



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA
PRODUCCIÓN Y DE LA SALUD ANIMAL

TESIS

**“EFECTO DE LA COMPLEMENTACIÓN PRE Y POSPARTO CON
PIROFOSFATO DE TIAMINA SOBRE EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO
DE OVEJAS PELIBUEY”**

Que para optar el grado de:

MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN Y SALUD ANIMAL

PRESENTA:

PAMELA GRIZEL PÉREZ BLANCARTE

Tutor principal:

EPIGMENIO CASTILLO GALLEGOS FMVZ-UNAM

Comité tutor:

IVETTE RUBIO GUTIÉRREZ FMVZ-UNAM

OCTAVIO CASTELÁN ORTEGA FMVZ-UAEM

Ciudad Universitaria Cd. Mx.

Junio 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Contenido

I. “Efecto de la complementación pre y posparto con pirofosfato de tiamina sobre el comportamiento productivo de ovejas pelibuey”	¡Error! Marcador no definido.
II. Resumen	v
1. Introducción	1
2. Revisión de literatura	3
2.1. Componentes productivos de la oveja pelibuey.....	3
2.1.1. Peso vivo y CC	3
2.1.2. Calidad de calostro.....	3
2.1.3. Peso vivo de los corderos.....	4
2.1.4. Mortalidad en los corderos.....	5
2.1.5. Prolificidad	5
2.1.6. Retorno de la actividad ovárica posparto	5
2.1.6. Fertilidad	6
2.2. Efecto de la nutrición sobre la reproducción de la oveja pelibuey.....	6
2.3. Importancia de la suplementación en el último tercio de la gestación.....	10
2.3.1. La placenta.....	10
2.3.2. Efectos de la nutrición en el crecimiento fetal.	11
2.3.3. Factor de crecimiento insulínico tipo I (IGF-I).....	11
2.3.4. Insulina.....	11
2.3.5. Hormonas tiroideas.....	12
2.3.6. GH o somatotropina.....	12
2.4. Efecto de la suplementación durante la lactogénesis.	13
2.5. Importancia de la ingesta de calostro del cordero neonato.....	15
2.6. Reinicio de la actividad ovárica posparto.	18
2.7. Importancia del pirofosfato de tiamina en el metabolismo de la oveja.....	21

3. Materiales y métodos	26
3.1. Localización del experimento	26
3.2. Clima y suelo	26
3.3. Animales experimentales.....	26
3.4. Alimentos utilizados.....	27
3.5. Tratamientos.....	28
3.6. Periodo experimental	29
3.7. Mediciones realizadas.....	29
3.8. Mortalidad de los corderos.....	32
3.9. Diseño experimental y análisis estadístico	32
4. Resultados	34
4.1 Ovejas.....	34
4.1.1 Peso vivo	34
4.1.2. Condición corporal.....	34
4.1.3. Volumen y calidad de calostro	35
4.1.4. Metabolitos en suero sanguíneo	36
4.1.5. Actividad ovárica posparto	36
4.2 Corderos.....	38
4.2.1 Peso vivo	38
4.2.2 Mortalidad de los corderos.....	38
4.3 Componentes de la dieta	38
4.4 Heces.....	40
4.5 Consumo de los componentes de la dieta.....	41
4.5.1 Consumo por peso vivo de las ovejas	41
4.5.2 consumos por peso metabólico de las ovejas	42
4.5.3. Consumo PC	43
5. Discusión	44
6. Conclusiones	49
7. Referencias	50

Índice de cuadros

Figura	Título	Página
1.	Prueba de efectos fijos tipo 3 para condición corporal de las ovejas	35
2.	Media y error estándar de la composición del calostro por tratamientos y por hora de medición pos parto.	36
3.	Efecto del suministro de pirofosfato de tiamina 15 días pre y 70 días posparto sobre la concentración de β -hidroxibutirato sérico	36
4.	Efecto del suministro de pirofosfato de tiamina 15 días pre y 70 días posparto, sobre la concentración de urea sérica	36
5.	Parámetros de la ecuación de regresión entre el peso vivo y la edad del cordero	38
6.	Medias y errores estándar de los contenidos de fibra en detergente neutro (FDN, %), fibra en detergente ácido (FDA, %), lignina (LIG, %) y proteína cruda (PC, %) de los alimentos de la dieta.	39
7.	Medias y errores estándar de los contenidos de fibra en detergente neutro (FDN, %), fibra en detergente ácido (FDA, %), lignina (LIG, %) y proteína cruda (PC, %) de los componentes químicos de heces para cada tratamiento.	41
8.	Análisis de varianza para el consumo de MS expresado en g/kg PV.	41
9.	Análisis de varianza para consumos de MS expresado en g MS/kg $PV^{0.75}$	42
10.	Significancia de los efectos del modelo en el análisis de varianza para consumo de PC, expresado con base en el peso vivo (g PC/kg) o con base en peso metabólico (g PC/kg ^{0.75}).	44

Índice de figuras

Figura	Título	Página
1.	El fotoperiodo sincroniza el momento del inicio y término de la actividad reproductiva a través de una señal hormonal, la melatonina.	20
2.	Pirofosfato de tiamina en la reacción piruvato deshidrogenasa.	24
3.	Esquema general de la descarboxilación del complejo piruvato deshidrogenasa.	25
4.	Ovejas en sus comederos individuales consumiendo sus suplementos.	29
5.	Método de muestreo de “hand plucking”.	30
6.	Animal en el potrero con bolsas colectoras de heces colocadas.	31
7.	Regresión de peso vivo de la oveja durante el periodo experimental.	34
8.	Valores de progesterona en (ng/ml) a partir de los 40 días posparto en los tratamientos:	37
9.	Curva de degradabilidad ruminal de concentrado (a), cascarilla (b) y pasto (c).	40
10.	Consumo total de materia seca expresado en gramos por kilogramo de peso vivo	42
11.	Consumo de materia seca en gramos por kilogramo de peso metabólico ($PV^{0.75}$)	43
12.	Consumo de proteína cruda en gramos por kilogramo de peso vivo y peso metabólico	44

AGRADECIMIENTOS

a mi universidad y a la FMVZ

a CONACyT por el estímulo económico proporcionado para el programa de posgrado

al persona del CEIEGT, quienes ayudaron a la realización de este trabajo, al Doctor Miguel Alonso quien siempre confió en nosotros, a la Doctora Rubio por su apoyo y sus palabras, pero sobre todo al Doctor Epigmenio por ser mi tutor desde siempre, por ser un gran amigo y ejemplo a seguir.

A mi familia por quienes siempre daría todo,

*a mis amigos que siempre han creído en mí, a
Vaío y Alma por siempre escucharme y hacerme parte de su
familia*

pero sobre todo a Kat, quien nunca me dejó caer, quien estuvo a mi lado en las noches más oscuras, en las tardes desérticas, siempre agradeceré por todo su amor .

I. Resumen

Este experimento evaluó el efecto de la suplementación con pirofosfato de tiamina (PPT) sobre las variables productivas de ovejas Pelibuey en un sistema semi-estabulado al final de la gestación y durante la lactancia, así como valorar la producción y calidad del calostro, su relación con la sobrevivencia y ganancia de peso de los corderos. El experimento se realizó en el Módulo de Producción Ovina, del CEIEGT. Se utilizaron 40 ovejas adultas múltiparas en el último tercio de gestación con un peso vivo promedio de 43.6 kg, las cuales estuvieron en pastoreo continuo con libre acceso a sombra, agua y sales minerales, consumiendo los suplementos en comederos individuales. La dieta base (DB) cubrió el 25% de los requerimientos diarios de materia seca con bagazo de cítrico fresco (BC), el 30% con concentrado comercial para engorda y el resto con el pasto consumido en pastoreo. Se tuvieron cuatro tratamientos, conformados en un arreglo factorial 2 x 2. Los tratamientos fueron: T1) La DB sin adición alguna de tiamina; T2) DB con adición de tiamina antes y después del parto; T3) DB con tiamina únicamente antes del parto. T4) DB con adición de tiamina solo después del parto. El efecto de la suplementación no fue significativo ($P>0.05$) sobre el PV y CC, de las ovejas antes o después del parto, por el contrario, la lactancia tuvo un efecto negativo y altamente significativo ($P<0.0001$) sobre las variables PV y CC. Tampoco se encontró efecto significativo ($P>0.05$) del tratamiento sobre urea y betahidroxibutirato séricos. Con respecto a la cantidad y composición del calostro, no se observaron diferencias estadísticas entre tratamientos ni entre periodos ($P>0.05$) para porcentajes de grasa, sólidos no grasos, proteína y lactosa. Los análisis de progesterona sérica indicaron el retorno a estro de las cuatro ovejas muestreadas en el T1 y solo una del T2. Los consumos del BC, concentrado y pasto (g/Kg PV y g/Kg PM) no presentan diferencia significativa ($P>0.05$) entre tratamientos. Por lo que se concluye que la adición de tiamina en la dieta no mejoró los componentes productivos de la oveja pelibuey.

Abstract

This experiment evaluated the effect of supplementation with thiamine pyrophosphate (TPP) on the productive variables of Pelibuey ewes in a semi-stabled system at the end of gestation and during lactation. Colostrum production and quality and its relationship with the survival and weight gain of the lambs was assessed as well. The experiment was conducted in the Hair-sheep Production Module of the CEIEGT. Forty adult multiparous ewes in the last third of gestation were used (average liveweight - LW, 43.6 kg), which were in continuous grazing with free access to shade, water, and mineral salts, and consuming the supplements in individual feeders. The basic diet (BD) covered 25% of the daily requirements of dry matter with fresh citrus bagasse (BC), 30% with commercial concentrate and the rest with the grazing pasture. There were four treatments, formed in a 2 x 2 factorial arrangement. The treatments were: T1) BD without any addition of thiamin; T2) BD with thiamine added before and after lambing; T3) BD with thiamine only before lambing. T4) BD with the addition of thiamine only after lambing. The effect of the supplementation was not significant ($P > 0.05$) on liveweight and body condition score (BCS) of the ewes before or after parturition. On the contrary, the lactation number had a negative and highly significant effect ($P < 0.0001$) on the LW and BCS. No significant effect ($P > 0.05$) of the treatment on serum urea and beta-hydroxy-butyrate was found. Concerning the amount and composition of colostrum, no statistical differences were observed between treatments or between periods ($P > 0.05$) for percentages of fat, non-fatty solids, protein, and lactose. The analysis of serum progesterone indicated the return to estrus of the four T1 ewes sampled, and only one of T2. Dry matter intakes of BC, concentrate and grass (g / Kg PV and g / Kg PM) did not present significant differences ($P > 0.05$) between treatments. Therefore, it is concluded that the addition of thiamine in the diet did not improve the productive components of the pelibuey sheep.

1. Introducción

Las vitaminas son necesarias para el crecimiento, el mantenimiento y la reproducción de los animales. Son grupos de compuestos orgánicos necesarios en mínimas cantidades para llevar a cabo la regulación del metabolismo por expresión génica y cofactores para enzimas, facilitando la conversión de grasa e hidratos de carbono en energía y ayudando en la formación de huesos y tejidos (Sherry *et al.*, 2006).

El pirofosfato de tiamina (vitamina B1) es la coenzima que cataliza reacciones de descarboxilación oxidativa en el complejo piruvato deshidrogenasa desempeñando un papel crítico en la regulación del metabolismo de los carbohidratos y juega un papel importante en la generación de energía transfiriendo átomos de carbono y produciendo NADPH para la síntesis de ácidos grasos y aminoácidos (Tanphaichitr, 2001; Kohlmeier 2013; Murray *et al.*, 2013). Cualquier perturbación en el metabolismo de los carbohidratos pueden afectar el estado de la tiamina (Sherry *et al.*, 2006).

Las ovejas dependen de la tiamina (vitamina B1) producida por los microorganismos ruminales, una microflora sana del rumen provee la cantidad de tiamina necesaria para cubrir sus necesidades (Cebra *et al.*, 2004). La síntesis de tiamina ruminal se estima en aproximadamente 1.5 a 3.0 mg/día en condiciones normales, mientras que los requerimientos diarios para una oveja gestante de 75 kg son de 2.9 mg (Passler *et al.*, 2012). La deficiencia subclínica de tiamina puede deberse a una mayor producción de tiaminasa cuando los cambios en la dieta se hacen sin adaptación previa (Ramos *et al.*, 2005; Karapinar *et al.*, 2008). Otros factores como la disponibilidad de pasto, el forraje mohoso, el estrés del destete, la acidosis ruminal causada por el consumo alto en concentrados, entre otros, disminuye la población de bacterias productoras de tiamina (Margo *et al.*, 2002). Los requerimientos de tiamina también pueden ser alterados por ciertas condiciones fisiológicas como la gestación y lactancia, de hecho, cualquier alteración de la fauna ruminal puede

conducir rápidamente a un estado de deficiencia (Ramos *et al.*, 2005; Karapinar *et al.*, 2008).

Es importante que durante la gestación, los niveles de tiamina sean los adecuados ya que la transferencia de tiamina al feto puede darse a través de la placenta y a los corderos por medio de la leche (Sherry *et al.*, 2006).

La tiamina mantiene la función de los neurotransmisores del sistema nervioso central, es importante en la conducción y función de la membrana nerviosa; una deficiencia de tiamina puede resultar en polioencefalomalacia, enfermedad caracterizada por la interrupción de metabolismo energético del cerebro, reduce la disponibilidad del ATP, lo que resulta en una disfunción del Na⁺, K⁺, y -ATPasas, consecuentemente, hay acumulación intracelular de sodio y agua causando edema, hinchazón y necrosis neuronal (Sherry *et al.*, 2006; Passler *et al.*, 2012).

Se tuvo como hipótesis que al suplementar con pirofostato de tiamina se mejora la ganancia de peso de ovejas Pelibuey durante el último tercio de gestación y la lactación, y al mismo tiempo, ayuda a disminuir la tasa de mortalidad de los corderos e incrementa la ganancia de peso en los mismos.

Los objetivos de este trabajo fueron evaluar el efecto de la suplementación con pirofosfato de tiamina (PFT) al final de la gestación y durante la lactancia hasta el destete (70 días) en ovejas pelibuey en un sistema semi-estabulado. Así como valorar el consumo aparente de los componentes de la dieta, incluida la gramínea ingerida por las ovejas al pastar, la ganancia de peso y condición corporal (CC) de las ovejas durante la lactancia y durante la lactación. Valorar la producción y calidad del calostro así como su relación con la sobrevivencia de los corderos y ganancia de peso en corderos.

2. Revisión de literatura.

2.1. Componentes productivos de la oveja pelibuey

2.1.1. Peso vivo y CC

La disminución del peso vivo (PV) en la oveja pelibuey se debe al incremento de las necesidades al final de la gestación e inicio de la lactancia lo que conlleva una movilización de reservas corporales por una gran demanda de glucosa, aminoácidos y ácidos grasos. La disminución de la CC en el posparto, que se presenta alrededor de la 3 semana de lactancia, para luego presentar una recuperación paulatina. Este aumento de peso vivo se relaciona con la disminución de la producción de leche en el tiempo, asociado a la mayor capacidad de ingesta del animal (Banchemo *et al.*, 2005; Abd-Allah 2013; Osorio *et al.*, 2014; Banchemo *et al.*, 2015).

Durante el último tercio de la gestación, una oveja puede perder entre 3.8 y 4.3 kg; mientras que en los primeros 15 a 20 días post parto es común que el animal pierda alrededor de 0.5 puntos debido a los cambios metabólicos y movilización de energía que conlleva la producción de leche, (Abd-Allah 2013; Carvajal *et al.*, 2016; Banchemo *et al.*, 2015; Banchemo *et al.*, 2006; Bucher 1998). Russel *et al* (1969), determinaron que un punto de CC equivale a un 16% del PV. La relación entre peso vivo y condición corporal en ovejas pelibuey se evaluó, determinando que un cambio por cada punto de CC equivale entre un 15 a un 16% de su peso vivo (Montes de Oca *et al.*, 2017; Chay-Canul *et al.*, 2011; Felice 2013).

2.1.2. Calidad de calostro

El calostro en las primeras horas de vida es el más importante para cubrir los requerimientos de inmunoglobulinas del cordero, le provee con energía, agua, vitaminas liposolubles y minerales fundamentales en este período temprano. (Sánchez 2012; Banchemo *et al.*, 2006).

Sánchez en 2012 evaluó el efecto del maíz rolado a razón de 0, 200, 400 y 800g por animal por día, sobre la calidad de calostro en ovejas pelibuey, la composición de calostro fue en promedio de $17.74 \pm 0.86\%$, $10.22 \pm 0.89\%$, $5.88 \pm 0.31\%$, $9.83 \pm 0.47\%$ para sólidos no grasos, grasa, proteína y lactosa respectivamente. Valores similares han sido reportados para la composición de calostro de ovejas pelibuey por Garzón en 2016 y Althaus en ovejas corriedale en 2001.

