



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

**POSTGRADO EN RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
GANADERÍA**

ACEITE DE COCO Y SU EFECTO EN LA CONCENTRACIÓN SANGUÍNEA DE METABOLITOS LIPÍDICOS Y PROGESTERONA EN OVEJAS POSPARTO

ELIZABETH PARRAL HERRERA

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2017

CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALIAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACION

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe ELIZABETH PARRAL HERRERA, Alumno (a) de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta institución, bajo la dirección del Profesor J. RICARDO BARNECA GAMA, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis ACEITE DE COCO Y SU EFECTO EN LA CONCENTRACIÓN SANGUÍNEA DE METABOLITOS LIPÍDICOS Y PROGESTERONA EN OVEJAS POSPARTO y de los producto de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre el colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, El Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Montecillo, Mpio. de Texcoco, Edo. de México, a 11 de OCTUBRE de 2017



Firma del
Alumno (a)



Dr. J. RICARDO BARCENA GAMA
Vo. Bo. del Consejero o Director de Tesis

La presente tesis titulada: **Aceite de coco y su efecto en la concentración sanguínea de metabolitos lipídicos y progesterona en ovejas posparto** realizada por la alumna: **Elizabeth Parral Herrera** bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
GANADERÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



Dr. JOSÉ RICARDO BARCENA GAMA

ASESOR



Dr. SERGIO SEGUNDO GONZÁLEZ MUÑOZ

ASESOR



Dr. CÉSAR CORTÉZ ROMERO

Montecillo, Texcoco, Estado de México, octubre de 2017

ACEITE DE COCO Y SU EFECTO EN LA CONCENTRACIÓN SANGUÍNEA DE METABOLITOS LIPÍDICOS Y PROGESTERONA EN OVEJAS POSPARTO

Elizabeth Parral Herrera M. en C.

Colegio de Postgraduados, 2017

RESUMEN

La dieta puede modificar la concentración de metabolitos lipídicos y colesterol, el cual es el principal precursor de la síntesis de progesterona (P_4) sanguínea, esta con importancia retroactiva positiva en el hipotálamo y mantenimiento del cuerpo lúteo, en ovejas posparto. El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de un suplemento con aceite de coco en la concentración de metabolitos lipídicos, P_4 y urea en ovejas posparto. Se distribuyeron 33 ovejas encastadas de raza Suffolk x Katahdin (59 ± 0.38 kg) en tres tratamientos ($n = 11$) de acuerdo a un diseño de bloques completamente al azar. Se formuló una dieta base (DB) con una proporción forraje:concentrado de 40:60, 13.7 % de proteína cruda (PC) y 9,6 de EM kJ^{-1} . Los tratamientos fueron: T_1 : DB + 0.0 % AC; T_2 : DB + 3 % AC y T_3 : DB + 6 % AC. Las ovejas fueron adaptadas a las dietas experimentales durante 10 d. Los datos se analizaron con el procedimiento GLM y las medias de los tratamientos se compararon con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) (SAS, 2014). Las concentraciones de COL, TG, LAD y Urea se determinaron por métodos enzimáticos colorimétricos y LBD por diferencia y las concentraciones de P_4 fueron analizadas con radioinmunoanálisis en fase sólida. La concentración de colesterol y LBD (156.8 mg dL^{-1} vs 122.8 mg dL^{-1} and 113.3 mg dL^{-1} vs 77.8 mg dL^{-1} respectivamente). Las concentraciones de P_4 fue mayor ($P \leq 0.05$) en el T_2 y periodo tres (1.2 ng dL^{-1}) comparado con el T_1 (0.6 ng dL^{-1}). La suplementación de aceite de coco en dietas para ovejas posparto incrementó las concentraciones de colesterol, lipoproteínas baja densidad y las concentraciones de P_4 en suero sanguíneo de ovejas posparto.

Palabras clave: ovejas posparto, aceite de coco, colesterol, progesterona.

COCONUT OIL AND ITS EFFECT ON THE BLOOD CONCENTRATION OF LIPID METABOLITES AND PROGESTERONE IN SHEEP POSTPARTUM

Elizabeth Parral Herrera M. en C.
Colegio de Postgraduados, 2017

ABSTRACT

The diet can modify the concentration of lipid metabolites and cholesterol, which is the main precursor of the synthesis of progesterone (P₄) blood, with retroactive positive importance in the hypothalamus and maintenance of the luteum corpus, in postpartum sheep. The objective of this study was to determine the effect of coconut oil (AC) on the concentration of lipid metabolites Cholesterol (COL), Triglycerides, (TG); Low density lipoproteins (LDL), high density lipoproteins (HDL), urea and P₄ in postpartum sheep. Thirty-three Suffolk x Katahdin sheep (59 ± 0.38 kg) were distributed in three treatments (n = 11) according to a completely randomized block design. A base diet (DB) with a forage: concentrate ratio 60:40, 13.7 % crude protein (CP) and 9.6 of MS kJ⁻¹ was formulated. The treatments were: T₁: DB + 0 % AC; T₂: DB + 3 % AC and T₃: DB + 6 % AC. The ewes were adapted to the experimental diets for 10 d. The data were analyzed using the GLM procedure and the means of the treatments were compared with the Tukey test (p ≤ 0.05) (SAS, 2014). Concentrations of COL, TG, LAD and Urea were determined by enzymatic colorimetric methods and LBD by difference. The P₄ concentrations were analyzed with solid phase radioimmunoassay. Cholesterol and LDL T₃ (P ≤ 0.05) than in T₁ (156.8 mg dL⁻¹ vs 122.8 mg dL⁻¹ and 113.3 mg dL⁻¹ vs 77.8 mg dL⁻¹ respectively). Concentrations of P₄ were higher (P ≤ 0.05) in T₂ and period three (1.2 ng dL⁻¹) than in T₁ (0.6 ng dL⁻¹). Coconut oil added in to diets for postpartum sheep increased cholesterol, low density lipoprotein and P₄ concentrations in postpartum sheep serum.

Key words: postpartum sheep, coconut oil, cholesterol, progesterone.

DEDICATORIAS

Le dedico este trabajo a mi hermana Severiana †, por el apoyo que me brindaste por tanto tiempo, sé que mis logros te llenan de alegría donde te encuentres. Muchas gracias.

A mis padres Mario Parral Colon y principalmente a ti mamá Teresa Carmela Herrera Cruz por creer, confiar y apoyar sobre toda situación, sin tu apoyo no hubiese sido fácil.

A mi esposo MC. Omar por tu amor, respeto, apoyo y motivación día a día.

Mis suegros Angelina y Casimiro, a mis cuñadas Aida por el cariño y motivación, a ti Griselda por tu apoyo día a día, como olvidar lo y por supuesto tu cariño. También a mis sobrinos Atenea, Demian y Grecia les agradezco su compañía y cariño.

A mis hermanos y hermanas: Alejandro, María, Benito, Crescencio, Sergio, Fredy, Mario, Lidia, Elena, y a mis sobrinos y sobrinas, Ma. Teresa, Miguel, Esperanza, Lizbeth, Erika, Katy, Liliana, Crescencio, Maritza, Noemí, Carmela, Antonio, Alejandro, Angel, Diana, Ivan, Sergio, Cesar y Guadalupe deseo cumplan todas sus metas.

AGRADECIMIENTOS

Principalmente le agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo económico que me brindo durante el proceso de la maestría e investigación.

Al colegio de posgraduados por admitirme y permitir mi crecimiento académico y científico.

Al Dr. José Ricardo Barcena Gama por el apoyo, confianza y enseñanza que en todo momento estuvo presente. Muchas gracias.

Al Dr. Sergio S. González Muñoz por el apoyo, confianza y dedicación que mostro en cada momento. Muchas gracias.

Al Dr. Cesar Cortez Romero por sus sugerencias y dedicación en la revisión de la tesis. Muchas gracias.

A todos los doctores de ganadería por sus enseñanzas.

Al personal del área de ganadería les agradezco su atención y amabilidad.

CONTENIDO

RESUMEN	ii
ABSTRACT	iii
DEDICATORIAS	iv
AGRADECIMIENTOS	v
LISTA DE CUADROS	viii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Fisiología reproductiva de la oveja.....	3
2.2. Pubertad.....	4
2.3. Estacionalidad reproductiva.....	5
2.4. Periodo posparto.....	7
2.4.1. Endocrinología del periodo posparto.....	7
2.4.2. Factores que influyen en el periodo posparto.....	9
2.5. Principales hormonas encargadas de la actividad reproductiva.....	10
2.5.1. Hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH).....	10
2.5.2. Hormona luteinizante (LH) y folículo estimulante (FSH).....	10
2.5.3. Progesterona (P ₄).....	12
2.5.4. Estradiol (E ₂).....	13
2.6. Nutrición de rumiantes.....	14
2.6.1. Proteína en la alimentación.....	14
2.6.2. Energía en la alimentación.....	15
2.7. Ácidos grasos en la alimentación de ovinos.....	16
2.8. Uso de grasas y aceites para acortar el anestro posparto y estimular la función reproductiva en ovejas.....	18
2.9. Metabolismo de lípidos.....	19
2.9.1. Lipólisis.....	20
2.9.2. Biohidrogenación.....	20
2.10. Colesterol.....	21
2.11. Lipoproteínas de alta densidad y lipoproteínas de baja densidad.....	22
2.12. Composición del aceite de coco en la alimentación de ovinos.....	24
3. HIPÓTESIS	26
4. OBJETIVO GENERAL	27
4.1. Objetivos específicos.....	27

5. MATERIALES Y MÉTODOS	28
5.1. Localización.....	28
5.2. Animales experimentales	28
5.3. Tratamientos, alimentación de las ovejas y corderos	28
5.4. Grasa dorsal y área del músculo <i>Longissimus dorsi</i>	29
5.5. Muestras sanguíneas	29
5.6. Determinación de los metabolitos lipídicos.....	29
5.7. Determinación de la concentración de progesterona (P ₄)	29
5.8. Análisis estadístico	30
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
6.1. Peso de ovejas y corderos	31
6.2. Grasa dorsal y área del músculo <i>Longissimus dorsi</i>	33
6.3. Lipoproteínas de alta y baja densidad, colesterol, triglicéridos.....	35
6.4. Urea.....	37
6.5. Progesterona (P ₄).....	38
7. CONCLUSIÓN.....	42
8. LITERATURA CITADA.....	43

