y.J., Freeman, C.S., 1980. Multiple hormone interactions in the developmental biology of the mammary gland. *Physiol. Rev.* 60, 1049-1106
- Tygesen, M.P., Nielsen, M.O., NØrgaard, P., Raving, H., Harrison, A.P., Tauson, A.H., 2008. Late gestational nutrient restriction: Effects on ewes' metabolic and homeorhetic adaptation, consequences for lamb birth weight and lactation performance. *Arch. Anim. Nutr.* 62, 44-59.
- Valdés, V., Pérez, A., Labbok, M., 1994. Fisiología de la glándula mamaria en: Lactancia para la Madre y el Niño. Santiago, Mediterráneo. p 21.
- Van Emon, M. L., Schauer, C. S., Lekatz, L. A., Eckerman, S. R., Maddock-Carlin, K., and Vonnahme, K. A., 2014. Supplementing metabolizable protein to ewes during late gestation: I. Effects on ewe performance and offspring performance from birth to weaning. *J. Anim. Sci.* 92, 339-348.
- Vicente-Pérez, R., Avendaño-Reyes, L., Álvarez, F.D., Correa-Calderon, A., Meza-Herrera, C.A., Mellado, M., Quintero, J.A., Macías-Cruz, U., 2015. Productive performance, nutrient intake and productivity at lambing of hair breed ewes supplemented with energy in the pre-partum during summer and winter. *Arch Med Vet* 47, 1-10.
- West, J.W., 2003. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 86, 2131–2144.
- Wiersma, F., Armstrong, D.V., 1989. Microclimate modification to improve milk production in hot arid climates. In *Proceedings of the 11th International Congress on Agricultural Engineering*. Agricultural Engineering 1433–1440
- Wilde, C.J., Addey, C.V., Boddy, L.M. Peaker. M., 1995. Autocrine regulation of milk secretion by a protein in milk. *Biochem. J.* 305, 51-58.
- Wu, G., Bazer, F.W., Wallance, J.M., Spencer, T.E., 2006. Board invited review: Intrauterine growth retardation: Implications for the animal science. *J. Anim. Sci.* 84, 2316-2337.