2.1.3. Peso vivo de los corderos

El peso al nacer constituye un aspecto importante en la viabilidad de los corderos durante los primeros días de nacidos. Por lo general, el peso al nacer de los corderos pelibuey se encuentra comprendido entre 2,1 y 3,4 kg dependiendo del tipo de parto. Los factores que influyen significativamente sobre esta variable son el sexo, el número de crías por parto y el tipo de alimentación de la oveja. Los corderos pelibuey se logran una ganancia diaria promedio entre los 102 y 119 g por animal según el tipo de parto y el sexo (Perón *et al.*, 1991).

De la misma manera Herrera *et al.* (2008) observaron el comportamiento productivo de 64 hembras pelibuey en pastoreo con *Paspalum notatum* y suplementación a base de caña de azúcar y king grass; donde uno de las variables medidas fue el peso al nacimiento cuyo valor medio fue de 2.32 kg y ganancias de peso vivo superiores a 130 g/animal. Resultados similares fueron documentados a partir de un análisis de datos provenientes de registros de producción (n=727). Las ovejas se alimentaron con base en pastoreo diurno (*Brachiaria brizantha* y gramas nativas) y un concentrado comercial y se reportan 2.6 kg de cordero al nacimiento y GDP de 93 ± 4 g/día/cordero (Ríos 2014).

2.1.4. Mortalidad en los corderos

Macedo *et al.* (2010), obtuvieron una tasa de mortalidad neonatal promedio del 18%. Se determinó esta variable en dos tipos de sistemas de producción; la mortalidad en el sistema extensivo fue del 30.96% mientras que en el intensivo fue 4.61%. La principal causa de mortalidad fue el síndrome de inanición-exposición con una prevalencia del 20.36 y del 3.41%; traumatismo 8.15 y 0%; e infecciones respiratorias 0.61 y 0.20% respectivamente.

Martínez *et al.* (2009) relacionaron la cantidad y composición de calostro y la tasa de mortalidad, en función del nivel de complemento: Sólo pastoreo (F), 250 (FM250) y 650 g (FM650) de maíz quebrado suministrado desde 15 días preparto y toda la lactancia (70 días). La concentración de lactosa fue 6.0 ± 1 , 4.8 ± 0.04 y 4.8 ± 0.04 para F, FM250 y FM650 respectivamente. La tasa de mortalidad fue 32, 19 y 11% para F, FM250 y FM650 respectivamente.

2.1.5. Prolificidad

La prolificidad de las ovejas pelibuey varía entre 1.17 y 1.48 crías por parto. El tamaño de camada es afectado por la tasa ovulatoria, número de óvulos fertilizados y la sobrevivencia embrionaria. Los factores que la afectan son: genéticos, como la raza y la variación individual; ambiental, como el nivel de nutrición antes y después del empadre, la edad y el número de partos (Perón *et al.*, 1991; Rojas *et al.*, 1995; Perón 2010).

2.1.6. Retorno de la actividad ovárica posparto

El primer estro posparto en una oveja pelibuey se presenta entre los 40 y 55 días después del parto, mientras que el intervalo entre partos se encuentra entre los 200 y 300 días, dependiendo de la alimentación de las ovejas. El número de partos de la oveja tiene un efecto significativo en la duración del

intervalo entre partos, siendo mayor este periodo con ovejas con uno o dos partos (Perón *et al.*, 1991; Perón 2010).

Se estudió el efecto del fotoperiodo artificial inverso sobre el reinicio de la actividad ovárica posparto en la oveja pelibuey. Se utilizaron 8 ovejas gestantes que permanecieron bajo pastoreo en el CEIEGT-FMVZ-UNAM, Tlapacoyan, Veracruz, los otros dos grupos fueron trasladados a CEPIPSA-FMVZ-UNAM en Topilejo, Ciudad de México, donde el grupo tratado (n = 4) fue expuesto a fotoperiodo inverso en una cámara de fotoperiodo artificial, en la cual los cambios en la duración del fotoperiodo fueron graduales, con diferencia máxima 2h 12 min entre el día más largo y el día más corto del año. El grupo testigo (n = 4) permaneció en fotoperiodo natural. El intervalo entre el parto y el reinicio de la actividad ovárica fue significativamente menor ($P < 0.01$) para el grupo de animales en fotoperiodo inverso (73.2 ± 4.6 días), comparado con el grupo testigo (101 ± 6.9 días) concluyendo que la exposición de ovejas pelibuey a un fotoperíodo corto adelanta la reanudación de la actividad ovárica posparto (Cerna *et al.*, 2004).

2.1.6. Fertilidad

Se observa mucha variabilidad en la fertilidad de la oveja pelibuey con rangos de 42 a 92% y un promedio de 75%. La época de monta influye notablemente en el porcentaje de fertilidad, se observa que los índices de fertilidad más bajos coinciden con la menor producción de forraje que aquéllas que fueron apareadas durante el período de lluvias (Perón 2010). En el trópico mexicano se reporta 92 % de fertilidad de la oveja pelibuey (Ortiz *et al.*, 2014).

2.2. Efecto de la nutrición sobre la reproducción de la oveja pelibuey.

Una oveja bien nutrida presenta un sistema endócrino funcional que permite una reproducción óptima, además que enferma menos; ambos factores están relacionados a una alta eficiencia productiva (Frey *et al.*, 2008).

Una unidad de producción ovina presenta optimización de recursos si mantiene a la oveja en buena condición corporal durante su ciclo anual de producción (Frey *et al.*, 2008)

Las etapas productivas del ciclo productivo de la oveja son: Primer tercio de gestación; Último tercio de la gestación; Lactancia; y Ovulación o reinicio de la actividad ovárica pos parto

Los factores externos como la nutrición materna, influyen en el útero y el desarrollo del feto teniendo efectos duraderos sobre la salud del animal, el desarrollo inmunológico y la productividad en la vida adulta (Barker *et al.*, 2002; Kenyon y Blair, 2014), en el peso al nacer y tasa de crecimiento posparto (Rhind, 2004; Blair *et al.*, 2011, Redmer *et al.*, 2004).

En el primer mes de gestación el crecimiento es mínimo, fijándose el embrión a la pared uterina. Durante el segundo y tercer mes el feto posee un bajo crecimiento diario y puede llegar a pesar 600 g a los 90 días, sin embargo, la placenta alcanza su desarrollo definitivo y los tejidos nerviosos y óseos tienen un crecimiento máximo, por lo que es crucial tener un plan de alimentación que cubra los requerimientos en esta etapa (Romero *et al.*, 2017).

La suplementación en la primera etapa de la gestación permite a las ovejas un cierto acúmulo de reservas grasas reflejadas en una ganancia de 13 g/animal/día y reduce las pérdidas de reservas corporales en la segunda fase de la gestación donde se pierden alrededor de 14 g/animal/día. La suplementación recibida por las ovejas en la primera fase de la gestación no afecta el crecimiento del feto en ese periodo; pero si lo hace la suplementación recibida entre los 90 y 140 días de gestación (Mantecón *et al.*, 2006).

Durante el último tercio de la gestación, los requerimientos de energía y proteína de la oveja aumentan rápidamente; Sin embargo, a medida que los corderos crecen, el volumen del útero producto del desarrollo del feto, hace que

disminuya aproximadamente a un 30% la capacidad de ingestión de alimento de la oveja (Phillips *et al.*, 2009). Por lo tanto, es necesaria una buena alimentación, en cantidad y calidad, en relación a su aporte de energía y proteína. Otros problemas relacionados con subnutrición son: abandono de corderos recién nacidos, baja producción de calostro y leche, las ovejas tardan más en reiniciar sus ciclos reproductivos, menor peso al nacer de las crías, aumento de la incidencia de distocia y la alta mortalidad y morbilidad de los recién nacidos (Martínez, 2009; Maresca *et al.*, 2014; Romero *et al.*, 2017).

La glucosa provee de energía al tejido fetal, aumentando notablemente a mediados y durante el último tercio de la gestación cuando se desarrolla el 70% del crecimiento fetal (Bores *et al.*, 2009; Romero *et al.*, 2017; Mc Govern *et al.*, 2015).

El desarrollo y, el funcionamiento de los órganos de los sistemas principales durante el desarrollo fetal, se rige por el plano nutricional; la restricción nutricional durante el segundo y tercer tercio de la gestación puede resultar en un reducido número de fibras y masa musculares impactando así el desarrollo animal (Rauw 2008; Bores *et al.*, 2009).

Las ovejas que reciben el mayor nivel de suplementación en el último tercio de la gestación, tienen un puntaje de condición corporal más alto al destete siendo capaces de depositar más grasa durante la lactancia (Neves *et al.*, 2014).

La suplementación durante la gestación y la lactancia de las ovejas afecta la tasa de crecimiento de los corderos, por lo que los corderos de parto doble son más livianos al destete debido a la competencia por los nutrientes en el útero y durante la lactancia (Neves *et al.*, 2014).

La movilización de reservas corporales durante el final de la gestación y el postparto temprano parece compensar adecuadamente el peso del feto manteniendo así su crecimiento, donde la glucosa uno de los metabolitos más importantes que regulan el crecimiento del feto durante esta fase (Rauw 2008).

Durante la lactancia, la nutrición merece más atención, porque en este periodo, la oveja tiene un balance energético negativo debido al incremento en la producción láctea y su bajo consumo de MS, por lo que normalmente moviliza las reservas corporales. En una segunda fase, el balance de energía es cero, ya que la producción de leche ya está disminuyendo y las hembras han alcanzado el consumo máximo de materia seca. En la tercera fase, el balance de energía es positivo y las reservas del cuerpo se reponen. Se debe prestar especial atención al balance energético negativo, ya que puede llevar a la disminución en la producción de leche, el crecimiento del cordero y el posterior desempeño reproductivo (Neves *et al.*, 2014).

Aunque las ovejas que paren dos o tres corderos tienen una mayor producción de leche, esta producción no equivale a duplicar o triplicar la producción de una oveja con un solo cordero; por lo que los corderos consumen individualmente cantidades menores de leche (Neves *et al.*, 2014).

Las ovejas alcanzan su máxima producción de leche aproximadamente a las 3 a 4 semanas después del parto y producen el 75% de su producción total de leche en las primeras 8 semanas de lactancia, es importante destacar que lograr una buena producción de leche de la oveja se traducirá en tener corderos más pesados. (Romero *et al.*, 2017, Phillips *et al.*, 2009).

Ofrecer a las ovejas una buena nutrición durante la gestación media y tardía garantiza corderos con un peso ideal al nacer y un suministro adecuado de calostro, por lo tanto, reduce la mortalidad y aumenta el rendimiento y la rentabilidad del rebaño. (Phillips *et al.*, 2009).

Las hembras gestantes deben mantenerse en CC 3 durante la gestación temprana para evitar disminución drástica de peso durante la lactancia. Las ovejas de crías múltiples tenderán a ser más pesadas antes del parto y más ligeras después del parto. Si todos los corderos sobreviven la oveja perderá más peso durante la lactancia. En consecuencia, se empadraná con un peso

corporal más bajo. Por lo que se dice que el animal se enfrenta a una lucha constante para alcanzar los requerimientos de CC 3 necesaria para el próximo empadre. La pérdida de peso durante la lactancia, limita el restablecimiento del ciclo estral durante el posparto, además una mala CC permite que el intervalo parto primer estro se prolongue, o incluso, el número de crías puede reducirse, por lo que con un buen manejo nutricional de la oveja, la actividad folicular se reiniciará en un lapso de cuatro a seis semanas posteriores al parto (HCCMPW 2010, Castillo-Maldonado *et al.*, 2013). Así, la adecuada cantidad y calidad de alimentos disponibles durante un ciclo productivo permitirá sincronizar el ciclo reproductivo de la oveja (Porrás *et al.*, 2015).

2.3. Importancia de la suplementación en el último tercio de la gestación.

2.3.1. La placenta.

Los principales nutrientes fetales son la glucosa, su subproducto metabólico, el lactato y los aminoácidos. La transferencia de glucosa en la placenta, es el sustrato principal para el feto y depende del suministro constante de glucosa para mantener la producción de energía (James *et al.*, 2007).

Se ha demostrado que hormonas como la angiotensina II, la leptina, la hormona del crecimiento (GH) y la triyodotironina (T3), alteran la capacidad de transporte de nutrientes a la placenta (Sandovici *et al.*, 2012).

Las hormonas GH hipofisaria (GH), tienen función sobre el crecimiento longitudinal y el metabolismo de carbohidratos, regulados en parte por los factores de crecimiento insulínicos (IGFI e IGF-II). El crecimiento fetal está mediado por la placenta después del día 128 de gestación, y está caracterizado por concentraciones atenuadas de insulina fetal, IGF-I, glucosa y altos niveles de urea fetal (Beltrán *et al.*, 2011; Muñoz *et al.*, 2004). El lactógeno placentario, actúa con la hormona somatotropa, estimulando la producción del factor IGF-I materno, lo que favorece el aumento de glucosa disponible para su transferencia al feto aumentando la captación de sustratos por la placenta (Ruiz *et al.*, 2011; Muñoz *et al.*, 2004).

El estado de restricción nutritiva materna, puede traer como consecuencia una disminución del factor IGF-I y por lo tanto en la prolactina fetal producida en la hipófisis del feto (Muñoz *et al.*, 2004). La sensibilidad tisular a la hormona somatotropa, podría iniciarse a partir del segundo tercio de gestación, activando el eje somatotrópico desde ese momento (Muñoz *et al.*, 2004; Ruiz *et al.*, 2011).

2.3.2. Efectos de la nutrición en el crecimiento fetal.

Cuando se tiene una malnutrición durante el periodo medio de la gestación, se ven afectados diversos órganos, entre ellos el pulmón, hígado y bazo, así como una maduración tardía en el riñón (De la Paz *et al.*, 2011), observando un aumento en la morbilidad y mortalidad, disfunciones intestinales y respiratorias, un lento crecimiento post parto. También se presentan niveles bajos de alfa-aminoácidos y poliaminas en el plasma fetal y materno. Por lo que se afecta la proliferación celular, dando como resultado una disminución en el crecimiento fetal y placentario (Beltrán *et al.*, 2011)

2.3.3. Factor de crecimiento insulínico tipo I (IGF-I)

Se ha demostrado que la IGF-I desvía los nutrientes de la madre al embrión, mediante el aumento de transporte de la glucosa (metil-D-glucosa) y aminoácidos ácidos (ácido amino butírico) a la placenta (Ruiz *et al.*, 2011). Los IGF's estimulan los adipocitos incorporando sulfato en el cartílago, la síntesis de glicosaminoglicanos y de DNA en el cartílago, así como la formación de colágeno, permitiendo el crecimiento del animal (Recabarren 2005).

2.3.4. Insulina

Se ha implicado a la insulina como una de las principales hormonas promotoras del crecimiento en el feto, su deficiencia, reduce el peso y la longitud corporal,

afectando principalmente el crecimiento de la columna vertebral, esqueleto apendicular y tejidos blandos (Fowden *et al.*, 1989).

2.3.5. Hormonas tiroideas

Las hormonas tiroideas (HT) están involucradas en los procesos de producción de calor y la regulación de oxidación celular, intervienen también en el metabolismo de los hidratos de carbono, aumentando la absorción intestinal de glucosa y, por lo tanto, su incremento en el plasma sanguíneo, facilita su movimiento hacia el tejido adiposo y el músculo, de igual manera aumentan la gluconeogénesis y la glicogenólisis por medio de la captación de glucosa celular y de la insulina. Las principales hormonas secretadas por la tiroides son la tetrayodotironina (T4) también llamada tiroxina, triyodotironina (T3) la más abundante y la más activa, la triyodotironina Inversa (rT3) (Osorio *et al.*, 2014).

En el desarrollo fetal y crecimiento, las HT son esenciales en las etapas finales de la gestación para la diferenciación cerebral, sinaptogénesis, mielinización y crecimiento de axones y dendritas. En animales jóvenes, está relacionado con hormona del crecimiento. Antes del parto, el aumento de cortisol se acompaña de un aumento en la circulación de la concentración de T3 y de este modo influye en el crecimiento y desarrollo del hígado y el músculo esquelético del feto. (Osorio *et al.*, 2014).

El cortisol cumple la función vital de iniciar muchos de los eventos de maduración preparto (Sandovici *et al.*, 2012). Los glucocorticoides regulan la expresión de ARNm y facilitan el transporte extra nuclear de ARNm específico al citoplasma (Sandovici *et al.*, 2012).

2.3.6. GH o somatotropina

La hormona del crecimiento, GH por sus siglas en inglés, tiene un amplio espectro de acciones biológicas, entre ellas la promoción del crecimiento y los efectos endócrinos en sus órganos blanco: hueso, tejidos blandos, gónadas y

vísceras, mismas acciones que son mediadas por los IGF-I e IGF-II (Recabarren 2005).

GH parece tener un efecto crítico en la insulina-resistencia, con el IGF-I desempeñando una posible función de modulación en el desarrollo de células beta y de la producción de insulina (Oliveira et al., 2011).