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Peso de las ovejas posparto alimentados con una dieta adicionada con aceite de coco.	32
Cuadro 2. Peso de corderos.....	32
Cuadro 3. Área del músculo <i>Longissimus dorsi</i> (mm ²) de ovejas alimentadas con diferentes niveles de aceite de coco.	35
Cuadro 4. Espesor de grasa dorsal (mm) de ovejas alimentadas con diferentes niveles de aceite de coco.	35
Cuadro 5. Concentraciones de metabolitos lipídicos y urea en suero sanguíneo (mg dL ⁻¹) de ovejas posparto alimentadas con diferentes niveles de aceite de coco.	38
Cuadro 6. Concentraciones de progesterona en suero (ng mL ⁻¹) de ovejas posparto.	41

1. INTRODUCCIÓN

La población ovina en México en el año 2014 fue 8, 575, 908 y para el 2015 de 8, 710, 781, esto representa un crecimiento del 1.55 %, y para abasto se reportaron, 114 167 t en el 2014 y en el siguiente año fue de 116 811 t, con incremento de 2.26 %, siendo los principales estados productores: el estado de México y los estados de Hidalgo, Veracruz, Oaxaca y Puebla; más, a pesar del crecimiento de ovinos para abasto, hay un déficit del 30 %, para cubrir la demanda de consumo de carne ovina (SAGARPA-SIAP 2016). Lo anterior infiere la necesidad de mejorar las prácticas de manejo, buscar estrategias y alternativas de manejo, para mejorar la productividad del hato. Ya que existen factores como: baja disponibilidad de alimento en las épocas de estiaje, deficiencias en los requerimientos en la etapa reproductiva como: proteica y principalmente energética, lo cual afecta la fertilidad de las hembras posparto. Una de las estrategias más importantes a seguir es la nutrición de las hembras después del parto, para inducir la reactivación de la función ovárica, favoreciendo la fertilidad de las hembras y, por ende la productividad del hato.

Al respecto la adición de fuentes energéticas como: aceites vegetales y grasa animal a las dietas contribuye a la síntesis hormonal (Fuston, 2004) y otros procesos metabólicos en hembras (Esminger *et al.*, 1990), también inducen un incremento en la concentración sérica de: lipoproteínas de alta (LAD) y baja densidad (LBD) y de colesterol (Herrera *et al.*, 2001), principal sustrato para síntesis de progesterona (P₄) en el cuerpo lúteo de las hembras (Bao *et al.*, 1997).

La adición de fuentes energéticas, como aceite de maíz en dietas para ovejas posparto, para cubrir hasta dos veces los requerimientos de mantenimiento, aumentaron la cantidad de folículos (O'Callaghan *et al.*, 2000) y el tamaño de los mismos (Meza *et al.*, 2013). Entre las fuentes vegetales energéticas menos evaluadas para este fin, está el aceite de coco. México ocupa el 9º lugar en el mundo como productor de copra, con una aportación de casi 203 mil t. Su alta disponibilidad y producción perene, además de tener ácidos grasos saturados de cadena media, característica que lo convierten en un subproducto importante para ser considerado como aditivo energético que favorezca las variables productivas y la

eficiencia reproductiva en ovejas. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo de investigación fue evaluar el efecto del aceite de coco en la concentración de metabolitos lipídicos y progesterona sanguínea en ovejas posparto.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Fisiología reproductiva de la oveja

El ciclo estral en la oveja oscila de 15 a 19 d (Rubianes y Ungerfeld, 1993), en promedio 17 d, con sus etapas: el crecimiento folicular consiguiente de la ovulación, desarrollo y lisis del cuerpo lúteo con una duración de 13, 14 d (Padilla *et al.*, 1988). Este proceso es regulado por mecanismos neuroendocrinos, por medio de la secreción pulsátil de las gonadotropinas; folículo estimulante (FSH) y luteinizante (LH), sintetizadas por la hipótesis anterior (Hafez, 2002); eventos regulados por el hipotálamo, la hipófisis, el folículo ovárico, el cuerpo lúteo y el útero, a través de sus secreciones.

La ciclicidad reproductiva se considera como el intervalo entre dos estros, se caracteriza por importantes cambios morfológicos y de comportamiento, interconectados a una dinámica neuroendocrina. Desde el punto biológico, el ciclo estral permite la foliculogénesis, la ovulación, la formación de un cuerpo lúteo (CL), el transporte y sobrevivencia de espermatozoides, además el contacto de los gametos femenino y masculino, así como la anidación del cigoto (Chemineau *et al.*, 1992).

El ciclo estral se divide en dos fases, folicular y lútea. La primera corresponde al proestro y estro, mientras que la segunda al metaestro y diestro, estos periodos que ocurren de manera cíclica y secuencial (Hafez y Hafez, 2002). La fase folicular comprende desde, la lisis del cuerpo lúteo hasta la ovulación, duración de 2 a 3 d y no refleja el tiempo de crecimiento de los folículos de *Graff* (Hafez y Hafez, 2002). En la fase lútea, el folículo de *Graff* ovulado se llena por un coágulo de sangre constituyendo un cuerpo hemorrágico (Niswender *et al.*, 2000). Por consiguiente, es la secuencia de eventos endócrinos regulados por el hipotálamo y su secreción de hormona liberadora de gonadotropina (GnRH), la glándula pituitaria secreta las hormonas luteinizante (LH) y foliculoestimulante (FSH), el folículo produce hormonas esteroides e inhibina, el cuerpo lúteo (CL) secreta progesterona y oxitocina, el útero es responsable de la producción de prostaglandina (PGF₂α) (Rosell, 2004).

Con cada evento en sucesión se inicia el cambio hormonal subsiguiente. La GnRH producida en el área preóptica (APO) estimula la secreción de LH procedente de la pituitaria anterior, la cual produce la ovulación del folículo ovulatorio y estimula la luteinización de las células remanentes foliculares. Cuando el CL se desarrolla, las concentraciones de progesterona se incrementan y permanecen elevadas durante la fase luteal (Rosell, 2004). Durante los días 11-13 del ciclo estral aumenta la concentración de prostaglandinas para inducir la luteólisis, y subsecuentemente las concentraciones de progesterona se reducen (Goodman, 1994).

La luteólisis marca el inicio de la fase folicular. El decremento de los niveles de P_4 conduce a un incremento en la frecuencia pulsátil de LH y a la estimulación del estradiol (E_2) secretado por el folículo ovulatorio para terminar con el estro y con el pico preovulatorio de LH (Baird *et al.*, 1983). El pico preovulatorio de LH, a su vez termina con la secreción de E_2 para inducir la ovulación y la luteinización para que pueda iniciar un nuevo ciclo estral.

2.2. Pubertad

La pubertad es el comienzo de la actividad reproductiva de la hembra y el inicio de la actividad ovárica cíclica, es asociada con la primera aparición del estro, incluye los fenómenos que preceden en forma inmediata el inicio de la actividad ovárica. (Swenson y Reece, 1999). La regulación de la pubertad es mediante una cadena de cambios endocrinos y un aumento en la frecuencia de pulsos de LH, lo cual estimula la maduración folicular y la primera ovulación (Day *et al.*, 1984). El inicio de la pubertad es importante para obtener el mayor número de partos en una oveja, por ende, es conveniente que inicie su vida reproductiva en edad temprana (Valencia y Gonzalez-Padilla, 1983).

El nacimiento hasta los 7 u 8 meses, la secreción hipotalámica de gonadotropinas es muy sensible a la inhibición por retroacción negativa por estrógenos. En este periodo, niveles bajos de estrógenos son suficientes para inhibir la síntesis y liberación de gonadotropinas. Por lo que los folículos son incapaces de desarrollarse hasta un grado notable. Sin embargo, en el séptimo u octavo mes de la

borrega, se hacen presentes dos etapas que permiten el establecimiento de los ciclos ováricos (Swenson y Reece, 1999).

En la primera etapa disminuye la sensibilidad del hipotálamo a la retroacción negativa por estrógenos. En esta etapa, aumenta la frecuencia de los pulsos de GnRH por el hipotálamo y las gonadotropinas aumentan su secreción. El aumento de la frecuencia de los pulsos de GnRH, estimula el desarrollo folicular. En la segunda etapa el aumento de la secreción de estrógenos produce una estimulación por retroacción positiva en el hipotálamo y la adenohipófisis, lo que ocasiona un incremento en las gonadotropinas, este no provoca la ovulación, pero si una producción importante de progesterona, posiblemente a partir de folículos ováricos luteinizados. La presencia de progesterona es corta y en pocos días le sigue otra oleada de LH, lo que provoca una ovulación (Swenson y Reece, 1999).

Sin embargo, existen factores importantes que regulan algunos procesos hormonales, que son esenciales para el inicio de la pubertad como es la nutrición. Por lo tanto, al evaluar el efecto de la suplementación en ovejas pre y posparto su relación sobre la tasa de crecimiento y actividad reproductiva de sus hijas durante la estación reproductiva, mostraron que el tratamiento con suplemento fue mayor la actividad reproductiva en las corderas con 92 % en comparación con el testigo con 58 %, mostraron un celo a menor edad de madres suplementadas 178 y 210 d de las hijas de madres no suplementadas (Sepúlveda *et al.*, 2000). Según Roldán *et al.* (2016) al evaluar la influencia que tienen las madres Pelibuey continuas o estacionales heredandola a las crías, con partos en otoño y otros en invierno, reportó que esta característica de la madre no afecta el inicio de la pubertad.

2.3. Estacionalidad reproductiva

La actividad reproductiva de la oveja está influenciada por el fotoperiodo, el cual afecta la actividad reproductiva. El origen de la raza es determinante para el comportamiento reproductivo estacional, por lo que las razas de origen de latitudes altas (>35°) muestran una marcada estacionalidad reproductiva y aquellas ovejas de origen mediterráneo o ecuatorial, no tienen una estacionalidad reproductiva marcada a diferencia de las razas de latitudes altas (Arroyo, 2011).

La estacionalidad es un proceso de selección natural y un mecanismo de adaptación a las condiciones ambientales, usado como estrategia para disminuir el impacto negativo del clima como: temperatura, humedad y disponibilidad de alimento (Malpaux *et al.*, 1996), por lo cual los nacimientos ocurren en la época propicia del año. Esto conduce al desarrollo de mecanismos especializados en la detección de señales ambientales que permiten determinar el momento óptimo para la reproducción (Barrell *et al.*, 1992).

El mecanismo que permite detectar la estación reproductiva a la oveja es por la secreción de melatonina, siendo secretada por la glándula pineal, de tal manera que la oveja detecta el paso de las variaciones anuales (Malpaux *et al.*, 1999; Barrell *et al.*, 2000). Sin embargo, la disminución de la calidad y cantidad de alimento durante la época de estiaje puede ampliar el intervalo entre partos y la reanudación de los ciclos estrales y, por ende, afecta la productividad del rebaño (Snyder *et al.*, 1999; Wade y Jones, 2004), una adecuada nutrición, influye en la condición corporal y promueve la foliculogénesis (Scaramuzzi *et al.*, 2006). Según Samadi *et al.* (2013) al evaluar la alimentación con pasturas subtropicales mejoradas antes y después del parto en vacas de carne, aumenta las concentraciones hormonales metabólicas y favorece la reanudación de la ovulación en hembras posparto.

Abi y Claus, (2005) al evaluar la interacción de la lactación, fotoperiodo y efecto macho en ovejas, reportaron que el fotoperiodo y la raza son los principales factores que regulan la función ovárica; a través de la hormona melatonina que tiene como función controlar la liberación de GnRH, cambiando la sensibilidad hipotalámica a los estrógenos; sin embargo, se cree que la melatonina no funciona sola en este proceso, ya que no posee receptores sobre las células liberadoras de gonadotropinas, si no que este proceso es mediado por la acción de la dopamina, un neurotransmisor encargado de aumentar el efecto inhibitorio del estradiol durante el anestro estacional (Malpaux *et al.*, 1999; Arroyo *et al.*, 2006).

2.4. Periodo posparto

2.4.1. Endocrinología del periodo posparto

Durante el posparto, la nutrición desempeña una función importante en su duración y profundidad (González *et al.*, 1987; Randel, 1990), cuando hay una falta importante de aporte de nutrientes en la dieta al final de la gestación y durante la lactancia (Wettemann, 1993; Butler y Elrod, 1995). La oveja recurre a sus reservas corporales y queda en segundo plano el reproducirse, hasta que ocurre el destete y recupera su condición corporal (Robinson *et al.*, 2002). El peso corporal, entonces, es una de las limitantes más importantes en el desarrollo de la actividad reproductiva de la oveja prepúber (Álvarez y Andrade, 2008) y de la oveja lactante (González *et al.*, 1987).

El periodo posparto en la oveja se compone de dos fases; la primera fase anestro, seguida por una fase de actividad cíclica ovárica, con uno o más ciclos lúteos sin manifestaciones externas de estro (González *et al.*, 1987). La información acerca del primer estro posparto en la oveja es variable, ya que puede presentarse entre 25 y 60 d posteriores al parto (Castillo *et al.*, 1972; Valencia *et al.*, 1975).

Después del parto, los mecanismos neuroendocrinos que inducen la ovulación se interrumpen, conduciendo al anestro posparto (Smart *et al.*, 1994). Durante el periodo posparto, existen condiciones físicas y fisiológicas que evitan la preñez. Una posible reducción en la sensibilidad de la hipófisis a GnRH, los cambios en la retroacción del estradiol al hipotálamo y la resultante disminución en la frecuencia de pulsos de LH, pueden inhibir el restablecimiento de la actividad ovulatoria cíclica después del parto (González *et al.*, 1987). También el periodo posparto está relacionado con la duración de la lactancia (Galina *et al.*, 1996), y las reservas utilizadas por la hembra para la síntesis de leche, lo cual determina la aparición del primer estro posparto.

Por lo tanto, un incremento en los niveles de concentración periférica de gonadotropinas, indican una recuperación en la función de la hipófisis (Restall y Starr, 1977). Según Crowder *et al.* (1982), los niveles de FSH se incrementan con el

tiempo después del parto. Fitzgerald y Cunningham (1981) indican que las concentraciones en plasma de FSH incrementan de manera paulatina en los primeros 5-10 d posparto, sin embargo, después fluctúa sin relación con el suceso de la ovulación, estro o estado del anestro posparto.

La concentración de opioides disminuye conforme el periodo posparto avanza y la frecuencia de amamantamiento disminuye (Custhaw *et al.*, 1992). Sin embargo, puede involucrar al sistema dopaminérgico que junto con el efecto de retroacción negativa del estradiol disminuyen la secreción pulsátil de GnRH y LH (Griffith y Williams, 1996).

Algunas investigaciones mostraron que las concentraciones sanguíneas de colesterol pueden mejorar la biosíntesis lútea de P_4 , modular la dinámica folicular y acelerar la actividad lútea en el posparto temprano (Vann *et al.*, 2002), lo que demuestra que el reinicio de la actividad ovárica posparto depende de las condiciones óptimas de varios factores metabólicos y endocrinos que se interrelacionan entre sí (Francisco *et al.*, 2003).

Hess (2003) menciona que la suplementación grasa de origen vegetal, con alta concentración de ácidos grasos poliinsaturados, contribuye en la recuperación de aspectos reproductivos específicos como el crecimiento folicular y el restablecimiento de la función lútea en el anestro posparto (Vann *et al.*, 2002), reduciendo el intervalo entre el parto y la primera ovulación, así como el número de días abiertos (Hess, 2003) mejorando el comportamiento reproductivo del ganado de carne. No obstante, a pesar de que el ovario tiene la necesidad de hormonas gonadotrópicas para la producción hormonal de P_4 , existe la hipótesis de que el ambiente metabólico dentro del folículo es mediado indirectamente por el equilibrio energético del animal, los productos de la fermentación del rumen, la secreción metabólica de hormonas y de los precursores esteroides disponibles (Wehrman *et al.*, 1991).

2.4.2. Factores que influyen en el periodo posparto

Durante el período de transición y las fases tempranas de la lactancia, las deficiencias en el consumo de energía no cubren las demandas para el crecimiento fetal, síntesis de calostro y producción láctea en ovejas. Por lo tanto, se produce un efecto negativo sobre la fertilidad y el comportamiento reproductivo (Nebel y Mcgilliard, 2000). En vacas la actividad reproductiva está asociada principalmente a la disponibilidad de energía (Funston, 2004); y en ovejas, la deficiencia repercute principalmente en el retraso de la pubertad, altera el ciclo estral, modifica la secreción de GnRH, P₄, E₂ y la frecuencia en los pulsos de LH, lo cual afecta negativamente el porcentaje de ovulación (Schneider, 2004).

En este periodo se presenta un desequilibrio energético que obliga a la hembra a realizar ajustes metabólicos, que involucra la movilización de sus reservas y cambios en las concentraciones plasmáticas de algunos metabolitos lipídicos involucrados en el proceso del restablecimiento de la actividad ovárica (Robinson *et al.*, 2002).

Se ha demostrado que el estado nutricional de la vaca al momento del parto puede modificar considerablemente la duración del anestro posparto, incrementándose el intervalo parto- primer estro, cuando el consumo de nutrientes es inadecuado y las reservas de energía corporal son reducidas (Randel, 1990). Según Butler (2000), menciona que la fertilidad se puede explicar en relación con la producción de leche, dado a los requerimientos que esta etapa demanda, la mala detección de estros por confinamiento y condición corporal al parto. La condición corporal se encuentra relacionada con los cambios metabólicos requeridos para aumentar la producción de leche, por ende, aumentando los días parto-primer estro (Staples *et al.*, 1992).

En la mayoría de los mamíferos, la lactancia suprime la actividad ovulatoria y el impacto del estímulo de amamantamiento en la fertilidad varía entre especies (McNeilly, 2001) y ovejas (Perez *et al.*, 2009). Sin embargo, el manejo del amamantamiento en rumiantes, se ha considerado una alternativa para acortar el anestro posparto (Morales *et al.*, 2004; Herrera, 2008). En trabajos realizados con

ovejas, al restringir el amamantamiento 30 min 2 veces al día, disminuye el intervalo parto primera ovulación en 57.14 %, comparado con amamantamiento continuo, 35.71 % (Morales *et al.*, 2010).

2.5. Principales hormonas encargadas de la actividad reproductiva

2.5.1. Hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH)

La GnRH está constituida por 10 aminoácidos, con un peso molecular de 1183 Da (Hafez y Hafez, 2002), es un decapeptido neuroendocrino en los mamíferos (Hawes y Conn, 1991). La síntesis se realiza en las neuronas, ubicadas en el bulbo olfatorio (Wray, 2001), después estas migran y se almacenan en la base frontal del cerebro y alrededor del área preóptica y el hipotálamo medio basal (Wray, 2002). Ésta es liberada en el sistema portal-hipotálamo-hipofisiario, y después es enviada a la adenohipófisis (Hawes y Conn, 1991). Funciona como estimulador, para la secreción pulsátil de LH. Un pulso de GnRH es secretado previamente al pico preovulatorio de LH, y, durante la fase folicular aumenta la secreción de E₂, que estimula el pico preovulatorio de la GnRH (Caraty, 2001).

Esta hormona es regulada en los cambios propios en la secreción de hormonas ováricas, con el caso de estradiol y progesterona, las cuales actúan en forma de retroacción positiva (estimulando) o negativa (inhibiendo) la secreción hormonal, sin embargo, se estima que estos procesos no son regulados directamente por estas hormonas, ya que no poseen receptores en las áreas de las células secretoras, lo indica la participación de neurotransmisores como la dopamina, ácido gama amino butírico (GABA) y los péptidos opioides endógenos (POEs) como intermediarios en la regulación de este mecanismo neurosecretor (Arroyo *et al.*, 2006).

2.5.2. Hormona luteinizante (LH) y folículo estimulante (FSH)

La hormona LH es clasificada dentro del grupo de las glicoproteínas y es secretada por la adenohipófisis, se encuentra constituida por 216 aminoácidos y su

peso molecular oscila entre los 26000 y 30000 Da, con una vida media de 30 minutos y conformada con dos subunidades, una α y otra β (McDonald, 1991).