2.4. Efecto de la suplementación durante la lactogénesis.

Está claro que la nutrición en el último tercio de la gestación afecta el desarrollo de la glándula mamaria, el inicio de la lactogénesis y por lo tanto la producción de calostro, ya sea al afectar algunas de las hormonas que controlan estos procesos o al aportar nutrientes requeridos en esta etapa. La condición corporal (CC) determina la capacidad de movilización de reservas durante la lactancia; el tejido movilizado es usado para la producción de leche con una eficiencia de un 84% (Banchemo *et al.*, 2006; Banchemo *et al.*, 2004; Russel *et al.*, 1969).

Existe una relación positiva entre la ingesta de energía y el flujo sanguíneo hepático; el mecanismo parece ser desencadenado por un aumento en la cantidad de ácidos grasos volátiles, principalmente propionato, que atraviesa la pared del rumen y llega al hígado sirviendo como principal fuente de energía para los rumiantes siendo el principal precursor de la síntesis de glucosa. El aumento en el flujo sanguíneo hepático puede, a su vez, aumentar la velocidad de retiro de la progesterona de la sangre, lo que acelerará el inicio de la lactogénesis (Banchemo *et al.*, 2015; Banchemo *et al.*, 2004; Charismiadou *et al.*, 2000).

Durante la lactancia, se tienen los mayores requerimientos energéticos de la oveja, especialmente en las primeras 2-4 semanas post-parto donde se alcanza la máxima producción láctea, sin embargo, la oveja alcanza su máxima capacidad de ingesta entre las semanas 4-6 de la lactancia. Por lo tanto, al

inicio de la lactancia cuando el apetito va en aumento, se espera un balance energético negativo con gasto de las reservas corporales (Russel *et al.*, 1969).

Otro factor que afectan el desarrollo de la ubre, la acumulación de calostro y por lo tanto la producción de leche posterior, es el número de fetos, ya que los requerimientos de energía son particularmente altos y su ingesta voluntaria de alimento es limitada debido a que el feto reduce el volumen del rumen. De acuerdo con esto, la producción de leche está altamente correlacionada con el peso del tejido secretor (Banchero *et al.*, 2015; Charismiadou *et al.*, 2000).

La alimentación puede afectar las hormonas mamogénicas y lactogénicas, así como las concentraciones plasmáticas de sus metabolitos. Cuando los nutrientes disponibles no cumplen con los requerimientos de energía de la oveja se observan niveles más bajos de glucosa y leptina en plasma sanguíneo y mayores concentraciones de β -OHB ($<0.7 \text{ mmol.mL}^{-1}$) y urea durante el período preparto en comparación con las ovejas con una buena CC (Banchero *et al.*, 2006; Banchero *et al.*, 2004; Russel *et al.*, 1969).

Las bajas concentraciones de glucosa pueden limitar la secreción de leche, siendo esta un precursor de la síntesis de lactosa. (Banchero *et al.*, 2006).

En las ovejas, la lactogénesis se desencadena por la retirada de la progesterona al final de la gestación, además de incrementos drásticos en la secreción de cortisol, estradiol y prolactina. La tasa de disminución de progesterona se relaciona con la nutrición, la concentración circulante de progesterona debe caer por debajo de 10 ng.mL^{-1} para que el flujo sanguíneo mamario aumente y mejore el suministro de sustratos metabólicos a la ubre. Aproximadamente 12 h antes del parto los niveles de progesterona alcanzan valores menores a 1 ng.mL^{-1} que es considerado necesario para el inicio de la lactogénesis. En ovejas subalimentadas los niveles se mantienen altos durante más tiempo, disminuyendo más rápido en las ovejas bien alimentadas; las ovejas con una nutrición deficiente tienen una baja concentración de lactosa y en consecuencia, una menor producción de calostro insuficiente para cumplir

con los requisitos inmediatos del cordero recién nacido. (Banchemo *et al.*, 2015; Banchemo *et al.*, 2006).

Dado que la lactosa osmóticamente atrae agua hacia el epitelio secretor mamario, cualquier retraso en la síntesis de lactosa limitaría la producción de calostro y tendría una alta viscosidad y, por lo tanto, sería difícil para los corderos succionar (Banchemo *et al.*, 2006).

La nutrición de las ovejas también puede influir en las concentraciones plasmáticas de prolactina, otro factor que controla la lactogénesis, ya que las ovejas bien alimentadas tienen niveles más altos de prolactina aumentando la tasa de síntesis de caseína y α -lactoalbúmina (proteína necesaria para la síntesis de lactosa) cuando los receptores de prolactina están presentes en el tejido mamario. La prolactina regula positivamente sus propios receptores, por lo que cada aumento en la concentración de prolactina conduce a un aumento en la capacidad de respuesta del tejido mamario a la hormona. Sin embargo, la producción de prolactina solo puede aumentar después de que las concentraciones de progesterona disminuyen al final de la gestación (Banchemo *et al.*, 2006).

Las concentraciones circulantes de insulina aumentan con la suplementación, incrementando por lo tanto la concentración plasmática de IGF-I que estimula el crecimiento mamario y el flujo sanguíneo jugando un papel importante en la diferenciación y el desarrollo de la glándula mamaria. El aumento del flujo sanguíneo mamario, a su vez, puede aumentar la absorción de glucosa por la glándula mamaria. Se ha visto también que el tipo de suplementación puede afectar la disponibilidad de precursores de leche y, posiblemente, la composición de la leche (Banchemo *et al.*, 2004; Banchemo *et al.*, 2006; Charismiadou *et al.*, 2000).

2.5. Importancia de la ingesta de calostro del cordero neonato.

Se sabe que el calostro contiene mayor cantidad de proteínas específicas que la leche; entre los componentes más importantes del calostro se encuentran las inmunoglobulinas, péptidos antimicrobianos y otras moléculas bioactivas; además de contener hormonas, enzimas, factores de crecimiento y ser la fuente más importante de energía, agua, vitaminas y minerales. Las inmunoglobulinas se forman por el sistema inmune de la oveja, durante el final de la gestación y durante la lactancia, estos anticuerpos se transportan por vía sanguínea a las glándulas mamarias, donde se secreta el calostro y posteriormente la leche. El recién nacido absorbe estas inmunoglobulinas (Ig) calostrales que van intactas del intestino al torrente sanguíneo durante las primeras horas a días de vida asegurando la sobrevivencia inicial del neonato (Lérias *et al.*, 2014; James *et al.*, 2013; Banchemo *et al.*, 2004).

La mayoría de las inmunoglobulinas que se transportan al calostro se sintetizan por las células plasmáticas (linfocitos B) que residen en el tejido mamario, su transporte ocurre a través de las células epiteliales. El transporte de inmunoglobulinas maternas al calostro probablemente se produce en todos los mamíferos en diferentes grados, sin embargo, en la mayoría de las especies las inmunoglobulinas no se transportan a través de la placenta, por lo que las inmunoglobulinas del calostro son críticamente importantes para la supervivencia del neonato (James *et al.*, 2013).

Las inmunoglobulinas más importantes presentes en el calostro son IgG, IgM e IgA, estas juegan un papel crucial y clave en la protección de los corderos contra las infecciones (Lérias *et al.*, 2014). Se ha descrito que el sistema inmunológico de los recién nacidos parece ser más incapaz de producir sus propias inmunoglobulinas durante el primer mes de vida (Lérias *et al.*, 2014; Banchemo *et al.*, 2006).

El calostro también es importante debido a su alto contenido de magnesio, desempeñando un papel esencial en la activación del peristaltismo y la eyección de meconio, evitando la colonización bacteriana de la mucosa

intestinal, además de ser importante en la regulación de la temperatura corporal en rumiantes recién nacidos (Lérias *et al.*, 2014).

Un cordero necesita por lo menos de 50 ml/kg de peso vivo inmediato al nacimiento para evitar la hipotermia y mejorar la supervivencia del cordero; y requiere de 200 ml de calostro/kg de peso vivo en condiciones de clima templado durante las primeras 18 horas de vida y un 50% más en condiciones de lluvia y viento; El 25% de este calostro debería estar disponible al nacer (Banchemo *et al.*, 2015; Banchemo *et al.*, 2006; Phillips *et al.*, 2009).

La presencia de calostro en el estómago de los corderos también estimula el reconocimiento materno esencial para una interacción exitosa entre la madre y la cría, particularmente en el postparto temprano. El comportamiento de la madre y el neonato después del parto, así como el manejo durante ese período, influirán en sus posibilidades de supervivencia; la tasa de mortalidad es variable y va de 10-25% (Lérias *et al.*, 2014; Everett *et al.*, 2008; Banchemo *et al.*, 2004).

Una buena nutrición de la oveja, permite una mayor producción de calostro además de ser menos viscoso; esta característica se asocia con mayores concentraciones de lactosa, siendo esta osmóticamente activa, debido a la extracción de agua de la sangre. El calostro con la viscosidad más alta y las concentraciones más bajas de lactosa se observa en ovejas cuyos requerimientos de glucosa no fueron cubiertos al final de la gestación (Banchemo *et al.*, 2004).

Hay varios factores que pueden afectar la composición del calostro, como la especie, la raza, la edad, la nutrición, el tamaño de la camada, la duración del período seco y el estado de salud. La duración de la gestación también ha sido altamente correlacionada con la composición del calostro en pequeños rumiantes, se ha observado que las ovejas con períodos de gestación cortos (146.9d) producían calostro menos concentrado en IgG (99.9mg / ml) que otras con gestaciones de 150 días (127.7mg / ml) (Lérias *et al.*, 2014).

2.6. Reinicio de la actividad ovárica posparto.

El periodo posparto es el intervalo entre el parto y el restablecimiento de la actividad ovulatoria cíclica. Diversos factores participan en su duración; entre ellos, son importantes la involución uterina, el estado endocrino, la nutrición, el amamantamiento y el ambiente (Arroyo *et al.*, 2009).

Entre los principales factores que inhiben el restablecimiento de la actividad ovárica posparto son:

La hiperprolactinemia inducida por el amamantamiento puede reducir la capacidad de respuesta de los folículos ováricos a la estimulación de LH con su supresión asociada a la GNRH (Ishmais *et al.*, 2004; Arroyo *et al.*, 2009).

Las demandas metabólicas de la lactancia, la nutrición inadecuada y la mala condición corporal inducen el balance energético negativo de la oveja, afectando la fertilidad a través de la supresión de la secreción de GnRH, la frecuencia del pulso de LH, y por lo tanto el retorno al estro y la actividad ovárica posparto, mientras que los animales que mantienen la condición corporal durante el período posparto tienen una mejor capacidad de respuesta de la glándula pituitaria (Arroyo 2011; Ishmais *et al.*, 2004; Arroyo *et al.*, 2009).

El mecanismo de señales metabólicas implicadas entre el estado nutricional y los procesos reproductivos involucran al factor de crecimiento asociado a la insulina (IGF-I), la hormona del crecimiento, los péptidos opioides endógenos, la insulina, la glucosa y la regulación de la liberación de GnRH (Arroyo 2011; Arroyo *et al.*, 2009; Viñoles *et al.*, 2005). Otro péptido involucrado en el metabolismo y la endocrinología reproductiva es la leptina, asociada con la masa de tejido adiposo; el sistema kisspeptina que estimula el eje reproductivo y puede transmitir información a las células GnRH. Sin embargo, se sabe que el fotoperiodo es el factor ambiental primario que regula estos eventos

neuroendocrinos, es el aumento en el número de horas luz lo que sincroniza el ciclo reproductivo anual de la oveja (Arroyo 2011; Backholer *et al.*, 2010).

Los ovinos detectan las variaciones anuales en la duración del fotoperiodo por medio de un sistema neurofisiológico, que es capaz de transformar la señal luminosa en una señal hormonal a través de la síntesis y secreción de melatonina (Arroyo *et al.*, 2006). En este mecanismo, la luz es captada en el ojo, a través de la retina; la señal luminosa se transforma en una señal eléctrica que es conducida de la retina al hipotálamo por medio del tracto retinohipotalámico; en el hipotálamo, el núcleo supraquiasmático capta la señal y posteriormente se transfiere al núcleo paraventricular; finalmente al cerebro posterior, específicamente al ganglio cervical superior. En este punto, la señal eléctrica se transforma en una señal química; el ganglio cervical superior libera noradrenalina, la cual es captada por receptores alfa y beta adrenérgicos en la membrana celular de los pinealocitos; se induce la síntesis de la N-acetiltransferasa, enzima fundamental en la síntesis de melatonina; de esta manera, la hormona se sintetiza en los pinealocitos de la glándula pineal durante las horas de oscuridad (Arroyo 2011; Arroyo *et al.*, 2006; Gastelum *et al.*, 2015).

La melatonina actúa directamente en las neuronas Kisspeptina y GnIH, regula su actividad a través del año y durante los días cortos, estimula la síntesis y secreción de Kisspeptina e inhibe la GnIH que bloqueaba a GnRH durante el anestro; de manera contraria, durante los días largos, reduce la síntesis y secreción de Kisspeptina e induce la síntesis y liberación de GnIH, modulando así el ciclo reproductivo anual de la oveja. De esta manera, las variaciones anuales en la duración del fotoperiodo y la melatonina influyen en el sistema dopaminérgico, el estradiol, GnRH, etc., regulando la conducta reproductiva anual de la oveja (Arroyo 2011).

Los ovinos presentan anualmente dos etapas fisiológicas bien definidas (figura 1). La menor duración en la secreción de melatonina durante los días largos, permite la síntesis de dopamina e induce el anestro estacional con ausencia de

ciclos estrales regulares. Y la segunda, conocida como época reproductiva durante los días cortos, la mayor duración en la síntesis y secreción de melatonina inhibe la producción de dopamina, restableciendo la actividad estral y la ovulación (Arroyo 2011; Arroyo *et al.*, 2006; Gastelum *et al.*, 2015).

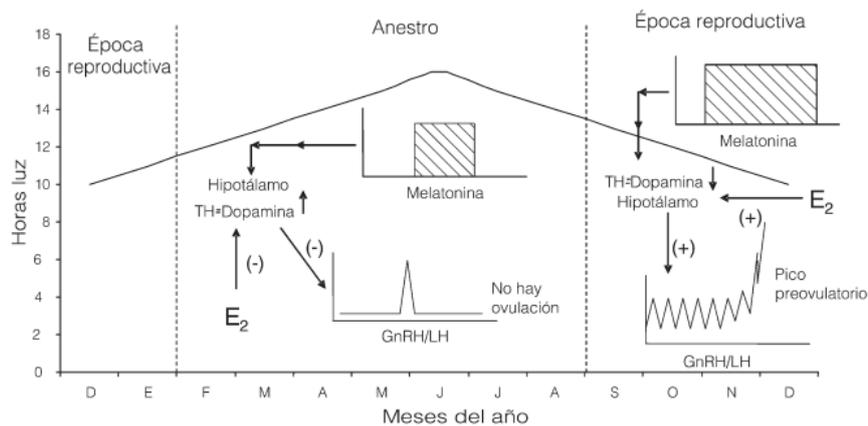


Figura 1. El fotoperíodo sincroniza el momento del inicio y término de la actividad reproductiva a través de una señal hormonal, la melatonina. Esta hormona se secreta durante la noche e indica al animal cambios en la duración del día. Durante los días largos la menor duración en la secreción de melatonina sensibiliza al hipotálamo e induce la retroalimentación negativa a nivel hipotalámico e inhibe la secreción pulsátil de GnRH/LH, lo cual impide la ovulación. Durante la época de los días cortos la mayor duración de secreción de melatonina provoca una retroalimentación positiva del estradiol; con esto, se restablece la ciclicidad estral y la ovulación (Arroyo *et al.*, 2006).

El anestro estacional ocurre durante los días largos, entre los meses de febrero y agosto, en el hemisferio norte, cuando la duración en la secreción de melatonina es menor provocando un aumento en la sensibilidad hipotalámica al efecto de retroalimentación negativa del estradiol (E_2), actuando específicamente en el núcleo dopaminérgico A15; el E_2 induce la actividad de la tirosina hidroxilasa (TH), enzima importante en la síntesis de dopamina; la bioactividad de la TH y dopamina son más altas inhibiendo la secreción pulsátil de LH y GnRH llegando a ser de 1 a 2 pulsos en un periodo de 12h; simultáneamente se da un aumento en la secreción de prolactina (Arroyo 2011; Arroyo *et al.*, 2006; Castillo *et al.*, 2013).

Recientemente, se demostró que durante el anestro estacional, el E_2 suprime la liberación del ácido gamma amino butírico (GABA), mismo que participa como inhibidor en la secreción de dopamina, de esta manera activa las neuronas

dopaminérgicas e incrementa la síntesis y secreción de dopamina, la cual reduce la frecuencia de pulsos de GnRH y por lo tanto de LH (Castillo *et al.*, 2013; Arroyo *et al.*, 2006).

Se ha observado que el E₂ actúa de manera directa en el área retroquisamática lateral (Arch), específicamente en el núcleo A15, inhibiendo la secreción pulsátil de LH (Arroyo *et al.*, 2006).