El patrón secretor de LH es mediado por la concentración en sangre de progesterona y estradiol a través de mecanismos de retroacción (positiva o negativa) sobre las neuronas liberadoras de gonadotropinas en el hipotálamo. Esto se ha demostrado con animales ovariectomizados, puesto que estos animales al estar carentes de estas hormonas esteroideas, no pueden regular la secreción de LH, sin embargo, al administrar algún dispositivo de progesterona o estradiol, la frecuencia de los pulsos de LH regresa a su normalidad (Goodman *et al.*, 1982).

La hormona luteinizante actúa directamente sobre el folículo ovárico estimulando su desarrollo hacia la maduración, es por esta razón que la frecuencia de sus pulsos incrementa durante la fase folicular formando un pico antes de la ovulación seguido de un incremento de estradiol; dichos pulsos alcanzan una frecuencia de un pulso cada 30 minutos al momento del pico preovulatorio, el cual tiene una duración aproximada de 12 a 24 horas y una concentración que va de 30 hasta 180 ng mL⁻¹. Diferente a este comportamiento, se ha observado que la frecuencia de los pulsos por hora, lo que se le atribuye al efecto de la P₄, por ser capaz de inhibir la secreción de gonadotropinas (Caraty y Skinner, 1999).

La hormona FSH al igual que la LH es una hormona glicoproteica, secretada por la hipófisis anterior, su peso molecular es 32000 Da, con una vida media de 2 a 4 h. Su estructura consta de dos subunidades α y β , actúa directamente sobre las células de la granulosa del folículo ovárico estimulando la mitosis de éstas y la producción de estrógenos necesarios en el crecimiento y desarrollo del folículo ovulatorio (Recabarren *et al.*, 2006).

La secreción de FSH se incrementa durante el crecimiento de los folículos en cada oleada folicular mediante la acción de la activinas, proteínas presentes en el líquido folicular (Shafiee-Kermani *et al.*, 2007). Por lo tanto, existen otras proteínas como las inhibinas y folistatinas encargadas de regular la secreción de FSH, las cuales actúan como señales químicas retroalimentando de forma negativa sobre la hipófisis anterior, manteniendo el número de ovulaciones específico para cada

especie. Sin embargo, esta inhibición en FSH no altera la secreción de LH por lo que el folículo puede continuar su crecimiento hasta la ovulación (Espinoza-Villavicencio *et al.*, 2007).

2.5.3. Progesterona (P₄)

La P₄ es sintetizada novo o procedente de la circulación puede regular la transcripción de genes importantes, la unión a receptores intracelulares en las células gliales y las neuronas (McEwen, 1991). Tiene acción sobre los receptores de los canales iónicos-garce, incluyendo GABA y glicina, la P₄ también modula la comunicación interneuronal y la excitabilidad neuronal (Majewska, 1992). P₄ actúa como mediador en varias funciones y actividades del cerebro, incluyendo el deseo sexual, el comportamiento sexual y la adaptación al estrés (González Deniselle *et al.*, 2002; Schumacher *et al.*, 2004).

La función de la P₄ en el control de la reproducción implica acciones hormonales y locales; por lo tanto, los cambios en los niveles de P₄ en plasma durante el ciclo ovárico y en la síntesis local de P₄ por los astrocitos hipotalámicos (Micevych y Sinchak, 2008) participan en el control de la reproducción, modificando la actividad del eje hipotálamo-hipófisis-gónadas (Thomas., 1997), lo que facilita la primera ovulación posparto, reanudación de la condición hormonal y de la actividad ovárica después de una gestación.

El colesterol precursor para la síntesis de P₄ en el cuerpo lúteo (Bao *et al.*, 1997). También influye en el incremento de la concentración de progesterona en el plasma sanguíneo (Kuran *et al.*, 1999; Aranda *et al.*, 2002), modificando la actividad del eje hipotálamo-hipófisis-gónadas (Thomas *et al.*, 1997), por lo que facilita la primera ovulación posparto, y refleja la reanudación de la condición hormonal y de la actividad ovárica después de una gestación.

Algunas funciones fisiológicas de la P₄ es la regulación de la reproducción. Actuando sobre el hipotálamo, P₄ contribuye a regular la secreción de gonadotropinas (Banks y Freeman, 1980; Barraclough *et al.*, 1986) y amortigua la pulsatilidad de GnRH (Skinner *et al.*, 1998). Además, actuando sobre el núcleo

hipotalámico ventromedial, P₄ regula la capacidad de respuesta estral (Barfield et al., 1984). El papel de P₄ en el control de la reproducción implica ambas acciones hormonales y locales. Por lo tanto, los cambios en los niveles de P₄ en plasma durante el ciclo estral, así como cambios en la síntesis local de P₄ por los astrocitos hipotalámicos (Micevych y Sinchak, 2008) es por su marcada participación en el control de la reproducción.

2.5.4. Estradiol (E₂)

Esta hormona es el principal estrógeno producido en las células de la granulosa del folículo ovárico a partir de andrógenos generados por células de la teca interna; se considera esencial en el comportamiento sexual mostrado por la hembra durante el estro. Sin embargo, se menciona que para este proceso se necesita la presencia de P₄ para una total expresión de E₂; es por ello que alcanza una mayor concentración (21.1 pg mL⁻¹) al momento del pico preovulatorio, aunque se reportan pequeños incrementos a mitad de la fase lútea, los cuales comúnmente se relacionan con oleadas foliculares (Caraty y Skinner, 1999).

El mecanismo endocrino que regula la acción del E₂ sobre la actividad reproductiva puede ser tanto positivo como negativo. El primero se da durante la estación reproductiva en donde la reducción en la concentración de P₄ aumenta la frecuencia en pulsos de LH, estimulando la síntesis de E₂ en los folículos que se encuentran en crecimiento, este incremento de E₂ retroalimenta de forma positiva sobre el hipotálamo medio basal, específicamente sobre núcleo ventromedial generando una mayor descarga en la dupla GnRH/LH originando el pico preovulatorio y la ovulación (Wintemantel *et al.* 2006).

El efecto negativo de E₂ sobre la secreción de gonadotropinas, ocurre en el periodo de anestro estacional y se menciona que el sistema dopaminérgico del núcleo A15 en el área retroquiasmática del hipotálamo es la responsable de regular dicho efecto, aunque no se han encontrado receptores para E₂ en esta área, se sugiere que podrían existir conexiones interneuronales que regulen este proceso. Así mismo, se estima que esta hormona puede actuar a nivel pituitaria en la

inhibición de los pulsos de LH, sin embargo, aún no se encuentra bien determinado este mecanismo (Goodman *et al.*, 2000; Petersen *et al.*, 2003).

2.6. Nutrición de rumiantes

La relación de la nutrición y reproducción en rumiantes tiene funciones importantes; como, la condición corporal, el nivel de alimentación y el estado fisiológico (lactación, gestación) de las ovejas pueden influir, en la eficiencia reproductiva. Según Blache (2003), la mayoría de las especies domésticas y silvestres, en algunos estados fisiológicos, el balance de energía indiscutiblemente es el más potente regulador de la función reproductiva debido a que es una etapa demandante de energía. Estas señales actúan principalmente a nivel ovario y en menor grado en los sistemas neuroendocrinos que controlan la ovulación.

Según Salas *et al.* (2011) reportan que la cantidad de lípidos consumidos en la dieta pueden estar relacionados con cambios en el patrón de fermentación ruminal, modificación plasmática de metabolitos de lípidos, incremento en la secreción de esteroides ováricos y otras hormonas involucradas de manera indirecta en los procesos reproductivos de los animales domésticos.

El suplementar a las ovejas durante la lactancia evitará la pérdida de peso, que es un factor limitante en el restablecimiento de la ciclicidad durante el posparto, mantendrá la condición corporal (Robinson *et al.*, 2002). Una mala condición corporal incrementa el intervalo parto-primer estro (González *et al.*, 1987; Godfrey y Dodson, 2003). Es importante la alimentación durante la lactancia, sobre todo, si las ovejas van a concebir y quedar gestantes durante este periodo (Robinson *et al.*, 2002).

2.6.1. Proteína en la alimentación

La proteína en la alimentación animal es de importancia por el aporte de aminoácidos esenciales, por lo que, su calidad se encuentra determinada por el perfil y disponibilidad de estos aminoácidos además de su digestibilidad; los requerimientos en la hembra dependerán del estado fisiológico (gestación y

lactancia) y nivel de producción en que esta se encuentre (Cannas *et al.*, 1998). La inclusión de fuentes energéticas y proteicas se utiliza para lograr mejorar los aspectos productivos y reproductivos en una producción pecuaria, para mejora de la actividad reproductiva de las hembras (Armstrong *et al.*, 2001). La aportación de aminoácidos esenciales que realiza es importante porque son requeridos por los animales en diferentes etapas fisiológicas y nivel de producción (Cannas *et al.*, 1998).

Las concentraciones altas de proteínas en las dietas de las hembras, se encuentran relacionadas con disminución en la fertilidad de la hembra (Bell *et al.*, 2000). Canfield *et al.* (1990) al utilizar diferentes niveles de proteína (16 y 19 %) en la alimentación de vacas, durante 20 d después del primer servicio, reportaron que las hembras alimentadas con un alto nivel de proteína mostraron un menor porcentaje de gestación en comparación con hembras con un nivel bajo de proteína (31 vs 48 %); se atribuye que este comportamiento es debido a desordenes en el útero por acciones del nitrógeno de urea en plasma.

Rhoads *et al.* (2004) al monitorear los cambios que presenta el útero durante la infusión de urea (0.01 g urea kg⁻¹ de peso vivo) encontraron que el nitrógeno de urea en plasma, puede ejercer un efecto directo en el ambiente uterino por una disminución en el pH de 7.08 ± 0.07 a 6.88 ± 0.08 , por lo que esto afecta la motilidad y supervivencia del espermatozoide en el útero. Resultados similares muestran Ocon y Hansen (2003) durante la maduración y el desarrollo de ovocitos en diferentes medios de urea. Así mismo, el incremento en proteína está relacionado con el aumento de amoniaco en plasma, siendo tóxico no solo para la hembra, sino también para el embrión en caso de gestación (Kaur y Arora, 1995).