Durante la fase lútea, la progesterona (P4) secretada por el cuerpo lúteo del ovario presenta un efecto de retroalimentación negativa del E₂ que ejerce un potente efecto inhibitor de la secreción pulsátil de GnRH/LH; como consecuencia de la lisis del cuerpo lúteo, inducida por la PGF2 α liberada por el endometrio uterino, la concentración plasmática de progesterona desciende. La disminución de la progesterona circulante favorece la secreción tónica de LH durante la fase folicular; de tal forma que la frecuencia de sus pulsos se incrementa progresivamente, hasta alcanzar un pulso cada hora. El aumento en la frecuencia de secreción de LH estimula la síntesis de E₂ en los folículos en las células de la granulosa. La síntesis de estradiol aumenta progresivamente en la circulación periférica ejerciendo un efecto de retroalimentación positiva a nivel hipotalámico, actuando de manera directa en las neuronas GnRH, aumenta la frecuencia de secreción de pulsos e induce el pico preovulatorio de GnRH/LH y 24 horas después, la ovulación (Arroyo 2011; Arroyo *et al.*, 2006). La condición corporal, el nivel de alimentación y el estado fisiológico de las ovejas pueden influir sobre la eficacia de la estimulación en el desarrollo folicular, generando un incremento de la hormona FSH, y sobre la respuesta ovulatoria por aumento de la LH; así mismo hay una disminución de las concentraciones de estradiol durante la fase folicular. El pico de GnRH se extiende por 36 a 48h tiempo aproximado de la duración del estro (Viñoles *et al.*, 2002, Viñoles *et al.*, 2005; Arroyo *et al.*, 2006).

2.7. Importancia del pirofosfato de tiamina en el metabolismo de la oveja.

La tiamina o vitamina B1, juega un papel importante en el metabolismo energético de los carbohidratos. Es esencial para el funcionamiento del corazón, los músculos y el sistema nervioso. La tiamina es una vitamina hidrosoluble que no se almacena en el cuerpo y debe ser proporcionado diariamente (Karapinar *et al.*, 2008).

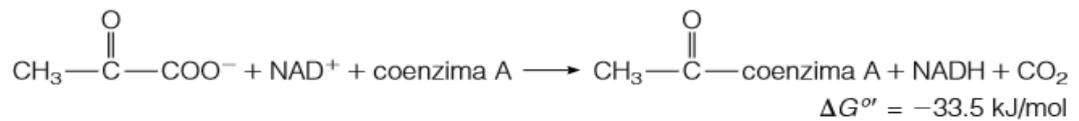
Los ésteres de tiamina más importantes son tiamina monofosfato, que se hidroliza para formar pirofosfato de tiamina (TPP), la forma coenzima activa de tiamina. (Sherry *et al.*, 2006). Cataliza reacciones de descarboxilación oxidativa de los α -ceto ácidos, jugando un papel importante en la generación de energía, transfiere átomos de carbono y NADPH para la síntesis de nucleótidos y ácidos grasos (Tanphaichitr, 2001; Kohlmeier 2013).

El difosfato de tiamina es la coenzima el complejo piruvato deshidrogenasa en donde el piruvato procedente de la oxidación de los hidratos de carbono es tan sólo uno de los principales suministradores de acetil-CoA para la oxidación en el ciclo del ácido cítrico, su función esencial en el metabolismo es generar energía (Mathews *et al.*, 2002, Murray *et al.*, 2013).

La oxidación del piruvato hacia acetil-CoA, es una ruta irreversible desde la glucólisis hacia el ciclo del ácido cítrico, ocurre dentro de la membrana mitocondrial interna en el complejo de piruvato deshidrogenasa. Consta de tres enzimas compuestas por varias cadenas polipeptídicas y los sustratos pasan desde una enzima hacia la siguiente (Murray *et al.*, 2013).

La descarboxilación del piruvato forma un derivado hidroxietilo que se une al anillo tiazol de la enzima tiamina difosfato, a su vez, reacciona con lipoamida oxidada, en el grupo prostético de la dihidrolipoil transacetilasa, para formar acetil lipoamida. La acetil lipoamida reacciona con la coenzima A para formar acetil-CoA y lipoamida reducida. La reacción se completa cuando la lipoamida reducida se vuelve a oxidar mediante una flavoproteína en la enzima dihidrolipoil deshidrogenasa, que contiene FAD. Por último, la flavoproteína reducida se oxida mediante NAD⁺ que, a su vez, transfiere equivalentes reductores a la cadena respiratoria (Murray *et al.*, 2013).

En la reacción global, el grupo carboxilo del piruvato se pierde como CO₂, mientras que los dos carbonos restantes forman la porción acetilo de la acetil-CoA. La reacción es (Mathews *et al.*, 2002):



Las tres enzimas individuales que intervienen son: piruvato deshidrogenasa (PD), dihidrolipoil transacetilasa (DT) y dihidrolipoil deshidrogenasa (DD), junto con cinco coenzimas: Pirofosfato de tiamina, ácido lipoico, FADH₂ (forma reducida del FAD, nucleótido de flavina y adenina), NADH (Forma reducida del NAD⁺, dinucleótido de nicotinamida y adenina) y Coenzima A (Mathews *et al.*, 2002, Murray *et al.*, 2013).

El complejo contiene 24 cadenas polipeptídicas de PD, 24 cadenas de DT y 12 cadenas de DD. A la enzima PD está unida la coenzima pirofosfato tiamina (TPP), DT contiene ácido lipoico fuertemente unido, y DD contiene el dinucleótido de flavina y adenina (FAD) (Mathews *et al.*, 2002).

El TPP contiene dos anillos heterocíclicos (figura 2): una pirimidina sustituida y un tiazol, ambos anillos participan en la formación de un carbanión. Este carbanión (a), que a su vez puede atacar al carbono carbonílico de los α-cetoácidos, como el piruvato, dando un compuesto de adición (b). El compuesto de adición experimenta una descarboxilación no oxidativa (c), en la que el anillo de tiazol actúa como sumidero de electrones al formar una eneamina estabilizada. La protonación (d) da lugar a un acetaldehído activo hidroxietil-TPP (Mathews *et al.*, 2002).

En la reacción de la piruvato deshidrogenasa, el fragmento activado de dos carbonos se oxida simultáneamente y se transfiere a la enzima DT (Mathews *et al.*, 2002).

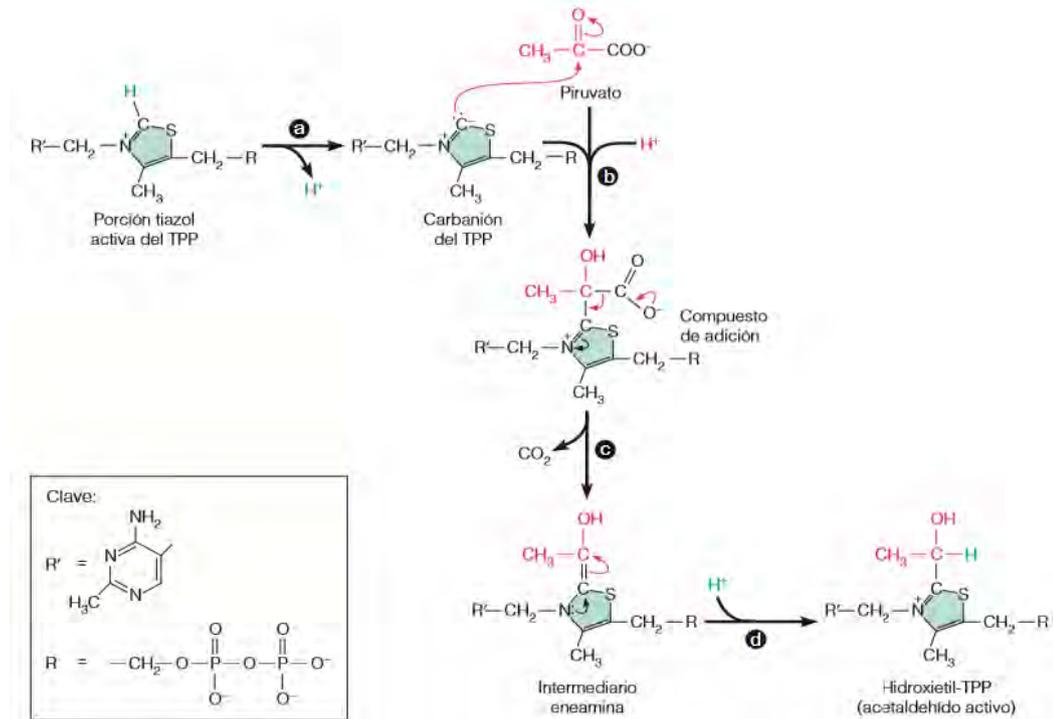
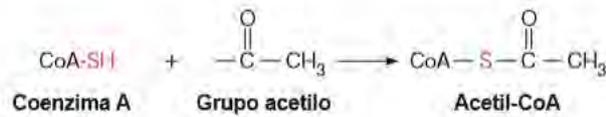


Figura 2. Pirofosfato de tiamina en la reacción piruvato deshidrogenasa. La reacción de la porción activa del anillo de tiazol hacia el hidroxietil TPP acetaldehído activo (Mathews *et al.*, 2002).

El siguiente aceptor del aldehído generado por el TPP es el ácido lipoico. La coenzima se une a su apoenzima a través de un enlace amida que liga el grupo carboxilo del ácido lipoico a un grupo ϵ -amino de lisina, ahora la especie reactiva es una amida, denominada lipoamida (Mathews *et al.*, 2002).

La transferencia de la porción aldehído activa desde el TPP al azufre del carbono 6 de la lipoamida comporta la oxidación simultánea del aldehído, acoplada a la reducción del disulfuro (figura 3). Ello genera un grupo acilo que, en la enzima dihidrolipoil transacetilasa, se transfiere a un segundo brazo de lipoamida que oscila y coloca en la situación adecuada para la transferencia a la CoA-SH. Se transfiere posteriormente a la coenzima A. Así pues, la lipoamida es a la vez un transportador electrónico y un transportador de grupos acilo (Mathews *et al.*, 2002).

La coenzima A participa en la activación del grupo acetilo procedente del piruvato, la estabilización implica un solapamiento de electrones, dando un carácter de doble enlace parcial al enlace C-O. De esta manera el grupo acetilo se transfiere a la CoA-SH, produciendo acetil-CoA (Mathews *et al.*, 2002).



A continuación DD oxida el brazo de oscilación de la lipoamida reducida mediante la transferencia de dos hidrógenos al FAD, finalmente La flavina reducida (FADH₂) se oxida por el NAD⁺ para regenerar la especie disulfuro de la lipoamida para que este vuelva a su forma original y pueda transportar otra molécula de acetilo (Mathews *et al.*, 2002).

En la enzima DT se necesitan al menos dos cadenas flexibles de ácido lipoico de ocho carbonos unidas con un residuo de lisina de seis carbonos, estos dos brazos pueden desplazarse entre las enzimas de PD y DD situadas a una distancia de hasta 5.6 nm (Mathews *et al.*, 2002). El primer brazo acepta el fragmento de dos carbonos procedente de PD y lo transfiere luego en forma de grupo acetilo al segundo brazo. De ahí se transfiere directamente a la coenzima A. El brazo de lipoamida reducido con dos grupos tioles se reoxida luego al disulfuro cíclico por DD (Mathews *et al.*, 2002, King 2017).

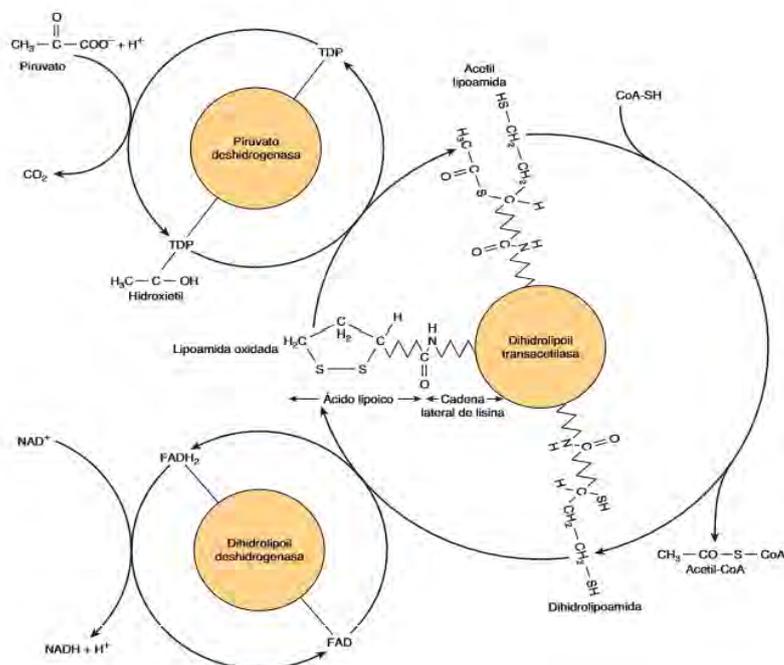


Figura 3. Esquema general de la descarboxilación del complejo piruvato deshidrogenasa. El ácido lipoico es unido por un enlace amida a un residuo de lisina de DT formando un brazo flexible que rota entre los sitios de cada una de las cinco

enzimas del complejo (Mathews *et al.*, 2002).

3. Materiales y métodos

3.1. Localización del experimento

El experimento se realizó en el Módulo de Producción Ovina, del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (CEIEGT) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, que cuenta con 30 ha, ubicadas sobre la carretera federal 129 México-Nautla, en el km 5.5 del tramo Martínez de la Torre a Tlapacoyan, en el Estado de Veracruz. Sus coordenadas geográficas son 20° 02' 34" de lat. N y 97° 06' 16" de longitud O. Su altitud varía entre 109 y 118 msnm.

3.2. Clima y suelo

El clima de esta zona es cálido y húmedo con una temperatura y precipitación media anual de 23.5°C y 1991 mm, respectivamente. En términos agroecológicos la vegetación original fue un bosque sub-tropical semi-siempre verde estacional, localizado en una zona de transición climática, entre la zona costera sub-húmeda al este y la zona húmeda hacia la Sierra Madre Oriental, al oeste.

3.3. Animales experimentales

Se utilizaron 40 ovejas adultas múltiparas en el último tercio de gestación confirmadas por el método de ultrasonografía con un equipo Aloka SSD 500 con un transductor sectorial de 3.5 MHZ; su un peso promedio fue de 43.57 kg de peso vivo (PV, kg) inicial y una edad promedio de 2.7 años, seleccionadas del rebaño general del Módulo, las cuales estuvieron en pastoreo común y continuo en una pradera de 5.28 ha, cuyos componentes botánicos principales fueron las gramíneas estrella (*Cynodon nlemfuensis*), insurgente (*Brachiaria brizantha*) y yacaré (*Brachiaria* híbrido cv CIAT br02/1752); el área de pastoreo contó con una galera para que los animales tuviesen libre accesos a sombra, agua y sales minerales.

Las ovejas se llevaron a la galera a ingerir los suplementos en comederos individuales de acuerdo a la rutina de alimentación descrita más adelante, o bien, al corral de manejo para ser pesadas cada treinta días.

Al momento del parto se pesaron tanto ovejas como corderos. A estos últimos se desinfectó el ombligo, se pesaron y se identificaron. Se mantuvieron con la hembra desde el parto a hasta el destete, siendo movilizados a la galera o corral de manejo cada quince días para su pesaje.

3.4. Alimentos utilizados

Los suplementos de las ovejas fueron el bagazo de cítricos húmedo (BC) resultante del procesamiento de la extracción de jugo, y concentrado comercial (CS). El primero, fue donado por la empresa Citrex[®] ubicada cerca de la región y el concentrado Malta Cleyton[®] fue adquirido en el mercado nacional con las siguientes características: 16% de proteína, 3% de grasa, 12% humedad, 10% ceniza, 9% fibra y 50% extracto libre de nitrógeno. De los requerimientos diarios de materia seca (NRC, 1985), el bagazo de cítrico fresco cubrió el 25%, el concentrado un 30% y el resto el pasto consumido en pastoreo.

Los animales de todos los tratamientos, formaron parte de un sistema semi estabulado. Estuvieron en libre pastoreo (PT) mientras que proporcionaron el concentrado (mezclado con el PFT) y luego la cascarilla en comederos individuales alrededor de las 9:00 A. M. con un tiempo aproximado de 20min para la complementación, separando a los animales por grupo experimental para facilitar las medición de la diferencia entre el alimento ofrecido menos el rechazado. Al término de la complementación las ovejas regresaron al potrero con acceso a agua *ad libitum* y una pre mezcla de sales minerales a razón de 5 g por animal por día.

La alimentación de los corderos fue basada en la leche producida por las madres y se complementó con un alimento de tipo comercial. El alimento iniciador contenía 20% de PC y fue suministrado en un corral de “creep-feeding”, al cual solo los corderos tuvieron libre acceso.