2.6.2. Energía en la alimentación

La energía puede ser obtenida de diversas fuentes (animal y vegetal) para la elaboración de dietas, la deficiencia de energía retrasa el inicio de la pubertad y altera el ciclo estral de la hembra, reduce el porcentaje de ovulación, modifica la secreción de GnRH, P₄, E₂ y la frecuencia en los pulsos de LH (Schneider, 2004).

En los últimos años se han desarrollado estrategias alimenticias tendientes a reducir los efectos adversos que el balance energético negativo (BEN) ejerce sobre la vaca en el posparto temprano (González y Bas, 2002; López *et al.*, 2004). Al respecto, diversas fuentes de lípidos, como el sebo animal, mezclas de grasa animal y vegetal; aceites de pescado o de semillas oleaginosas: como algodón, girasol o soya, así como grasas de sobrepaso como las grasas hidrogenadas o los jabones de calcio de ácidos grasos o triglicéridos (Funston, 2004), han sido utilizados en la dieta para incrementar su densidad energética y minimizar los efectos del BEN, prevenir desordenes metabólicos, favorecer la producción láctea, restaurar la pérdida de condición corporal (CC) y mejorar el desempeño reproductivo de la vaca (Getachew *et al.*, 2001; González y Bas, 2002; López *et al.*, 2004). Al respecto, Hess (2003) mencionan que la suplementación grasa de origen vegetal, con alta concentración de ácidos grasos poliinsaturados, contribuye en el posparto a la recuperación de aspectos reproductivos específicos como el crecimiento folicular y el restablecimiento de la función lútea (Vann *et al.*, 2002), reduciendo el intervalo entre el parto y la primera ovulación, así como el número de días abiertos (Hess, 2003) mejorando el comportamiento reproductivo del ganado de carne.

Salas-Razo *et al.* (2011) al evaluar grasa de sobrepaso en vacas posparto reportó efecto en el tratamiento con suplementación de grasa de sobrepaso en las concentraciones plasmáticas de colesterol, lipoproteínas de baja y alta densidad, esto se reflejó en el porcentaje de hembras que reiniciaron actividad ovárica donde fue afectado significativamente por el tratamiento grasa de sobrepaso con 66.67 %, a diferencia sin grasa de sobrepaso con 23.53 %. Esta respuesta entre tratamientos tal vez se debe a que se favoreció las condiciones metabólicas para desencadenar la síntesis de hormonas esteroides.

2.7. Ácidos grasos en la alimentación de ovinos

Los ácidos grasos que llegan a la superficie de las células son captados y utilizados para la producción de energía principalmente en las mitocondrias, en un proceso que está integrado íntimamente con los procesos de producción de energía a partir de otras fuentes. Los intermediarios de alto contenido energético producidos a partir de los ácidos grasos son los mismos que los obtenidos a partir de los

azúcares, es decir, nicotinamida adenina dinucleótido (NADH) y flavín adenín dinucleótido (FADH₂), y las etapas finales del proceso de oxidación son exactamente las mismas que para los glúcidos, a saber, el metabolismo del acetil CoA mediante el ciclo ácido tricarboxílico (TCA), y la producción de adenosín trifosfato ATP en el sistema de transporte electrónico mitocondrial (Lehninger *et al.*, 1993).

El grado de utilización de los ácidos grasos para la producción de energía varía considerablemente de tejido a tejido, y depende en buena medida del estado metabólico del cuerpo, esto es, si está bien nutrido o en ayunas, si está realizando ejercicio o en reposo. Por ejemplo, el tejido nervioso oxida los ácidos grasos en grado mínimo, si es que realmente llega a hacerlo, pero los músculos cardíaco y esquelético dependen enormemente de los ácidos grasos como fuente de energía principal. Durante el ayuno prolongado, la mayoría de los tejidos pueden utilizar ácidos grasos o cuerpos cetónicos para sus requerimientos energéticos (Lehninger *et al.*, 1993).

Según Marin *et al.* (2007) al evaluar el efecto de un aceite vegetal en dietas para vacas lecheras modificó la concentración de colesterol y progesterona en el reinicio de la actividad ovárica, además, la adición de aceite de palma en forma de jabones de calcio o grasa protegida en dietas para vacas posparto, causó diferencias significadas en las concentraciones de colesterol, lipoproteínas de alta y baja densidad y progesterona (Salas *et al.*, 2011).

O'Callaghan *et al.* (2000) al proporcionar 0.5, 1 y 2 veces los requerimientos de energía para mantenimiento en ovejas, observó un aumento en la cantidad de folículos >3 mm con el nivel 2, comparado con el nivel 1 y 0.5, no habiendo diferencia entre estos últimos. Además, la adición de 0, 30 o 60 g de aceite de maíz en dietas para ovejas, causó un tamaño mayor de folículos para 60 g, mientras que la calidad fue buena en 56 % de las ovejas con 60 g, 43 % con 30 g y 26 % con 0.0 g de aceite de maíz (Meza *et al.*, 2013).

2.8. Uso de grasas y aceites para acortar el anestro posparto y estimular la función reproductiva en ovejas

La adición de fuentes energéticas como (aceites vegetales) en dietas, contribuye de forma importante en la síntesis hormonal y otros procesos metabólicos en hembras (Esminger *et al.*, 1990), induce un incremento en la concentración sérica de metabolitos como: lipoproteínas de alta y baja densidad, además del colesterol (Herrera *et al.*, 2001; Salas *et al.*, 2011), principal sustrato en la síntesis de progesterona en el cuerpo lúteo de las hembras (Bao *et al.*, 1997)

Por lo que, las altas concentraciones de colesterol sanguíneo pueden mejorar la biosíntesis lútea de P₄, modular la dinámica folicular y acelerar la actividad lútea en el posparto temprano (Hawkins *et al.*, 1995; Vann *et al.*, 2002), lo cual indica que el reinicio de la actividad ovárica depende de que se presenten las condiciones óptimas de varios factores metabólicos y endocrinos que se interrelacionan entre sí (Francisco *et al.*, 2003). El desarrollo de estrategias alimenticias reduce los efectos adversos del balance energético negativo (BEN) sobre la vaca en el posparto temprano (González y Bas, 2002; López *et al.*, 2004).

La deficiencia de energía es el principal factor que influye en el retraso del inicio de la pubertad y altera el ciclo estral de la hembra, disminuyendo el porcentaje de ovulación, viéndose modificada la secreción de GnRH, P₄, E₂ y la frecuencia de FSH y LH (Schneider, 2004). Por lo tanto, al realizar una evaluación en vaquillas ovariectomizadas con implantes de estradiol y al reducir niveles de energía en la dieta se observaba bajos niveles de secreción de LH, pero al incrementar la inclusión de energía regula la secreción de LH vía E₂, lo que indica la relación en los niveles de energía y la secreción de gonadotropinas. A diferencia con McShane y Keisler (1991), donde ellos mencionan que al utilizar infusión de estradiol en corderos no influye en las concentraciones séricas de LH y FSH, indicando que la desnutrición a nivel ovario no es una limitante a diferencia de otros factores en la actividad reproductiva.

2.9. Metabolismo de lípidos

El contenido de lípidos de las dietas comunes de los rumiantes (2 a 5 %), de acuerdo con Doreau y Ferlay, (1994) al aumentar la concentración energética de la dieta, se reduce el riesgo de acidosis ruminal y la caída de la grasa láctea, o modificar los ácidos grasos absorbidos en el intestino delgado y depositados en sus productos (Demeyer y Doreau 1999).

La utilización de aceites con la cantidad de ácidos grasos de menos de diez carbonos o con uno o más enlaces dobles, tienen forma de líquidos a temperatura ambiente, y son regularmente de origen vegetal, aunque existen excepciones como los aceites marinos. Las grasas tienen ácidos grasos saturados de diez o más carbonos, son sólidas a temperatura ambiente, y son de origen animal como por ejemplo la manteca (procedente del ganado porcino) y el sebo (procedente del ganado vacuno, ovino y equino) (Martínez *et al.*, 2010).

Los ácidos grasos disponibles para la absorción en el intestino delgado de los rumiantes proceden de los alimentos y los microorganismos del rumen, y son mayoritariamente ácidos grasos saturados y no esterificados, debido a la digestión microbiana ruminal. Los ácidos grasos absorbidos que tienen menos de 12 carbonos son vertidos directamente a la vena porta y transportados al hígado unidos a la albúmina sérica; el resto son esterificados e incorporados a lipoproteínas de muy baja densidad y quilomicrones que se transportan por vía linfática hasta el torrente sanguíneo para su distribución a los tejidos (Bell, 1982).

El hígado de los rumiantes tiene menor importancia en el metabolismo lipídico que el de los no rumiantes, pero adquiere especial relevancia en situaciones de balance energético negativo en las que la alteración del metabolismo hepático de los lípidos puede provocar graves patologías. Los depósitos grasos distintos de la musculatura están constituidos casi exclusivamente por triglicéridos y son la principal reserva de energía del organismo. Por el contrario, la grasa intramuscular posee distintas proporciones de fosfolípidos y triglicéridos en función del grado de engrasamiento. Los fosfolípidos de las membranas celulares son el lugar preferente de deposición de los ácidos grasos poliinsaturados disponibles (Bell, 1982).

2.9.1. Lipólisis

La lipólisis se refiere a la liberación por hidrólisis de los ácidos grasos esterificados en los triglicéridos, glicolípidos y fosfolípidos. (Church, 1993). La transformación de los lípidos produce ácidos grasos libres a partir de lípidos complejos, y la biohidrogenación para convertir ácidos grasos insaturados a ácidos grasos saturados (Jenkis y Palmquist, 1984).

Cuando la grasa entra al rumen, el primer paso en el metabolismo de los lípidos es la hidrólisis de los enlaces ester encontrados en los triglicéridos, fosfolípidos y glucolípidos, con el objetivo de transformarlos en ácidos grasos y glicerol. La hidrólisis de los lípidos de la dieta es principalmente por bacterias y con poca participación de protozoarios, hongos y lipasas. La hidrólisis de la grasa o aceites es extracelular, y el glicerol y los azúcares son liberados para ser metabolizados por las bacterias del rumen. La hidrólisis en el rumen se realiza por la bacteria *Anaerovibrio lipolítica* la cual hidroliza triglicéridos y *Butyrivibrio fibrisolvens* hidroliza fosfolípidos y glucolípidos (Jenkins, 1993; Bauman *et al.*, 2003).

Este proceso libera los ácidos grasos y el glicerol, o la galactosa en el caso de los glicolípidos, con nula o escasa acumulación de mono o diglicéridos (Hawke y Silcock, 1970). El glicerol y la galactosa libres son rápidamente fermentados, el primero mayoritariamente a ácido propiónico mientras que el segundo lo es a ácido acético (Hobson y Mann, 1961). La principal actividad lipolítica es debida a lipasas, galactolipasas y fosfolipasas de origen mayoritariamente bacteriano, pero también protozoario (Harfoot y Hazlewood, 1988). Las lipasas vegetales son secundarias en relación a las lipasas microbianas, y la lipasa de la saliva de los rumiantes tiene baja actividad (Gooden, 1973).

2.9.2. Biohidrogenación

Este proceso tiene lugar en el rumen y los microorganismos son los responsables de este proceso. Consiste en la reducción de los enlaces dobles existentes en los ácidos grasos liberados. Dicho proceso es el resultado de la

adición de +H a los ácidos grasos insaturados. La biohidrogenación de los ácidos grasos insaturados constituyen un mecanismo importante a través del cual los microorganismos pueden disponer de +H procedente de un ambiente ruminal reducido. Si este proceso llega a su término con éxito, todos los dobles enlaces se convierten en saturados (Church, 1993). Mientras menor sea el grado de insaturación de un ácido graso, menor será el grado de biohidrogenación en el rumen (Bauman *et al.*, 2003). La biohidrogenación de los ácidos grasos insaturados es sensible al pH menor de 6 (Staples y Thatcher, 1999); sin embargo, algunos ácidos grasos insaturados escapan la biohidrogenación en el rumen para incorporarse en el tejido adiposo o en leche (Funston y Filler, 2002), mientras que la inclusión de grasa parcialmente resistente a la biohidrogenación como los ácidos grasos de cadena larga protegidos con sales de calcio tienden a incrementar la cantidad de ácidos grasos insaturados en el intestino delgado (Mattos *et al.*, 2000).

Los ácidos grasos saturados liberados no sufren modificaciones en el rumen, pero los insaturados son rápidamente hidrogenados por las bacterias. Los principales sustratos para la biohidrogenación presentes en los alimentos de los rumiantes son los ácidos linoleico y linolénico (Doreau y Ferlay, 1994).

2.10. Colesterol

Todas las hormonas esteroideas se sintetizan a partir del colesterol, cuyo núcleo gonano consta de 19 átomos de C en 4 anillos (A-D). El anillo D tiene una cadena lateral de 8 átomos de carbono. El colesterol necesario para la síntesis de las hormonas esteroideas procede de distintas fuentes. Es captado de las lipoproteínas de tipo LBD por las células glandulares que deben sintetizar las hormonas o sintetizado por esas mismas células a partir de la acetil-CoA. El colesterol excesivo es almacenado como éster de los ácidos grasos en formas de gotitas de aceite y por hidrólisis puede ser movilizado rápidamente desde esa reserva (Lehninger *et al.*, 1993).

El acetil-CoA es un metabolito intermediario tanto de azúcares como de ácidos grasos y de algunos aminoácidos, por lo que su disponibilidad tiene la importancia fisiológica del colesterol. La regulación de la biosíntesis es compleja y,

aunque no está totalmente dilucidada, parece depender tanto del propio colesterol, como de sus metabolitos intermediarios que actuarían sobre las enzimas reguladoras del proceso (Lehninger *et al.*, 1993).

El órgano donde se regula fundamentalmente la síntesis del colesterol es el hígado. Los niveles de colesterol en plasma pueden modificarse por efecto de la dieta. El colesterol de la dieta disminuye la síntesis y actividad de la 3-hidroxi-3-metilglutaril-CoA reductasa, como hemos visto, enzima clave en la primera etapa de la síntesis, que cataliza la formación de mevalonato a partir del acetil CoA. El control de la reductasa es bastante complejo y puede hacerse a distintos niveles que incluyen la transcripción de la información del ADN, la traducción del ARN o síntesis de la enzima y la degradación o pérdida de su actividad biológica. A estos niveles actúan metabolitos derivados del ácido mevalónico o del colesterol, a través de enzimas específicas que pueden reconocerlos y actuar en consecuencia. El exceso de grasas en la dieta tiene efecto sobre los niveles plasmáticos de colesterol. Mientras que las grasas saturadas lo elevan de forma importante al aumentar los niveles de acetil-CoA en el hepatocito, las grasas poliinsaturadas lo disminuyen moderadamente (Lehninger *et al.*, 1993).

2.11. Lipoproteínas de alta densidad y lipoproteínas de baja densidad

Los lípidos del plasma sanguíneo pueden provenir de la absorción intestinal de lípidos ingeridos, de la movilización de lípidos de almacenamiento en el tejido adiposo o de procesos sintéticos. La mayoría de los lípidos plasmáticos se encuentran en forma de quilomicrones y otras lipoproteínas de mayor densidad. Además, ácidos grasos no esterificados o libres se transportan como un complejo de ácido graso y albúmina. Las proporciones relativas de las distintas clases de lipoproteínas y en menor grado, la composición de las distintas clases de lipoproteínas, varían entre especies animales. Por ejemplo, la mayor parte del colesterol plasmático del ganado bovino se encuentra en las lipoproteínas de alta densidad (LAD), mientras que la mayor parte del colesterol en los humanos se encuentra en las lipoproteínas de baja densidad (LBD) (Swenson y Reece, 2008).

El transporte y el metabolismo de lipoproteínas en los rumiantes siguen mecanismos paralelos a los observados en los no rumiantes con diferencias que se reflejan en los tipos y formas de estos compuestos que llegan al sistema circulatorio. Los lípidos son transportados en forma de quilomicrones y de VLDL (lipoproteína de muy baja densidad), siendo transportados ambos por la linfa. Los lípidos aparecen también como lipoproteínas de baja densidad (LBD) y de alta densidad (LAD) o como complejos de ácidos grasos no esterificados que se asocian con la albumina en la sangre (Church, 1993)

Los ácidos grasos y los glicéridos son captados por las células y utilizados para obtener energía para sintetizar triglicéridos en puntos de los tejidos adiposo y mamario. Los quilomicrones y las lipoproteínas de muy baja densidad tienen una vida corta en los rumiantes, con vidas medias de tan sólo 2 a 11 minutos con lo que sus niveles son entre bajos y no detectables tan sólo después de cortos periodos tras su absorción y entrada en la sangre. Por el contrario, la vida media de las lipoproteínas de baja densidad es del orden de 1 a 3 horas (Palmquist y Mattos., 1978). Como consecuencia, los lípidos de la sangre reflejan estas diferencias en el metabolismo y son predominantemente LAD (70%) y LBD (20%) con el resto formado por VLDL y otras fracciones (Church, 1993).

Estudios realizados *in vitro* han demostrado que las células lúteas bovinas utilizan lipoproteínas de alta y baja densidad como fuente de colesterol y que la máxima producción de P₄ requiere la presencia de lipoproteínas circulantes (Pate y Codon 1982). Estas lipoproteínas parecen ser más importantes que el colesterol libre, ya que las células lúteas utilizan el colesterol almacenado antes que el circulante; sin embargo, la disminución prolongada del colesterol en sangre puede tener un impacto negativo sobre la síntesis de la hormona (Staples *et al.*, 1998). Al respecto, Carroll *et al.* (1992) demostraron que niveles elevados de LBD y LAD aumentaban la secreción de P₄ por parte del cuerpo lúteo en el ganado vacuno lechero, mientras que Bao *et al.* (1997) y Galvis *et al.* (2007) señalaron que además de participar en el aporte de colesterol, las lipoproteínas también participan en la estimulación directa de la secreción de IGF-I por parte de las células luteales.

En ovejas suplementadas con jabones de calcio de ácidos grasos, se observó que en el líquido folicular existe una mayor cantidad de LAD, LBD y colesterol, que pueden actuar como una reserva celular de colesterol para la síntesis de hormonas esteroideas (Kuran *et al.*, 1999). Marin *et al.*, (2007) al evaluar aceite vegetal en el reinicio de la actividad ovárica posparto no encontró diferencias significativas entre tratamientos, en las concentraciones de lipoproteínas de alta y baja densidad, sin embargo, Salas *et al.*, (2011) al evaluar grasa protegida en vacas posparto encontró diferencias significadas en las concentraciones de lipoproteínas de alta y baja densidad.

2.12. Composición del aceite de coco en la alimentación de ovinos

El aceite de coco se compone de ácidos grasos de cadena mediana, principalmente ácidos grasos saturados con aproximadamente el 90 %. En ácidos grasos, su composición media es mirístico (17 %), palmítico (9 %), esteárico (2.5 %), oleico (7 %) y linoleico (1.8 %) (Blas *et al.* 2003; Kobayashi 2010).

Se han realizado evaluaciones en rumiantes, con la inclusión del aceite de coco como agente para disminuir las bacterias metanogénicas (archaeobacterias), las cuales son encargadas de producir metano en el rumen, efecto secundario a la reducción o eliminación de los protozoarios (Machmüller, 2006). El aceite de coco tiene un perfil lipídico compuesto por ácidos grasos de cadena media, los cuales actúan sobre la membrana de los protozoarios, inmovilizándolos y facilitando su salida del rumen (Machmüller y Kreuzer, 1998).

Méndez *et al.* (2012) evaluaron el efecto del aceite de coco en la defaunación ruminal en ovinos fistulados, reporto una disminución ($P < 0.01$) del 99,9% de los protozoarios en los tratamientos con aceite de coco respecto al control, con la mayor reducción ($P < 0.01$) para la dosis superior. También Cieślak *et al.* (2006) y Jordan *et al.* (2006) al evaluar aceite de coco observaron una reducción significativa de la población de protozoarios en el rumen, al disminuir la población metanogénica, expresando el potencial como desfaunante. Además, Méndez *et al.* (2012) no reportaron producción de variación en la concentración molar de AGV en relación al control; sin embargo, la proporción del butirato se incrementó en el T₂ con valores

menores en T₃, en comparación con el control (P < 0.05). Se incrementó significativamente el propionato, sin cambios en la relación acetato:propionato dado que ocurrieron incrementos, igualmente significativos, en la proporción de acetato.