El manejo de los animales fue el más apropiado de acuerdo al SICUAE; reuniendo los requisitos que marcan las normas para el cuidado y uso de los animales en experimentación de acuerdo al número de protocolo MC-2017/2-18.

3.5. Tratamientos

Se aplicaron cuatro tratamientos en un arreglo factorial 2 x 2, donde los factores fueron: periodo, 3 semanas antes del parto y en la lactancia de 70 días; y la suplementación con pirofosfato de tiamina, sin y con. Los tratamientos quedaron de la siguiente manera:

T1: Sin adición de tiamina en ninguna periodo (Testigo).

T2: Adición de tiamina antes y después del parto.

T3: Adición de tiamina únicamente antes del parto.

T4: Adición de tiamina solo después del parto.

El pirofosfato de tiamina se dio a una dosis de 3 mg por kilogramo de alimento y fue mezclado con el concentrado comercial.



Figura 4. Ovejas en sus comederos individuales consumiendo sus suplementos.

3.6. Periodo experimental

El experimento comenzó el 26 de marzo y terminó el 6 de julio del 2017, con una duración de 13 semanas, contando con un periodo de acostumbramiento de 10 días a la dieta y al manejo en comederos individuales.

3.7. Mediciones realizadas

se determinó el peso y se estimó la CC de las ovejas mensualmente sin previa dieta de agua o comida. Se pesó a los animales con una báscula electrónica y la CC se tomó de acuerdo a la clasificación propuesta por Russel (1984).

El consumo de materia seca total (CMS, g/oveja/día) se determinó con la suma de los consumos individuales de: concentrado (CS), bagazo de cítricos (BC) y pasto (PT): $CMS = CMSCS + CMSBC + CMSPT$. Para estimar el consumo voluntario en base húmeda de los tres ingredientes de la dieta (PT, BC y CS) fue necesario estimar el consumo individual de cada uno de ellos por diferencia entre antes y después de la suplementación.

Con un solo ingrediente en la dieta, la fórmula general para estimar el CMS del ganado en pastoreo es: $CMS = PTH / (1 - (Digestibilidad/100))$, en la cual, PTH es la producción total de heces, y el denominador es la indigestibilidad del pasto. La PTH se midió por colección total, en tanto que las digestibilidades de los ingredientes se estimaron con la técnica *in situ* a 48 h de fermentación ruminal; la digestibilidad del pasto se estimó en muestras colectadas a mano imitando el pastoreo ("hand plucking").



Figura 5. Método de muestreo de “hand plucking”.

El consumo de pasto se estimó de la siguiente manera: 1) Se calculó la contribución de cada alimento a la producción total de heces (PTH), multiplicando el consumo de cada uno por su indigestibilidad *in situ* respectiva, por ejemplo:

1. $PTH_{CS} = (CMS_{CS} * (1 - (DIS_{CS}/100)))$.

La producción de heces del pasto (PTH_{PT}) se obtuvo por diferencia:

2. $PTH_{PT} = PTH - (PTH_{CS} + PTH_{BC})$.

Entonces, el CMS del pasto (CMS_{PT}) fue:

3. $CMS_{PT} = PTH_{PT}/(1 - DIS_{PT})$.

El CMS individual se expresó con base en el peso vivo (PV, kg) y el peso metabólico (PM, $kg^{0.75}$).

La colección total de heces se hizo con bolsas colectoras construidas ex profeso, en 4 ovejas por tratamiento durante la fase final del experimento, dando una semana de acostumbramiento para luego tomar muestras individuales de heces los siguientes cinco días en el periodo de colección. En esas muestras también se determinaron PC %, FDA%, FDN% Y LIG%.



Figura 6. Animal en el potrero con bolsas colectoras de heces colocadas.

Sin dieta previa, los corderos se pesaron al nacer y cada 15 días hasta el destete (70 días) para estimar el peso vivo (kg/cordero) y la ganancia diaria de peso (GDP, g/cordero/día). Se cuantificó también la tasa de mortalidad (muertos/nacidos vivos). Después de los 15 días post parto, los corderos tuvieron libre acceso al “creep feeding” con el fin de estimular las funciones ruminales.

La producción de calostro y sus contenidos de grasa, sólidos no grasos, proteína y lactosa se midieron inmediatamente después del parto y 0, 6 y 12h después y se procesaron con el analizador de leche Lactoscan MCC®.

Las muestras sanguíneas se obtuvieron de 4 ovejas por tratamiento, dos veces por semana después de los 20 días posparto, mediante punción yugular. Luego de centrifugarse se mantuvieron a -20°C hasta su análisis en el laboratorio donde se

determinó la progesterona (P₄) en µg/ml en plasma sanguíneo por medio de un ensayo por inmunoabsorción ligado a enzimas (ELISA). Se midieron además los contenidos séricos de urea y betahidroxibutirato, como indicadores del metabolismo proteico y energético, mediante colorimetría, tomando una muestra cada 2 semanas hasta terminar el experimento.

Se obtuvo una alícuota de 15% de muestra diaria de cada uno de los componentes de la dieta, haciendo una muestra semanal para cada ingrediente. Se secaron en la estufa de aire forzado a 60°C/72 h para su determinación de MS y posteriormente se procesaron con un molino Wiley obteniendo una partícula de aproximadamente 2 mm para su posterior análisis.

En los componentes de la dieta, se determinaron: proteína cruda (PC, %) de acuerdo a lo recomendado por la AOAC (1995); fibra en detergente neutro (FDN, %) y ácido (FDA, %) y lignina (LIG, %) por el método de Van Soest *et al.*, (1991) utilizando un analizador de fibras ANKOM 200[®], y digestibilidad *in situ* a 48 horas de incubación ruminal (DIS48, %) de acuerdo a McDonald y Ørskov (1979).

3.8. Mortalidad de los corderos

Las ovejas de este experimento tuvieron un 32.55% de partos simples, 65.11% partos dobles y 2.32% de partos triples, siendo un total de 73 corderos; de los cuales 47.94% fueron machos y 52.06% hembras. Se presentó un 13.84% de mortalidad, cuyas causas fueron las siguientes: Neumonía, dos; rechazo materno a la cría, tres; septicemia, dos; y accidentes, dos.

3.9. Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño experimental fue completamente al azar con la oveja como unidad experimental, con 10 ovejas por tratamiento, y un arreglo factorial de tratamientos 2 x 2, donde los factores fueron la suplementación antes del parto (sin y con) y la suplementación durante la lactancia (sin y con).

La varianza de las variables de respuesta se analizó de acuerdo al siguiente modelo lineal aditivo:

$$y_{ijkl} = \mu + A_j + D_k + (A \times D)_{jk} + P_l + (A \times P)_{jl} + (D \times P)_{kl} + (A \times D \times T)_{jkl} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

y_{ijkl} : Es la variable de respuesta medida la i -ésima oveja ($i = 1, 2, 3, \dots, 40$), que recibió la j -ésima suplementación antes del parto ($j = \text{sin y con}$), y recibió la k -ésima suplementación durante la lactancia ($k = \text{sin y con}$).

μ : Es la media general común a todas las observaciones.

A_j : Es el efecto simple de la suplementación antes del parto.

D_k : Es el efecto simple de la suplementación durante la lactancia.

$(A \times D)_{jk}$: Es la interacción entre la suplementación antes del parto por la suplementación durante la lactancia.

P_l : Es el efecto del número de pesaje o de toma de muestras (Medición repetida en la oveja – unidad experimental).

$(A \times P)_{jl}$: Es la interacción entre la suplementación antes del parto por el número de pesaje o toma de muestra.

$(D \times P)_{kl}$: Es la interacción entre la suplementación después del parto por el número de pesaje o toma de muestra.

$(A \times D \times P)_{jkl}$: Es la interacción de tercer orden.

ε_{ijkl} : Error experimental, común a todas las observaciones, supuesto independiente, normalmente distribuido, con media cero y varianza unitaria ($N, I; \mu = 0, \sigma = 1$).

El análisis estadístico se realizó con PROC MIXED (SAS, 2010; V 9.22) y se utilizó como medición repetida al número de pesaje o medición y a la oveja como el individuo o unidad experimental. El primer análisis comparó diez estructuras de covarianza: Simple; Simetría Compuesta (CS); Simetría Compuesta Heterogénea (CSH); No Estructurada (UN); Autorregresiva de Primer Orden (AR(1)); Autorregresiva con Varianzas Heterogéneas (ARH (1)); Autorregresiva con Media Móvil (ARMA (1,1)); Antedependencia (ANTE (1)), Huynh-Feldt (HF) y Toeplitz (TOEP). Los criterios de bondad de ajuste a la covarianza, fueron los estadísticos: Criterio de información de Akaike corregido para muestras finitas (AICc) y criterio de información bayesiano (BIC), para seleccionar la estructura de covarianza que presentara los valores menores. El segundo paso fue realizar el análisis de varianza empleando la estructura seleccionada, para así obtener las significancias de cada efecto del modelo, así como las pruebas de “t” para comparar medias de cuadrados mínimos.

4. Resultados

4.1 Ovejas

4.1.1 Peso vivo

El efecto de la suplementación no fue significativo ($P > 0.05$) sobre el PV de las ovejas antes o después del parto. Por el contrario, el día de pesaje al transcurrir la lactancia tuvo un efecto negativo y altamente significativo ($P < 0.0001$) sobre la misma variable (Figura 7). Las ovejas de parto doble fueron significativamente ($P \leq 0.05$) más livianas que las de parto sencillo durante la lactancia (Cuadro 1). No se encontró interacción de la suplementación*día de pesaje.

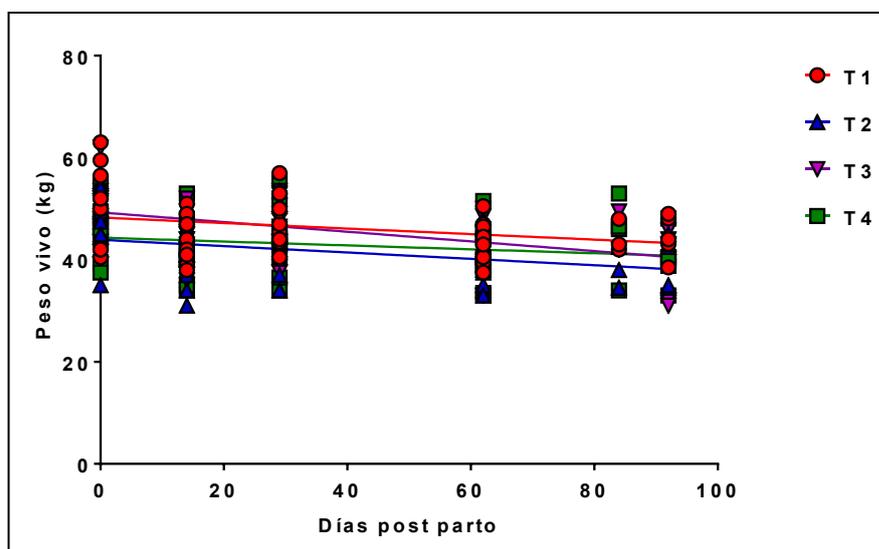


Figura 7. Regresión de peso vivo de la oveja durante el periodo experimental. P de las ovejas en kg a través del periodo experimental, donde T1: testigo; T2: con, T3 con, sin; T4: sin, con.

4.1.2. Condición corporal

El efecto de la suplementación no fue significativo ($P > 0.05$) sobre la condición corporal de las ovejas antes ni después del parto. Por otra parte, se encontró que el día de observación tuvo un efecto negativo y significativo ($P < 0.05$) sobre la condición corporal perdiendo medio punto de CC en este periodo (Cuadro 1).

No se encontró interacción de la suplementación*día de observación.

Cuadro 1. Prueba de efectos fijos tipo 3 para condición corporal de las ovejas, la cual se evaluó mensualmente.

Efecto	Grados de Libertad		Valor de F	Pr > F
	Numerador	Denominador		
Tratamiento (TRT)	3	25	0.35	0.792
Día de observación (DM)	5	95	10.28	<0.0001
TRAT*DP	15	102	0.53	0.9176
Tipo de parto (TP)	2	27.9	5.82	0.0077
Cría (CR)	1	25.8	0	0.9956

4.1.3. Volumen y calidad de calostro

Las ovejas que recibieron PFT como en las que no, hubo un ligero aumento en el volumen de calostro producido entre el parto y las doce horas posteriores a este, pero dicho aumento fue estadísticamente similar ($P > 0.05$) en ambos tratamientos.

Las ecuaciones lineales para describir la producción de calostro entre las cero y doce horas posparto fueron: Con suplementación: $y = 28.59 + 0.33*x$; y sin suplementación: $y = 38.38 + 0.3304*x$, donde y son los mililitros de calostro producidos y x las horas posparto a las que se tomó la muestra de calostro.

El Cuadro 2 muestra que con respecto a los contenidos de grasa, sólidos no grasos (SNG), proteína (P) y lactosa (L), no se observó efecto estadístico ni del tratamiento ni de las horas posparto ($P > 0.05$).

Cuadro 2. Media y error estándar de la composición del calostro por tratamientos y por hora de medición pos parto.

Tratamientos	Horas post	Componentes del calostro (%)
--------------	------------	------------------------------

	parto	Grasa	SNG	Proteína	Lactosa
T1, T4 (- Pirofosfato de tiamina)	0	7.74 ± 0.32	16.98 ± 0.49	5.78 ± 0.18	9.51 ± 0.26
	6	7.42 ± 0.33	15.92 ± 0.46	5.71 ± 0.11	9.24 ± 0.16
	12	6.95 ± 0.27	14.11 ± 0.37	5.02 ± 0.15	7.89 ± 0.20
T2, T3 (+ Pirofosfato de tiamina)	0	8.75 ± 0.33	15.17 ± 0.53	5.35 ± 0.17	8.95 ± 0.26
	6	8.36 ± 0.34	14.92 ± 0.40	5.19 ± 0.13	8.38 ± 0.21
	12	9.01 ± 0.33	12.50 ± 0.31	4.11 ± 0.12	7.11 ± 0.16

4.1.4. Metabolitos en suero sanguíneo

El efecto de la suplementación no fue significativo ($P>0.05$) sobre los valores de β -hidroxibutirato. El efecto de la semana de muestreo fue significativo ($P\leq 0.05$) sobre esta variable aumentando en la sexta semana para después disminuir en la novena semana (Cuadro 3).

Cuadro 3. Efecto del suministro de pirofosfato de tiamina 15 días pre y 70 días posparto, sobre la concentración de β -hidroxibutirato sérico (media \pm error estándar, mmol/L) a las 3, 6 y 9 semanas después del parto.

Tratamiento	Pirofosfato de tiamina ¹		β -hidroxibutirato en suero sanguíneo (mmol/L)		
	Pre parto	Post parto	3 semanas	6 semanas	9 semanas
T1	Sin	Sin	0.87 ± 0.08	1.05 ± 0.10	0.75 ± 0.13
T2	Con	Con	0.79 ± 0.07	0.84 ± 0.06	0.69 ± 0.03
T3	Con	Sin	0.77 ± 0.03	0.85 ± 0.08	0.66 ± 0.02
T4	Sin	Con	1.03 ± 0.14	1.06 ± 0.08	0.62 ± 0.04

No se encontró efecto de la suplementación ($P>0.05$) en los valores de urea sérica. Por el contrario, el efecto principal de la semana de muestreo si fue significativo ($P\leq 0.05$) (Cuadro 4).

Cuadro 4. Efecto del suministro de pirofosfato de tiamina 15 días pre y 70 días posparto, sobre la concentración de urea sérica (media \pm error estándar, mmol/L) a las 3, 6 y 9 semanas después del parto.

Tratamiento	Pirofosfato de tiamina ¹		Urea en suero sanguíneo (mmol/L)		
	Pre parto	Post parto	3 semanas	6 semanas	9 semanas
T1	Sin	Sin	12.75 ± 0.85	13.75 ± 0.48	11.75 ± 1.75

T2	Con	Con	13.00 ± 1.41	12.00 ± 0.71	12.50 ± 1.85
T3	Con	Sin	12.25 ± 2.10	13.75 ± 2.06	13.00 ± 1.22
T4	Sin	Con	16.25 ± 1.18	14.25 ± 1.38	15.75 ± 0.48

4.1.5. Actividad ovárica posparto

La Figura 9 presenta la variación de progesterona sérica de las ovejas a lo largo de la lactancia. Se puede ver que en el tratamiento 1 (testigo), todas las ovejas ovularon, mientras que en el resto de los tratamientos no lo hicieron, excepto una oveja en el tratamiento 2.