3. HIPÓTESIS

La inclusión de aceite de coco en dietas para ovejas posparto no afecta las concentraciones de metabolitos lipídicos o niveles de progesterona sanguínea en ovejas posparto.

4. OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto del aceite de coco en ovejas en la concentración de metabolitos lipídicos y progesterona sanguíneos.

4.1. Objetivos específicos

- Determinar la concentración de progesterona (P_4) en el plasma sanguíneo de ovejas posparto.

- Determinar la concentración de lipoproteínas de alta densidad y baja densidad, triglicéridos y colesterol en el plasma sanguíneo de ovejas posparto.

- Determinar la concentración de urea en el plasma sanguíneo de ovejas posparto.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Localización

Este trabajo de investigación se realizó en la granja experimental del Colegio de Postgraduados, en Montecillo, municipio de Texcoco, Estado de México, a 98° 48' 27" O y 19° 48' 23" N y una altitud de 2241 m. El clima es Cb (Wo) (w) b (i') templado semi-seco, con una precipitación media anual de 632.5 mm en el verano, y una temperatura anual de 12 a 18 °C (García, 1988).

5.2. Animales experimentales

Se utilizaron 33 ovejas encastadas de raza Suffolk x Katahdin de ocho días posparto, peso vivo promedio de 59 ± 0.38 kg, edad promedio de cinco años y de tres a cuatro partos. Las ovejas fueron asignadas a tres tratamientos ($n = 11$) teniendo cada uno siete de parto simple y cuatro de parto gemelar.

5.3. Tratamientos, alimentación de las ovejas y corderos

Se formuló una dieta base (DB) con una proporción forraje:concentrado de 60:40, 13.7 % de proteína cruda (PC) y 9,6 de EM kJ^{-1} . Los tratamientos fueron: T₁: DB + 0.0 % AC; T₂: DB + 3 % AC y T₃: DB + 6 % AC. Las ovejas fueron adaptadas a las dietas experimentales durante 10 días, (NRC, 2007). El alimento ofrecido a las ovejas fue restringido al 4.5 % de su PV, con el propósito de ofrecer una cantidad de energía proporcional de acuerdo al peso de las ovejas y poder establecer si la fuente de energía y no la cantidad de energía tenía efecto sobre las variables a determinar.

Los corderos se pesaron al nacer, antes de que ingirieran calostro y, posteriormente se estimularon para ingerir calostro. Estos permanecieron las 24 horas del día con su madre hasta los 15 días de nacidos, después se retiraban 2 horas de sus madres hasta el día 45 posparto, para que consumieran una alimentación suplementaria (Creep Feeding). La dieta contenía 18 % de PC y 10460 EM kJ^{-1} (NRC, 2007). Las hembras se pesaron al inicio, día 8 y 45 días posparto al final del experimento, para conocer la ganancia de peso por el efecto del consumo

de aceite de coco en la dieta. Los corderos se pesaron al nacimiento, y a los 20 y 45 días posparto. Esto fue para relacionar la ganancia de peso de las crías, con el cambio de peso de las madres.

5.4. Grasa dorsal y área del músculo *Longissimus dorsi*

La grasa dorsal y área de musculo se determinó con un equipo de ultrasonografía Sonovet 600 (Universal Medical System, Inc.) con un transductor de 7.5 Mhz. Para facilitar la medición del transductor las ovejas fueron rasuradas cuidadosamente en la 12ª y 13ª costilla, adicionalmente se aplicó gel a base de agua y de esta manera facilitar la medición. Los resultados fueron obtenidos en milímetros para grasa dorsal y milímetros cuadrados el área de musculo. (Delfa *et al.*, 1995).

5.5. Muestras sanguíneas

La obtención de muestras sanguíneas fue vía punción de la vena yugular, desde el día 8 al día 35 posparto cada tercer día, utilizando tubos colectores. Las muestras fueron centrifugadas en un equipo marca SIGMA 2-16PKa 693 x g por 20 min a 5 °C, después fueron congeladas a -20 °C.

5.6. Determinación de los metabolitos lipídicos

La concentración de Colesterol, LAD y TG, se determinó utilizando kits comerciales de reacción enzimática (SPINREACT, Cholesterol CHOD-POD Líquido, Ref: 41020; SPINREACT, HDL Colesterol P Reactivo precipitante, Ref: 1001095 y SPINREACT, Triglycerides GPO-POD Líquido, Ref: 41030), con lectura de absorbancia a una longitud de onda de 505 nm y con paso de luz de 1 cm. Los valores de lipoproteínas de baja densidad se estimaron por diferencia con la fórmula: $LBDc = \text{colesterol total} - LADc - (TG/5)$ (Friedewald *et al.*, 1972).

5.7. Determinación de la concentración de progesterona (P₄)

La determinación de la concentración de P₄ se llevó acabo en el laboratorio de endocrinología del departamento de reproducción animal de la FMVZ-UNAM con kit

para radioinmunoanálisis en fase sólida (Coat-a-Count®, Siemens, CA, USA) con una sensibilidad del análisis de 0.02 ng mL⁻¹ y el coeficiente de variación intraensayo del 9%. Se consideró que una oveja restableció su actividad ovárica cuando dos muestreos consecutivos tuvieron valores de 0.5 ng mL⁻¹ ó \geq de 1 ng mL⁻¹ de P₄ en una sola muestra (Morales *et al.*, 2004; Salas-Razo *et al.*, 2011).

5.8. Análisis estadístico

Para la distribución de las ovejas en los tratamientos se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con tres tratamientos y 11 repeticiones. Los datos se analizaron con el procedimiento GLM y las medias de los tratamientos se compararon con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Peso de ovejas y corderos

No hubo diferencias en el peso de las ovejas en periodo uno entre tratamientos ($P \geq 0.05$), sin embargo, en el periodo dos, el peso de las ovejas del T₁ fue menor ($P \geq 0.05$) que el de las ovejas del T₂ y T₃, no habiendo diferencias entre estos últimos. Estas diferencias se reflejaron en los pesos promedios finales de las ovejas en los diferentes tratamientos (Cuadro 1). El peso de los corderos fue mayor ($P \leq 0.05$), en el T₂ que en el T₁ y T₃ en el periodo uno y no hubo diferencias entre estos dos últimos tratamientos. Ni hubo diferencias entre tratamientos en el periodo dos, pero en el periodo tres, el peso de los corderos fue mayor ($P \leq 0.05$) en el T₂ que en T₁ y T₃, no habiendo diferencia entre estos últimos. Estas diferencias se mantuvieron en los pesos promedios finales de los corderos en los diferentes tratamientos (Cuadro 2). Dado que el consumo de MS de las ovejas fue restringido, se asume que el consumo de energía fue similar entre las ovejas de los diferentes tratamientos de acuerdo a su peso vivo, esto indica que las ovejas suplementadas con aceite de coco utilizaron de forma más eficiente la energía de las dietas que lo contenían, lo que les permitió mantener su peso y en algún caso aumentar, mostrando una buena condición corporal para las hembras de los tratamientos con aceite de coco. Las diferencias en el peso final de los corderos se le atribuyen al manejo de Creep Feeding y no a un incremento en la producción de leche de las ovejas. Lo anterior puede llevarnos a la conclusión que el aceite de coco favoreció, de alguna manera, el uso más eficiente de la energía de la dieta. Según Morales *et al.* (2004) corderos en amamantamiento continuo ganaron mayor peso que con un sistema restringido, mencionando que esto se debió a la mayor producción y consumo de leche. Sin embargo, también reportaron que las ovejas en amamantamiento continuo perdieron mayor peso en los primeros 49 d posparto y empezaron a ganar peso hasta los 56 d, a diferencia de las ovejas con amamantamiento restringido que perdieron peso durante los primeros 21 d posparto, recuperando más rápidamente su peso corporal. Meza-Villalvazo *et al.* (2013) no encontraron diferencias en el peso final de ovejas Pelibuey suplementadas con 3 o 6 % de aceite de maíz. Espinoza *et al.* (2008), reportaron que no hubo diferencia en las ganancias de peso en hembras Pelibuey posparto, alimentadas con una dieta

integral suplementadas con grasa comercial en forma de jabones de calcio y grasa bovina. En el presente trabajo de investigación se reportó diferencias significativas en el peso final de las ovejas, lo cual no coincide con lo reportado por Meza-Villalvazo *et al.* (2013) y Espinoza *et al.* (2008). Las diferencias en los resultados pueden ser atribuidos a la raza, manejo de los corderos y fuente de energía utilizada.

Cuadro 1. Peso de las ovejas posparto alimentados con una dieta adicionada con aceite de coco.

Variables	Tratamientos			EE
	0 % AC	3 % AC	6 % AC	
Periodo 1	58.46	58.69	61.36	1.15
Periodo 2	55.40 ^b	59.59 ^a	62.98 ^a	1.27
Peso de ovejas kg	56.22 ^b	60.23 ^a	61.51 ^a	0.94

Medias con diferentes letras en una hilera son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

T, Tratamiento; AC, Aceite de coco.

EE = error estándar de la media.

Cuadro 2. Peso de corderos.

Variables	Tratamientos			EE
	0 % AC	3 % AC	6 % AC	
Periodo 1	4.74 ^b	5.00 ^a	4.52 ^b	0.12
Periodo 2	14.82	15.55	14.42	0.40
Periodo 3	17.85 ^b	19.21 ^a	17.55 ^b	0.49
Peso de corderos kg	12.47 ^b	13.25 ^a	12.16 ^b	0.24

Medias con diferentes letras en una hilera son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

T, Tratamiento; AC, Aceite de coco.

EE = error estándar

Es importante destacar que la fuente de energía, en este caso, el aceite de coco, pudo influir en mantener el balance energético positivo en las ovejas posparto y disminuir o evitar la movilización de las reservas grasas y musculares, contribuyendo a mejorar la condición corporal, lo cual puede dar como resultado la disminución de días abiertos entre parto y primera ovulación entre tratamientos.