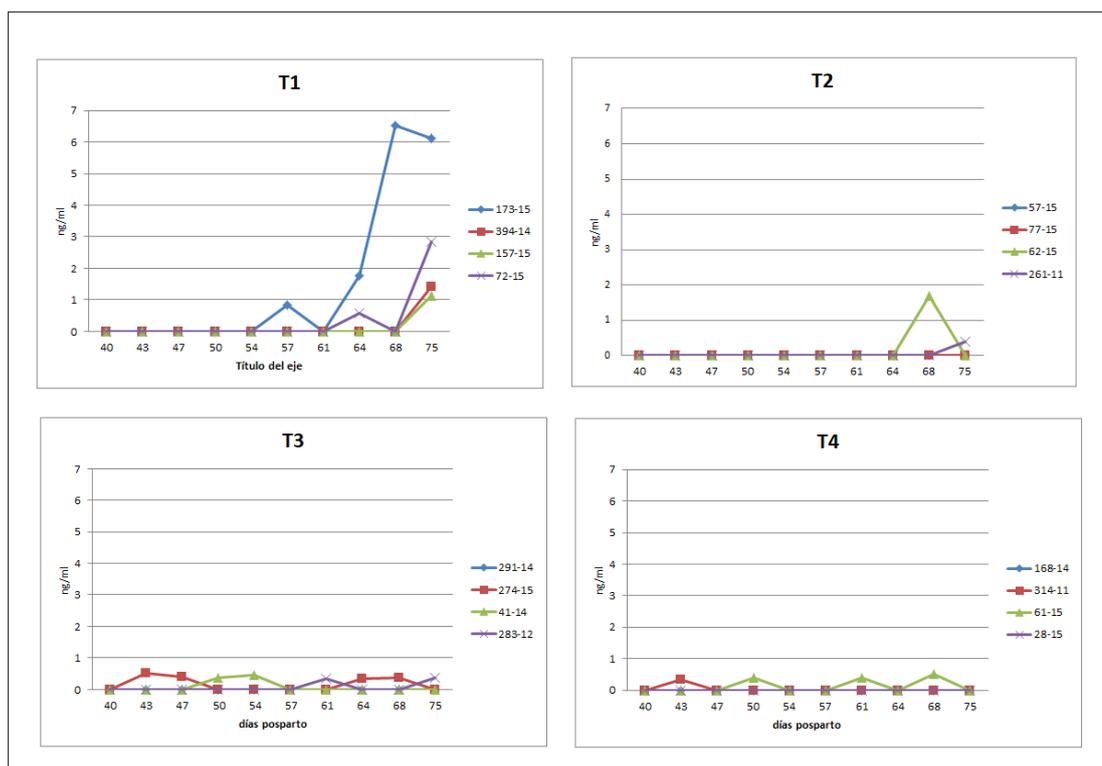


Figura 8. Valores de progesterona en (ng/ml) a partir de los 40 días posparto en los tratamientos: T1, testigo; T2, con suplementación antes y después del parto; T3 con suplementación antes del, y sin suplementación después; T4: sin suplementación antes del, y con suplementación después.

4.2 Corderos

4.2.1 Peso vivo

El Cuadro 5 muestra la ecuación de regresión entre el peso vivo y la edad del cordero, en la cual la ordenada al origen y la pendiente son estimadores del peso al nacimiento y la ganancia diaria de peso, respectivamente. El efecto del tratamiento no fue significativo ($P > 0.05$) sobre ambas variables.

Cuadro 5. Parámetros de la ecuación de regresión entre el peso vivo y la edad del cordero, en el cual la ordenada al origen (a) es un estimador del peso al nacimiento (PN, kg/cordero) y la pendiente (b) estima la ganancia diaria de peso (GDP, kg/animal/día).

Tratamiento	Pirofosfato de tiamina		Parámetros		Pr > t
	Pre parto	Post parto	a (PN, kg)	b (GDP, kg/día)	
T1	Sin	Sin	2.923	0.132	0.9385
T2	Con	Con	2.743	0.123	0.0553
T3	Con	Sin	3.072	0.139	0.0886
T4	Sin	Con	2.926	0.132	0.9179

4.2.2 Mortalidad de los corderos

En este estudio la mortalidad fue 13.84%. Ninguna de las causas de mortalidad estuvo relacionada con el uso de pirofosfato de tiamina en la alimentación de las ovejas.

4.3 Componentes de la dieta

El pasto tuvo el mayor contenido de FDN y FDA, mientras que el bagazo de cítrico tuvo el mayor contenido de LIG. El pasto y el bagazo de cítricos húmedo presentaron contenidos similares de proteína cruda (Cuadro 6).

Cuadro 6. Medias y errores estándar de los contenidos de fibra en detergente neutro (FDN, %), fibra en detergente ácido (FDA, %), lignina (LIG, %) y proteína cruda (PC, %) de los alimentos de la dieta.

Alimento	FDN	FDA	LIG	PC
Bagazo de cítricos húmedo	24.5 ± 0.3	20.7 ± 0.3	3.6 ± 0.2	5.39 ± 0.03
Concentrado	21.8 ± 0.6	7.8 ± 0.1	2.2 ± 0.0	15.09 ± 0.04
Pasto	63.8 ± 0.8	31.7 ± 0.3	3.1 ± 0.1	5.64 ± 0.13

La Figura 10 presenta los perfiles de degradación de los alimentos de la dieta, entre las cero y 72 horas de incubación en el rumen. Se observa que tanto el concentrado como el bagazo de cítricos, tuvieron un componente rápidamente degradable (a) muy similar con 36.71 % y 39.27 %, respectivamente, ambos superiores por más de diez unidades porcentuales al valor del pasto de 23.20 %. El componente b (potencialmente degradable) fue muy superior en el bagazo de cítricos (71.47 %) en comparación con los del concentrado (47.24 %) y del pasto (57.24 %). El potencial de degradación (a + b) fue de 83.95 % para el concentrado, 110.74 % para el bagazo de cítricos húmedo y 80.44 % para el pasto. El valor de a + b estimado para el bagazo de cítricos superó el 100 %, lo cual debe ser biológicamente imposible. Con respecto a la tasa de degradación (c, fracción/hora), la del concentrado (0.1154/h) fue 6.6 y 5.9 veces más rápida que la del bagazo de cítricos húmedo (0.0176/h) y del pasto (0.0194/h), respectivamente. La degradación efectiva de b, considerando tasas de pasaje de 0.04, 0.05, y 0.025 para concentrado, bagazo de cítricos húmedo y pasto, fue de 35.08 %, 18.61 % y 25.01%, respectivamente, que agregadas al valor respectivo de a, dieron una degradación efectiva total de 71.79 %, 57.88 % y 48.21 %.

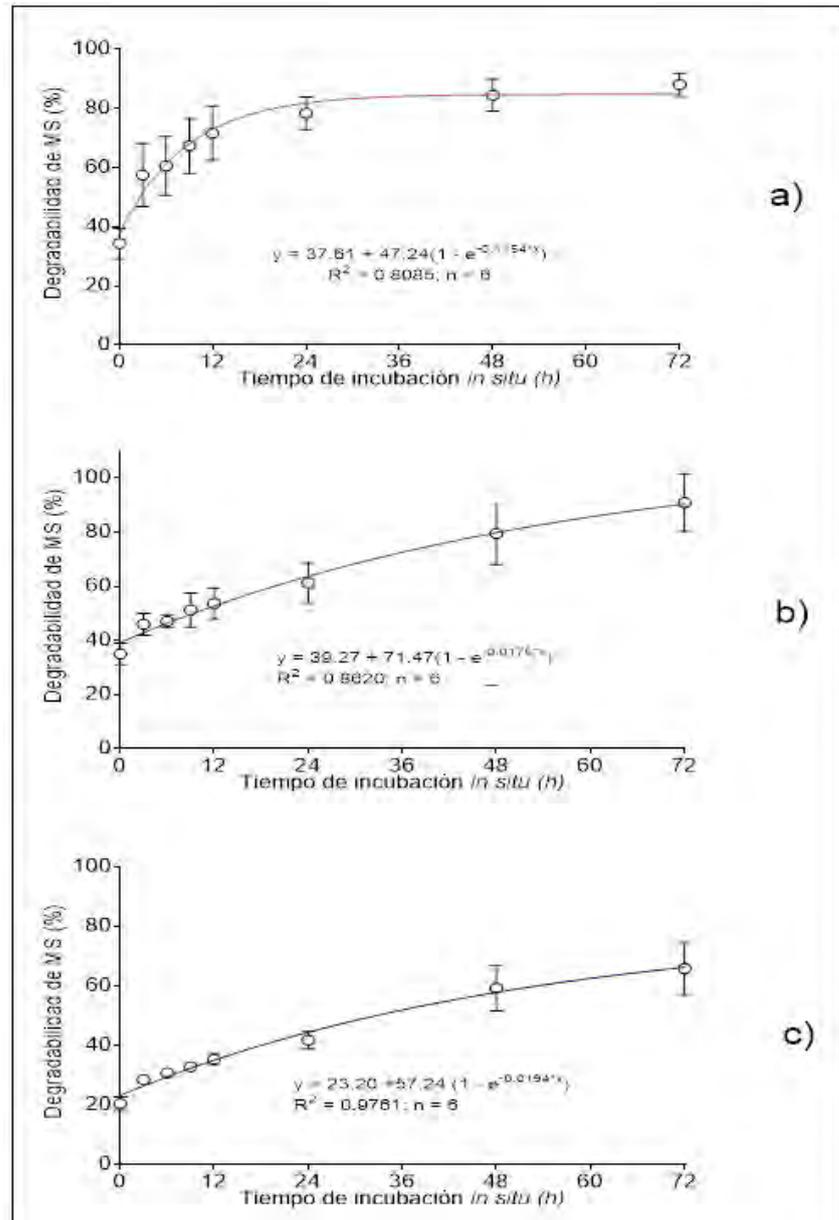


Figura 9. Curva de degradabilidad ruminal de concentrado (a), cascarilla (b) y pasto (c).

4.4 Heces

El Cuadro 7 presenta la composición química de las heces. No se encontró efecto de la suplementación con pirofosfato de tiamina ($P > 0.05$) sobre los contenidos de FDN, FDA, LIG y PC.

Cuadro 7. Medias y errores estándar de los contenidos de fibra en detergente neutro (FDN, %), fibra en detergente ácido (FDA, %), lignina (LIG, %) y proteína cruda (PC, %) de los componentes químicos de heces para cada tratamiento.

Tratamiento	Pirofosfato de tiamina		FDN	FDA	LIG	PC
	Pre parto	Post parto				
T1	Sin	Sin	52.6 ± 1.4	29.9 ± 1.3	10.2 ± 1.0	11.08 ± 0.12
T2	Con	Con	48.8 ± 2.5	28.6 ± 0.9	11.7 ± 0.6	11.25 ± 0.16
T3	Con	Sin	51.6 ± 1.0	29.4 ± 0.8	12.7 ± 3.3	11.55 ± 0.19

4.5 Consumo de los componentes de la dieta

4.5.1 Consumo por peso vivo de las ovejas

No se encontró efecto significativo ($P > 0.05$) del tratamiento sobre las variables consumo de concentrado, bagazo de cítrico, pasto y consumo total (PV), sin embargo, el efecto del día de medición es fue altamente significativo ($P < .0001$). Además, se encontró que la interacción tiempo* tratamiento fue significativa ($P \leq 0.05$) sobre el consumo de bagazo de cítricos húmedo, pasto y consumo total.

Cuadro 8. Análisis de varianza para el consumo de MS expresado en g/kg PV.

Efecto	Consumo componentes de la dieta			CMS total
	Concentrado	Bagazo de cítrico	Pasto	
	$P > F$			
Tratamiento	0.0667	0.3759	0.1210	0.1340
Día de medición	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
Tratamiento*Día	0.0623	0.0121	0.0159	0.0192

La Figura 11 presenta el comportamiento del consumo total y de los alimentos de la dieta durante las 13 mediciones realizadas con una frecuencia de una semana. En esta se observa que las diferencias en consumo entre tratamientos fueron mínimas a lo largo del tiempo.

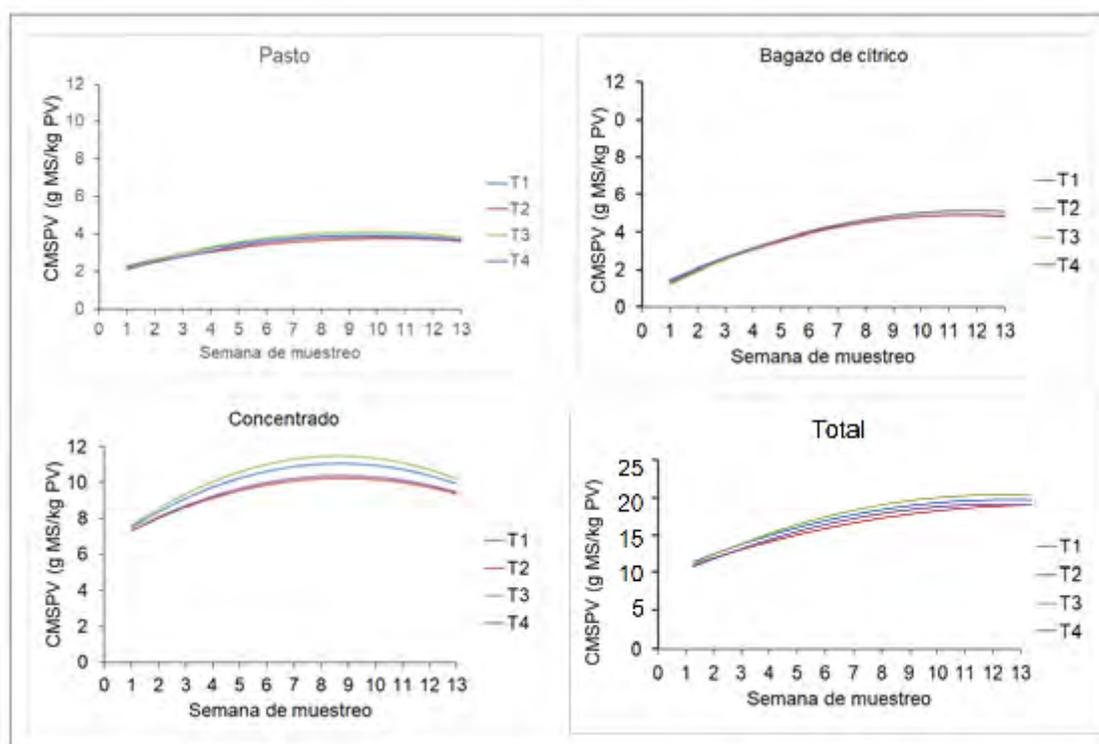


Figura 10. Consumo total de materia seca expresado en gramos por kilogramo de peso vivo, de ovejas que se no se suplementaron (T1, T3) o se suplementaron (T2, T4) con pirofosfato de tiamina durante la lactancia de 70 días.

4.5.2 consumos por peso metabólico de las ovejas

No se encontró efecto significativo ($P > 0.05$) del tratamiento sobre las variables consumo de concentrado, bagazo de cítrico, pasto y consumo total ($PV^{0.75}$), sin embargo. El efecto del día de medición fue altamente significativo ($P < .0001$). Asimismo, la interacción tratamiento*tiempo fue significativa ($P \leq 0.05$) sobre el consumo total y de los alimentos que conformaron la dieta (Cuadro 9).

Cuadro 9. Análisis de varianza para consumos de MS expresado en g MS/kg $PV^{0.75}$

Efecto	Consumo (g MS/kg $PV^{0.75}$) de:			
	Concentrado	Bagazo de cítrico	Pasto	Total
	$P > F$			
Tratamiento	0.0533	0.3303	0.1532	0.1333
Día de medición	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
Tratamiento*Día	0.0960	0.0081	0.0177	0.0209

La Figura 11 muestra el comportamiento del consumo con base al peso metabólico durante las 13 semanas de muestreo. Se observa que la respuesta es cuadrática, aunque el máximo consumo se obtuvo a diferentes días de medición.

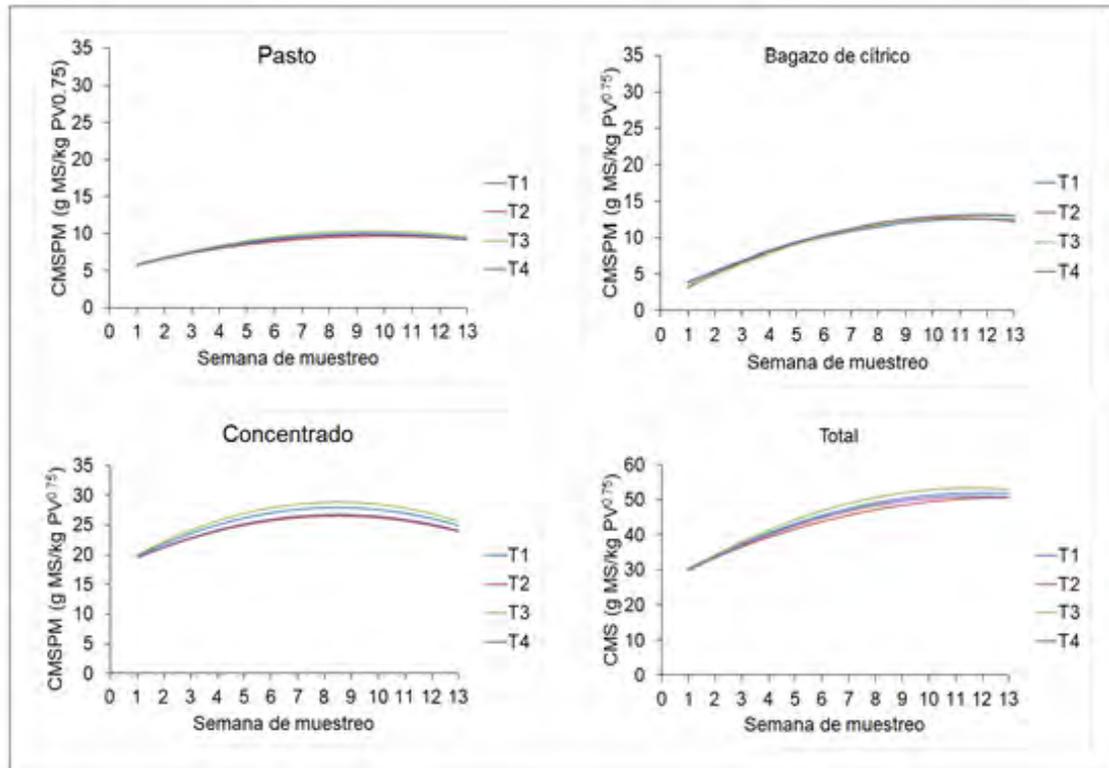


Figura 11. Consumo de materia seca en gramos por kilogramo de peso metabólico ($PV^{0.75}$), de ovejas que se no se suplementaron (T1, T3) o se suplementaron (T2, T4) con pirofosfato de tiamina durante la lactancia de 70 días.

4.5.3. Consumo PC

El Cuadro 10 muestra que el efecto del tratamiento no fue significativo ($P > 0.05$) sobre el consumo de PC, expresado este con base en peso vivo o peso metabólico. El efecto del día de la medición fue por el contrario altamente significativo ($P < .0001$), siendo a su vez la interacción tratamiento*tiempo, significativa ($P \leq 0.05$), lo que indicó que al menos un tratamiento se comportó de forma diferente a los otros, a lo largo de las mediciones del consumo durante la lactancia.

Cuadro 10. Significancia de los efectos del modelo en el análisis de varianza para consumo de PC, expresado con base en el peso vivo (g PC/kg) o con base en peso metabólico (g PC/kg^{0.75}).

Efecto del modelo	Peso vivo	Peso vivo ^{0.75}
	P > F	
Tratamiento	0.0927	0.0880
Día de medición	<.0001	<.0001
Tratamiento*Día	0.0193	0.0335

La Figura 13, muestra que la respuesta a la semana de muestreo fue cuadrática, con un consumo máximo alrededor de los 8-9 días. Asimismo muestra que cuando el consumo se expresó con base en el PV, los tratamientos sin PFT en la lactancia fueron muy similares entre sí, así como también lo fueron T2 y T4 que no recibieron el PFT. Sin embargo, los primeros fueron ligera, pero significativamente (P = 0.0193) superiores a los segundos.

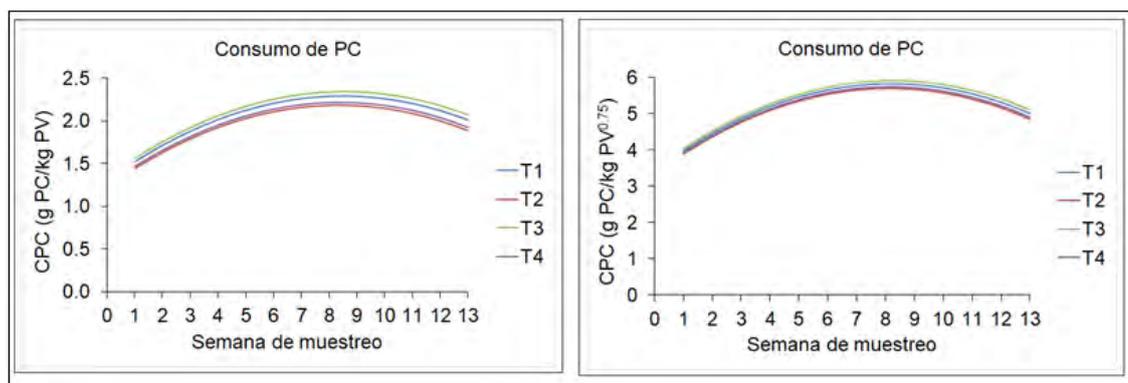


Figura 12. Consumo de proteína cruda en gramos por kilogramo de peso vivo y peso metabólico, de ovejas que se no se suplementaron (T1, T3) o se suplementaron (T2, T4) con pirofosfato de tiamina (PFT) durante la lactancia de 70 días.

5. Discusión

La hipótesis de estudio fue que la suplementación con pirofosfato de tiamina (PFT) ayudaría a regular el metabolismo de los carbohidratos, y a hacer más eficiente la generación de energía a nivel celular (Tanphaichitr, 2001; Kohlmeier 2013; Murray *et al.*, 2013) y por lo tanto, ayudaría a mantener el peso de ovejas

pelibuey durante el último tercio de gestación y la lactación, así como a mejorar la calidad de calostro y por lo tanto disminuir la tasa de mortalidad de los corderos e incrementar la ganancia de peso en los mismos. Sin embargo, no se observó ninguna mejora sobre las variables medidas al suplementar a las ovejas con PFT.

Las ovejas dependen de la tiamina (vitamina B1) producida por los microorganismos ruminales: Una microflora sana del rumen provee la cantidad de tiamina necesaria para cubrir sus necesidades (Cebra *et al.*, 2004). La síntesis ruminal de tiamina se estima en 1.5 a 3.0 mg/día en condiciones normales, mientras que el requerimiento diario para una oveja gestante de 75 kg es de 2.9 mg (Passler *et al.*, 2012). La deficiencia subclínica de tiamina puede deberse a la baja disponibilidad de pasto, forraje henificado mohoso, el estrés dietético del destete, la acidosis ruminal causada por un consumo alto en concentrados, estos factores generalmente hacen disminuir la población de bacterias productoras de tiamina (Margo *et al.*, 2002). Ciertas condiciones fisiológicas como la gestación y lactancia también pueden modificar los requerimientos de tiamina (Ramos *et al.*, 2005; Karapinar *et al.*, 2008).

Los niveles de tiamina deben ser adecuados durante la gestación pues esta vitamina puede transferirse al feto por vía placentaria y al cordero mediante la leche. Es importante considerar entonces que cualquiera alteración del rumen y su fauna puede conducir con rapidez a un estado de deficiencia. (Sherry *et al.*, 2006). Las dietas para animales en riesgo de deficiencia de tiamina se pueden complementar con tiamina oral, y aunque los niveles de suministro no están bien establecidos, se han recomendado tasas de 3 a 30 mg de tiamina por kg de alimento con acceso libre a forraje y sal mineral de buena calidad (Margo *et al.*, 2002; Passler *et al.*, 2012).

Con base en lo anterior se utilizó en este experimento la dosis baja recomendada de 3 mg por oveja por día. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas de la suplementación antes o después del parto en las diversas variables de respuesta.

En este estudio, solo las 4 ovejas utilizadas como “ventanas” del tratamiento testigo T1 y una del T2 (con PFT antes y después del parto), presentaron ovulación. Durante este periodo de muestreo comprendido de mayo a junio, sólo 16 % de ovejas presentaron estro dentro de los 71 ± 5 días posteriores al parto. Sin embargo, al finalizar el estudio, estas ovejas fueron alimentadas únicamente con pastoreo y al iniciar y transcurrir el empadre comprendido de agosto a octubre, se observó que el 96.77% de las ovejas entraron en calor, esta vez con 146 ± 34 días promedio posparto. La mayor cantidad de ovejas en estro se puede atribuir a la recuperación natural en peso y condición corporal, además que pudo haber efecto de anestro estacional y de la presencia del macho.

Arroyo (2006, 2011), menciona que el anestro estacional se caracteriza por la ausencia de ciclos estrales regulares, conducta de estro y ovulación; lo cual ocurre durante los días largos, entre febrero y agosto, cuando la duración en la secreción de melatonina es menor. Su amplitud varía con la ubicación geográfica y la raza. Así los resultados obtenidos en la presente investigación podrían atribuirse en parte a la estacionalidad, porque a pesar de que otros factores ambientales como: disponibilidad de alimento, temperatura y humedad también afectan la actividad reproductiva de los ovinos, el fotoperiodo es el factor principal que la regula (Gastelum *et al*, 2015).

En otros estudios se ha observado que la suplementación alimentaria no acelera el reinicio de la actividad ovárica posparto en ovejas pelibuey en comparación con aquellas no suplementadas paridas en la misma época del año, aun existiendo diferencias significativas en la condición corporal y en las concentraciones de algunos metabolitos sanguíneos. Sin embargo, han encontrado diferencias importantes en el intervalo del parto al reinicio de la actividad ovárica en ovejas pelibuey que parieron en diferentes épocas del año, a pesar de que se mantuvieron en estabulación y recibieron la misma cantidad y calidad de alimentos (Cerna *et al*, 2004).

Anualmente los ovinos presentan dos etapas fisiológicas bien definidas. La menor duración en la secreción de melatonina durante los días largos, permite la síntesis de dopamina e induce el anestro estacional con ausencia de ciclos estrales regulares, receptividad sexual y ovulación. Y la segunda, conocida como época reproductiva durante los días cortos (otoño-invierno), la mayor duración en la síntesis y secreción de melatonina inhibe la producción de dopamina, con el subsecuente restablecimiento de la actividad estral y la ovulación (Arroyo 2011; Arroyo *et al.*, 2006 ; Gastelum *et al.*, 2015).

De esta manera, las variaciones anuales en la duración del fotoperiodo y la síntesis y secreción de melatonina influyen en el sistema dopaminérgico, y regulan la conducta reproductiva anual de la oveja (Arroyo 2011).

Con el objetivo de determinar la conducta estral circanual de ovejas pelibuey bajo condiciones áridas del noroeste de México y con alimentación constante, Gastelum *et al.*, (2015), registraron mensualmente el porcentaje de ovejas en estro y su duración, y encontraron que el porcentaje mensual de ovejas en estro fue significativamente menor ($P < 0.05$) de enero a junio que de julio a diciembre.

Cerna *et al.* (2004) en animales mantenidos en un plano nutricional adecuado a lo largo del año, encontraron que se produjo una disminución de la actividad estral entre enero y mayo, mientras que entre agosto y diciembre, la actividad estral fue máxima. De lo cual se deduce que si existe un efecto del fotoperiodo sobre la actividad reproductiva de la oveja pelibuey.

No existe literatura que implique la suplementación con pirofosfato de tiamina en ovejas tal como se usó en el presente experimento, pero si comparaciones entre estrategias de complementación y suplementación con PFT usando la sincronización de estros para facilitar la medición de la prolificidad. Quirós (2014) evaluó dos tratamientos: 600 g de alimento concentrado por oveja/día por cinco días o Glukogen® (PFT) a razón de 10 ml por oveja/día vía oral) en la respuesta reproductiva de ovejas pelibuey sincronizadas y con más de 60 días postparto, midiendo porcentaje de gestación y prolificidad. Los porcentajes de

estro, porcentaje de gestación y prolificidad no mostraron diferencia entre tratamientos ($P>0.05$) con valores promedio de: 92 %, 45 % y 1.4 corderos/oveja, respectivamente. El PFT indujo una presentación más temprana del estro con 30 ± 5 horas en comparación con el concentrado que fue de 32 ± 6 horas.

En otro estudio, Martínez *et al.*, 2014, evaluaron el efecto de la nutrición focalizada (800 g de concentrado al día por diez días) o GLUKOGEN® (600 g de concentrado al día más 20 g de PFT, por diez días) sobre la fertilidad de ovejas pelibuey lactantes. El diagnóstico de gestación se realizó a los 45 días mediante ultrasonografía. El porcentaje de estro fue de 100 % en ambos tratamientos, las horas al estro fue de 22.5 ± 0.3 y 24.8 ± 0.3 para PFT y la nutrición focalizada respectivamente ($P<0.05$). Sin embargo, el porcentaje de gestación fue mayor ($P<0.05$) en las ovejas con nutrición focalizada, ya que el 100 % resultó gestante, mientras que las que recibieron PFT tuvieron el 60 %.

Solouma *et al* (2014) evaluaron el efecto de la vitamina B1 (tiamina) en las raciones de ovejas Sohagi sobre los componentes en sangre y el rendimiento de leche. Veinticuatro ovejas Sohagi lactantes fueron asignadas a 3 tratamientos con duración de 12 semanas recibiendo diariamente una dieta basal más 0, 20 ó 40 mg / día de tiamina. Las ovejas fueron alimentadas con tiamina dos semanas antes del parto. La dieta base consistió en heno de trébol, paja de trigo y concentrado comercial (como 1: 1: 2 en base seca). Se tomaron muestras de sangre antes del parto y mensualmente después del parto, determinando componentes sanguíneos (proteína total, albúmina, glucosa, colesterol, triglicéridos, hormona tiroidea) y producción de leche. Las ovejas alimentadas con tiamina mostraron un aumento en, albúmina, la globulina y la proteína total en comparación con el testigo. El rendimiento de la leche mejoró con el tratamiento de la tiamina con respecto al control con 115% y 145% para T20 y T40, respectivamente.

Otro estudio utilizó 240 corderos alimentados en 16 corrales, con dietas base que contenían 60% de grano seco de destilería. Los tratamientos se basaron en la cantidad de tiamina suplementaria proporcionada: Sin tiamina

suplementaria (CON), 50 mg/animal/día (LO), 100 mg/animal/día (MED), o 150 mg/animal/día (HI). Las ganancias diarias de peso disminuyeron de manera cuadrática, con los corderos que recibieron las dietas CON, LO y MED ganando más peso que los del tratamiento HI. El consumo de materia seca respondió de forma cuadrática a los niveles crecientes de tiamina, siendo los corderos del tratamiento MED los que realizaron el mayor consumo (Neville *et al.*,2010).

6. Conclusiones

La complementación con PFT no produjo resultados favorables sobre los componentes productivos de la oveja evaluados: peso y condición corporal, metabolitos sanguíneos, cantidad y calidad de calostro; tampoco se observó diferencia entre en el consumo de proteína cruda ni de materia seca total.

No se observó ningún resultado favorable de la complementación sobre los componentes productivos de los corderos: peso al nacimiento y ganancia de peso. Ninguna de las causas de mortalidad estuvo relacionada con el uso de pirofosfato de tiamina en la alimentación de las ovejas.

Aunque ciertos factores ambientales como la disponibilidad de alimento, temperatura y humedad ambiental afectan la actividad reproductiva de las ovejas, se cree que los factores que afectaron el retorno a la actividad ovárica posparto en este estudio fueron el fotoperiodo y el efecto macho.

Al observar que todas las ovejas del tratamiento testigo presentaron ovulación, mientras que solo una del tratamiento uno, se postula que el pirofosfato de timina pudiese retrasar el inicio de la actividad ovárica posparto. Aunque no se tiene claro el mecanismo del pirofosfato de tiamina involucrado con las funciones reproductivas de la oveja, Martínez *et al.* (2014) observaron que al suplementar con PFT no hubo diferencias en el porcentaje de ovejas en estro. Sin embargo, el porcentaje de gestación si fue estadísticamente diferente, en favor de las ovejas que no recibieron el PFT. En todo caso, nuestros resultados

y los reseñados en el párrafo anterior, sugieren que el PFT, a la dosis y forma suministrada en el presente trabajo, podrían alterar negativamente algunos parámetros reproductivos y no puede ser utilizado como un elemento que induzca una mayor eficiencia del uso de la energía de la dieta.

7. Referencias

1. Abd AM, Effects of parity and nutrition plane during late pregnancy on metabolic responses, colostrum production and lamb output of rahmani ewes, Egyptian J. Anim. Prod. 2013; 50(3):132 -142.
2. Althaus RL, Sosa J, Gapel C, Scaglione L, Moreyra E, Coraza M. leche y calostro de ovejas corriedale: composición química y mineral, FAVE 2001; 15 (1): 7-13.
3. AOAC, Official Methods of Analysis, 16th ed. Association of Analytical Chemists, Arlington, VA, USA, 1995.
4. Arroyo J, Camacho EM, Ávila SN, Hoffman JA, Influencia del contacto restringido hembra-cordero en la duración del anestro posparto en ovejas pelibuey. Tropical and Subtropical Agroecosystems 2011; 14: 643-648.
5. Arroyo J, Magaña SH, Camacho EM. Regulación neuroendocrina del anestro posparto en la oveja (revisión). Tropical and Subtropical Agroecosystems 2009; 10: 301 - 312.
6. Arroyo J. Estacionalidad reproductiva de la oveja en México [reproductive seasonality of sheep in Mexico]. Tropical and Subtropical Agroecosystems 2011;(14): 829-845.
7. Arroyo J. Estacionalidad reproductiva de la oveja en México: revisión. Tropical and Subtropical Agroecosystems 2011; 14: 829-845.
8. Arroyo LJ, Gallegos SJ, Villa GA, Valencia MJ. Sistemas neurales de retroalimentación durante el ciclo reproductivo anual de la oveja: una revisión. Interciencia 2006; 31 (1): 8-15.
9. Backholer K, Smith JT, Rao A, Pereira A, Iqbal J, Ogawa S, Li Q, Clarke LJ. Kisspeptin cells in the ewe brain respond to leptin and communicate with neuropeptide Y and proopiomelanocortin cells. Endocrinology 2010; 151: 2233-2243.
10. Banchemo G, Quintans G, Milton J, Lindsay D. Alimentación estratégica para mejorar la lactogénesis de la oveja al parto. Montevideo, Uruguay: INIA, 2005; 127-136.
11. Banchemo GE, Pérez CR, Bencini R, Lindsay DR, Milton JT, Martín GB. Endocrine and metabolic factors involved in the effect of nutrition on the production of colostrum in female sheep. Reprod. Nutr. Dev. 2006; 46: 447-460.
12. Banchemo GE, Quintans G, Martín GB, Lindsay DR, Milton JT. Nutrition and colostrum production in sheep, Metabolic and hormonal responses to a high-

- energy supplement in the final stages of pregnancy. *Reproduction, Fertility and Development* 2004;16(6): 633-643.
13. Banchemo GE, Milton JT, Lindsay DR, Martin GB, Quintans G. Colostrum production in ewes: a review of regulation mechanisms and of energy supply. *The animal consortium* 2015; 9(5): 831–837.
 14. Barker DJ, Eriksson JG, Forsén T, Osmond C. *Fetal origins of adult disease: strength of effects and biological basis. International Journal of Epidemiology* 2002;31(6):1235–1239.
 15. Beltrán I, Alomar D. Subnutrición en Gestación Temprana en Ovinos: Impacto de Largo Plazo en las Crías. *Agro sur* 2011; 39: 115-124.
 16. Blair HT, Van der Linden DS, Jenkinson CM, Morris ST, Mackenzie DS, Peterson SW, *et al.* Do ewe size and nutrition during pregnancy affect foetus and foetal organ weight in twins? *Livest. Sci.* 2011; 142: 99–107.
 17. Bores QR, Cantón CJ, Rojas RO, Castillo HJ, Murguía OM, Tepal Ch. Alimentación del Pie de Cría Ovino en Yucatán. México (Yuc): INIFAP, 2009.
 18. Carvajal BJR, Vargas-Muñoz JH. Efecto de la implementación de un sistema de amamantamiento restringido sobre el balance energético y desempeño reproductivo posparto en ovejas de pelo. Universidad cooperativa de Colombia facultad de medicina veterinaria y zootecnia Bucaramanga 2016.
 19. Castillo MP, Vaquera HH, Tarango AL, Pérez HP, Herrera CA, Gallegos SJ. Restablecimiento de la actividad reproductiva posparto en ovejas de pelo. *Arch. zootec.* 2013; 62 (239):419-429.
 20. Cebra CK, Cebra ML. Altered mentation caused by polioencephalomalacia, hypernatremia, and lead poisoning. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 2004; 20(2):287-302.
 21. Cerna CC, Porrás AA, Zarco QL, Valencia MJ. Efecto del fotoperiodo artificial sobre el reinicio de la actividad ovárica posparto en la oveja pelibuey. *Vet. Méx.* 2004; 35 (3): 179-185.
 22. Charismiadou MA, Bizelis JA, Rogdakis E. Metabolic changes during the perinatal period in dairy sheep in relation to level of nutrition and breed. I. Late pregnancy. *J. Anim. Phys. Anim. Nutr.* 2000; 84:61–72.
 23. Chay-Canul AJ, Ayala-Burgos AJ, Kú-Vera JC, Magaña-Monforte JG, Ferrell CL. Metabolizable energy intake and changes in body weight and body condition of pelibuey ewes fed three levels of roughage diets under tropical conditions. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 2011; 14: 777-786.
 24. Bücher BDD. Caracterización del balance metabólico energético y proteico en el período de ordeño de ovejas Latxa Cara Rubia a pastoreo (tesis de licenciatura). Valdivia, Chile: Universidad Austral De Chile, 1998.
 25. De la Paz. Ewe Nutrition During Pregnancy: Effects on the Development of Twin Fetuses. Palmerston North, New Zealand: Massey University of New Zealand 2011.

26. Everett HJ, Dodds KG. Management of maternal-offspring behavior to improve lamb survival in easy care sheep systems. *Journal of Animal Science* 2008; 86(l) 14:259-270.
27. Felice MW. Condición corporal de ovinos. Alto Valle, Argentina INTA, 2013.
28. Fowden A, Hughes P, Comline R. The Effects of Insulin on the Growth Rate of the Sheep Fetus During Late Gestation. *Quarterly Journal of Experimental Physiology* 1989; 74(5):703-14.
29. Frey A, De Caro A, Álvarez UD, Valenta M. Nutrición y alimentación de la oveja lechera, Buenos Aires, Argentina: Universidad de Buenos Aires, 2008.
30. Garzón Pérez C, Estrategias de alimentación predestete y postdestete en las hembras de reemplazo. 8º congreso internacional del borrego y la cabra. 2016.
31. Gastelum DM, Avendaño RL, Álvarez VF, Correa CA, Meza HC Mellado M, Macías CU, Conducta estral circanual en ovejas pelibuey bajo condiciones áridas del noroeste de México. *Rev Mex Cienc Pec.* 2015; 6(1):109-118.
32. HCCMPW. Feeding the ewe for lifetime production. Aberystwyth, United Kingdom: Hybu Cig Cymru Meat Promotion Wales (HCCMPW), 2010.
33. Herrera J, Pulgarón P, Noda A. Comportamiento productivo de ovinos pelibuey en un sistema con bajos insumos. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 2008; 42(1): 45-49.
34. Ishmais AM, Kridli RT, Omer SA. Body Weight Change, Milk Production and Reproductive Parameters in Suckled vs. Nonsuckled Awassi Ewes. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 2004; 17(9): 1236-1240.
35. James IJ, Williams TJ. Lecture on physiology of lactation. Abeokuta, Nigeria: UNAAB, The Federal University of Agriculture, 2013.
36. James SB, Russell VA. The Pregnant Sheep as a Model for Human Pregnancy. *Theriogenology* 2007;69:55-67.
37. Karapinar T, Dabak M, Kizil O, Balikci E. Severe Thiamine Deficiency in Sheep with Acute Ruminant Lactic Acidosis T. *Journal of Veterinary Internal Medicine* 2008;22:662–665.
38. Kenyon PR, Blair HT. Foetal programming in sheep – Effects on production. *Small Ruminant Research* 2014; 118 (1): 16 – 30.
39. King WM. themedicalbiochemistrypage.org [homepage on the Internet]. LLC.; c1996-2017 [updated 2017 jul 26; cited 2017 sep 2]. Available from:<https://themedicalbiochemistrypage.org/>
40. Kohlmeier M. *Nutrigenetics*. Elsevier Health Sciences, 2013.
41. Lérias JR, Hernández-Castellano LE, Suárez-Trujillo A, Castro N, Poulis A, Almeida AM. The mammary gland in small ruminants: Major morphological and functional events underlying milk production. *Journal of Dairy Research* 2014; 81(3):1-15.
42. Macedo R, Arredondo V, Rodríguez J, Ramírez J, López B. Efecto del sistema de producción, de la época de nacimiento y del sexo sobre la mortalidad

- neonatal de corderos pelibuey. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 2010; 12 (1): 77 – 84.
43. Mantecón AR, Giráldez FJ, Hervás G, Lavín P. *Requerimientos Nutricionales para ovinos en Reproducción*. Valdivia, Chile: Universidad Austral de Chile, 2006.
 44. Maresca S, López V S, Rodríguez A. Programación fetal: nutrición durante la gestación y efectos a largo plazo en la descendencia. *Jornada Ganadera de la Cuenca del Salado*. INTA, 2014.
 45. Margo R, Waldrige B, Cebra C, Cebra M, Belknap E, Williamson L, Pugh DG. Diseases of the Neurologic System. In: Pugh DG, Baird AN, editors. *Sheep & Goat Medicine*. 1st^{ed}. WB Saunders, 2002: 277-316.
 46. Martínez AHE, Rubio GI, Cruz LC, Castillo GE, Pérez RH, Corro MMD, Murcia MC. Efecto de tres niveles de maíz sobre producción de calostro en ovejas pelibuey y crecimiento de sus corderos lactantes. XXXIII Congreso Nacional de Buiatría; 2009 agosto; Tuxtla Gutierrez (Chiapas) México. México (DF): Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios Especialistas en Bovinos, AC, 1995.
 47. Martínez CG, Quirós RC, Gómez GA, Franco GF, Villarreal EO, Hernández HJ, Sosa MJ, Camacho RJ, Efecto de la nutrición focalizada o Glukogen® por diez días en la fertilidad de ovejas pelibuey sincronizadas y con amamantamiento, XVIII Congreso Internacional de Ovinocultura Congreso Nacional Caprino, Puebla 2014.
 48. Mathews CK, Van Holde KE. *Bioquímica*, 3^a ed. Madrid: Pearson Educación, 2002.
 49. McGovern FM, Champion FP, Sweeney T, Fair S, Lott S, Boland TM. Altering ewe nutrition in late gestation;(I) the impact on fetal and offspring performance. *J.Anim. Sci.* 2015;93(10):4860-4872.
 50. Montes de Oca de la Cruz, Piñeiro-Vázquez AT, Velázquez M, Mendoza-González A, Aguilar-Caballero AJ, Piña-Gutiérrez JM, Chay-Canul AJ. ¿Cuántos kilogramos de peso son necesarios para cambiar la condición corporal en ovejas pelibuey? *Agroproductividad* 2017;10(2): 79-81.
 51. Muñoz M, López O. Sistema GH/Prolactina y crecimiento prenatal. *Anales de la Real Academia Nacional de Farmacia* 2004; 70(1): 41-71.
 52. Murray R, Bender D, Botham K, Kennelly P, Rodwell V, Weil A. *Harper Bioquímica ilustrada*, 29^a ed. México (DF): McGraw-Hill Interamericana Editores, 2013.
 53. National Research Council Nutrient, *Nutrient Requirements of Sheep*, Sixth Edition (1985), Subcommittee on Sheep Nutrition, Committee on Animal Nutrition. Washington, D.C.
 54. Neves da Costa TJ, Marques RA, Torreão MC, Rocha BL, Gottardi FP, Jácome de Araújo M, Lúcio de Souza J, López OR. Concentrate supplementation during

- pregnancy and lactation of ewes affects the growth rate lambs from a variety of crosses. *Revista Brasileira de Zootecnia* 2014; 43(10):544-550.
55. Neville BW, Schauer CS, Karges K, Gibson ML, Thompson MM, Kirschten LA, Dyer NW, Berg PT. Effect of thiamine concentration on animal health, feedlot performance, carcass characteristics, and ruminal hydrogen sulfide concentrations in lambs fed diets based on 60% distillers dried grains plus solubles. *Journal of Animal Science* 2010; 88:2444–2455.
 56. Oliveira C, Meneguz M, Aguiar M, Barreto J. Rol Emergente del Eje GH/IGF-I en el Control Cardiometabólico. *Arq Bras Cardiol* 2011;97 :434-439.
 57. Ørskov ER, Mc Donald I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agricultural Sciences Cambridge*, 1979;92:499-503.
 58. Ortiz TM, Lara BA, Huerta BM, Miranda RL , Martínez-HP, García MJ. Comportamiento productivo y reproductivo de ovejas en un sistema silvopastoril intensivo del trópico mexicano. XLI Reunión de la Asociación Mexicana para la Producción Animal y Seguridad Alimentaria A.C. (AMPA) y VII Reunión Nacional de Sistemas Agro y Silvopastoriles, 2014 julio; Mérida (Yucatán) México.
 59. Osorio J, Suárez Y, Uribe L. Hormonas Tiroideas en Pequeños Rumiantes: Artículo de Revisión y Actualización de la Literatura. *Revista Biosalud* 2014; 13: 85-95.
 60. Osorio JH, Suarez YJ, Uribe VL. Hormonas tiroideas en pequeños rumiantes: artículo de revisión. *Biosalud* 2014; 13 (1): 85-95.
 61. Passler T, Walz P, Pugh D. Diseases of the Neurologic System. In: Pugh DG, Baird AN, editors. *Sheep & Goat Medicine*. 2nd^{ed}. Elsevier Health Sciences, 2012: 361-245.
 62. Perón N, Limas T y Fuentes J. El ovino pelibuey de Cuba revisión bibliográfica de algunas características productivas. Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO) ,1991.
 63. Perón N. Características reproductivas del ovino pelibuey en cuba. Revisión bibliográfica. *Ciencia y Tecnología Ganadera* 2010; 4(1): 1-22.
 64. Phillips K, Brian K. Improving ewe nutrition for Better Returns. Warwickshire, United Kindom: Agriculture and Horticulture Development Board, 2009.
 65. Porras AA, Zarco QL, Valencia MJ. Estacionalidad reproductiva en ovejas *Arch Med Vet* 2015; 47: 301-309.
 66. Quirós RC, Carreón LL, Franco GF, Villarreal EB, Hernández HJ, Camacho R.J.C, Nutrición estratégica o Glukogen® en la respuesta reproductiva de ovejas Pelibuey sincronizadas al estro, *Revista electrónica de Veterinaria*, 2014; 15(11): 1695-7504.
 67. Ramos JJ, Ferrer LM, García L, Fernández A, Loste A. Polioencephalomalacia in adult sheep grazing pastures with prostrate pigweed, *Can Vet J*. 2005; 46(1): 59–61.

68. Rauw W. Resource Allocation Theory Applied to Farm Animal Production. Wallingford, UK: CABI, 2008.
69. Recabarren M. Secreción de Hormona del Crecimiento (GH) o Somatotrofina. Departamento de Ciencias Pecuarias Universidad de Concepción, Chile 2005.
70. Redmer D A, Wallace JM, Reynolds LP. Effect of nutrient intake during pregnancy on fetal and placental growth and vascular development. *Domest. Anim. Endocrinol.* 2004; 27:199–217.
71. Rhind S. Effects of maternal nutrition on fetal and neonatal reproductive development and function. *Animal Reproduction* 2004; 82:169–181.
72. Ríos AU, Calderón RR, Lagunes LJ, Oliva HJ. Ganancia de peso predestete en corderos pelibuey y sus cruces con Blackbelly, Dorper y Katahdin. *Nova Scientia* 2014; 6:12.
73. Rojas RO, Rodríguez RO. Factores que modifican la prolificidad en ovejas blackbelly en clima tropical. *Tec. Pecu. Mex.* 1995; 33:3.
74. Romero YO, Bravo MS. Alimentación y nutrición en los ovinos. Perú, Lima: Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), 2017.
75. Ruiz A, Uribe V, Osorio H. Factor de Crecimiento Semejante a Insulina Tipo 1 (IGF-1) en la Reproducción de la Hembra Bovina. *Vet.Zootec* 2011; 5:68-81.
76. Russel AJ, Doney JM, Gunn RG. Subjective assessment of body fat in live sheep. *J. agri. Sci., Camb* 1969; 72: 451-454.
77. Sánchez Santana Edgar. Efecto del maíz rolado sobre ganancias de peso de ovejas y corderos, composición química del calostro y la leche de ovejas pelibuey durante la lactancia (tesis de licenciatura). DF, México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2012.
78. Sandovici I, Hoelle K, Angiolini E, Constancia M. Placental Adaptations to the Maternal–Fetal environment: Implications for Fetal Growth and Developmental Programming. *Reproductive BioMedicine Online* 2012; 25:68-89.
79. Sherry Lewis M, Ullrey ED, Barnard ED, Knapka JJ. Nutrition. In: Suckow AM, Weisbroth HS, Franklyn CL, editors. *The Laboratory Rat*. 2nd ed. California, USA: 2006.
80. Solouma GM, Kholif AM, Hamdon HA, Hend A, Aziz A, Ahlam A. Blood Components and Milk Production As Affected By Supplementing Ration With Thiamin In Ewe Sohagi Sheep. *Life Science Journal* 2014; 11(11):60-65.
81. Tanphaichitr V. Thiamine. In: Rucker RB, Suttie JW, McCormick DB, Machlin LJ, editors. *Handbook of Vitamins*. 3th ed., New York: CABI, 2001.
82. Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 1991;74:3583-3597.
83. Viñoles C, Forsberg M, Bancharo G, Rubianes E. Ovarian follicular dynamics and endocrine profiles in Polwarth ewes with high and low body condition. *Animal Science* 2002;74: 539–545.
84. Viñoles C, Forsberg M, Martin GB, Cajarville C, Repetto J, Meikle A. Short term nutritional supplementation of ewes in low body condition affects follicle development due to an increase in glucose and metabolic hormones. *Reproduction* 2005; 129: 299–309.