La condición corporal al parto es uno de los factores importantes que afecta el reinicio de la actividad ovárica y la producción láctea. Sin embargo, la utilización de fuentes energéticas suele ser específicas, ya que los ácidos grasos poli-insaturados favorecen la síntesis hormonal, pero no la recuperación de la condición corporal de la oveja, con un balance energético positivo. Las diferencias de los resultados reportados en la literatura, pueden deberse a varios factores, pero consideramos que principalmente se debe a la fuente de energía utilizada, específicamente por el perfil de ácidos grasos. El aceite de coco tiene, aproximadamente el 76 % de ácidos grasos saturados menores de 14 C (FEDNA, 2010), a diferencia de otras fuentes energéticas.

Según, Bell (1982) los AG absorbidos que tienen menos de 12 carbonos son vertidos directamente a la vena porta y transportados al hígado unidos a la albúmina sérica; el resto son esterificados e incorporados a lipoproteínas de muy baja densidad y quilomicrones que se transportan por vía linfática hasta el torrente sanguíneo para su distribución a los tejidos. El exceso de grasas en la dieta tiene efecto sobre los niveles plasmáticos de colesterol. Mientras que las grasas saturadas lo elevan de forma importante al aumentar los niveles de acetil-CoA en el hepatocito, las grasas poliinsaturadas lo disminuyen moderadamente (Lehninger *et al.*, 1993).

6.2. Grasa dorsal y área del músculo *Longissimus dorsi*.

El área del músculo *Longissimus dorsi* fue mayor ($P \leq 0.05$) en el T₃ que en T₁ y T₂, no habiendo diferencias entre estos dos últimos. Estas diferencias se mantuvieron durante las mediciones en los periodos uno y dos de muestreo y en el promedio final del área del músculo. No hubo diferencia en el contenido de grasa dorsal entre tratamientos y periodos (Cuadro 4). Domínguez *et al.* (2008), reportaron

que aquellas hembras que llegan al parto con una condición corporal alta, alcanzaron de manera sostenida los niveles de P₄ de 0.5 ng mL⁻¹, lo que indica la presencia de actividad lútea. Nieto *et al.* (2010) suplementó con grasa de sobrepeso la dieta de ovejas Dorset, Suffolk y sus cruzas. Las ovejas fueron clasificadas de acuerdo al espesor de grasa dorsal en alta o baja. Los resultados mostraron que las hembras del grupo con grasa dorsal bajo, pero suplementadas con grasa de sobrepeso generaron una mejor condición corporal, lo cual se relaciona con el inicio de la actividad ovárica en menor tiempo después del parto. Ruiz *et al.* (2010) reportó que vacas que paren con una buena condición corporal son capaces de iniciar su actividad reproductiva después del parto en forma más eficiente que aquellas vacas que paren con una baja condición corporal. En el presente estudio no hubo diferencias en el contenido de grasa corporal debido a la adición de aceite de coco en las dietas, sin embargo, el área del musculo *Longissimus dorsi* fue mayor en las ovejas suplementadas, lo que indica que la fuente de energía adicional pudo favorecer la síntesis de musculo permitiendo mayor ganancia de peso de las hembras y favoreciendo su condición corporal, la cual puede favorecer la presencia de P₄ y el reinicio de la actividad ovárica. La utilización de fuentes lipídicas, además de favorecer la condición corporal de la hembra y evitar la movilización de reservas, tiene importancia retroactiva positiva en el hipotálamo. Es posible que las diferencias de resultados que se reportan con el uso de las diferentes fuentes energéticas como suplementos energéticos, aceites vegetales, grasas protegidas o, en este caso, aceite de coco, se deban al perfil de ácidos grasos que sirvan como estimuladores para síntesis de hormonas esteroidales, específicamente la síntesis de diferentes hormonas como P₄ o leptina, entre otras, indicando que existen condiciones para iniciar la actividad reproductiva.

Cuadro 3. Área del músculo *Longissimus dorsi* (mm²) de ovejas alimentadas con diferentes niveles de aceite de coco.

Variables	Tratamientos			EE
	0 % AC	3 % AC	6 % AC	
Periodo 1	848.00 ^b	890.54 ^b	946.90 ^a	20.32
Periodo 2	916.90 ^b	911.18 ^b	978.36 ^a	19.17
Área muscular (mm²)	882.45 ^b	900.86 ^b	962.64 ^a	14.78

Medias con diferentes letras en una hilera son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

T, Tratamiento; AC, Aceite de coco.

EE = error estándar

Cuadro 4. Espesor de grasa dorsal (mm) de ovejas alimentadas con diferentes niveles de aceite de coco.

Variables	Tratamientos			EE
	0 % AC	3 % AC	6 % AC	
Periodo 1	3.54	3.36	3.45	0.12
Periodo 2	2.72	3.00	3.00	0.13
Grasa dorsal (mm)	3.13	3.18	3.22	0.11

Medias con diferentes letras en una hilera son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

T, Tratamiento; AC, Aceite de coco.

EE = error estándar

6.3. Lipoproteínas de alta y baja densidad, colesterol, triglicéridos

La concentración de colesterol y de lipoproteínas de baja densidad (LBD) fue mayor ($P < 0.05$) en el T₃ que en T₁ y T₂, no habiendo diferencia entre estos dos últimos. No hubo diferencia ($P \geq 0.05$) en las concentraciones de lipoproteínas de alta densidad (LAD) y triglicéridos (TG) o urea entre tratamientos (Cuadro 5).

Según Salas *et al.* (2011) la cantidad de lípidos consumidos en la dieta pueden estar relacionados con cambios en el patrón de fermentación ruminal, modificación

plasmática de metabolitos de lípidos, incremento en la secreción de esteroides ováricos y otras hormonas involucradas de manera indirecta en los procesos reproductivos de los animales domésticos. Este autor reportó que la suplementación con jabones de calcio de aceite de palma africana, como fuente de grasa de sobrepeso en vacas Indobrasil en anestro, con 63 d posparto, incrementó las concentraciones plasmáticas de colesterol, LAD y LBD. Sin embargo, Espinoza *et al.* (2008) no reportó efectos de una grasa comercial y grasa bovina mezcladas en una ración integral en ovejas Pelibuey para ninguno de los tratamientos en la concentración de metabolitos lipídicos. Marin *et al.* (2007) reportaron que la adición de un aceite vegetal en dietas para vacas posparto, incrementó la concentración sérica de metabolitos lipídicos como el colesterol, TG y lípidos totales, sin embargo, no reportaron diferencias en la concentración de LAD o LBD. Moyano y Rodríguez, (2014) determinaron el efecto de una grasa de sobrepeso comercial (MEGALAC-E[®]) en dietas para vacas lecheras, y reportaron que aquellas suplementadas presentaron mayor concentración de colesterol.

Los resultados en el presente estudio, coinciden parcialmente con los reportados por Salas *et al.* (2011), Marín *et al.* (2007) y Moyano y Rodríguez, (2014), pero no coinciden con los reportados Espinoza *et al.* (2008).

Williams y Stanko (2000) mencionan que la cantidad y el grado de saturación de las grasas consumidas por la vaca incrementan las concentraciones sanguíneas de colesterol, triglicéridos y LAD; aunque la concentración de triglicéridos tiende a incrementarse cuando la grasa consumida presenta un mayor grado de saturación, mientras que la concentración de colesterol y LAD incrementan cuando la grasa es insaturada, dado que los ácidos grasos de cadena corta presentes en la grasa saturada son rápidamente metabolizados, incrementando la concentración de triglicéridos en el plasma sanguíneo, mientras que las grasa saturadas, dado su metabolismo más retardado, permite la utilización de los ácidos para la síntesis de *novo*, de otros componentes como el colesterol ligado a las LAD (Basoglu *et al.*, 1998). Según Javad *et al.* (2015), que el cambio en los niveles de energía dietética para un período corto o largo plazo, justo antes de la ovulación podría mejorar los metabolitos sanguíneos y el rendimiento reproductivo de las ovejas.

En el presente estudio, la fuente de energía utilizada fue el aceite de coco, el cual contiene gran cantidad de ácidos grasos saturados de cadena corta, esto pudo favorecer que las concentraciones de colesterol y LBD se incrementaran en las ovejas que lo consumieron y no así en las concentraciones de LAD y TG, lo que indica que el perfil de ácidos grasos que contiene la fuente de energía suplementaria, afectará de diferente manera las concentraciones de los metabolitos lipídicos.

6.4. Urea

No hubo diferencias ($P \geq 0.05$) en los tratamientos y periodos (Cuadro 5). Irfan *et al.* (2017) evaluaron diferentes niveles 12, 15 y 18 % de proteína cruda en ovejas nativas Anatolia superovuladas, la respuesta ovárica fue diferente ($P \leq 0.05$) entre grupos, el grupo con menor ingesta de proteína dio la mejor respuesta ovárica, los niveles de pH uterino (7.46; 7.1; 7.06) respectivamente. Rhoads *et al.* (2004), al monitorear el efecto de la infusión de solución salina o urea (0.01 g de urea $\text{h}^{-1} \text{kg}^{-1}$ de peso corporal) por vena yugular en vacas lactantes, reportaron cambios en la concentración de urea en plasma con infusión salina 16.6 mg dL^{-1} y durante la infusión de urea fue 22.6 mg dL^{-1} . Además, Swanson *et al.* (2017) al evaluar diferentes niveles de concentración de proteína cruda T₁: 25, T₂: 20 y T₃: 13 % en ovejas durante la gestación niveles de urea, peso corporal y concentraciones de E₂ y P₄, reportaron modificaciones en la concentración de urea sanguínea (24.79a; 18.96ab; 11.03b) respectivamente, también reportaron diferencia ($P \leq 0.05$) en el peso corporal vacío (69.1ab; 72.6a; 64.8b) las concentraciones de E₂ y P₄ no se vieron afectadas ($P \geq 0.05$) por los tratamientos.

Javad *et al.* (2015), al evaluar el tiempo de suplementación de energía y proteína, reportaron diferencia ($P \leq 0.05$) en los tratamientos T₂ y T₃ con mayor concentración sérica de glucosa, colesterol e insulina, pero fue menor en la concentración de urea comparado con otros grupos. La utilización de altos niveles de proteína en hembras posparto, pueden afectar la fertilidad de las ovejas, por el aumento de las concentraciones de urea sanguínea, al modificar el pH uterino de las ovejas.

Cuadro 5. Concentraciones de metabolitos lipídicos y urea en suero sanguíneo (mg dL-1) de ovejas posparto alimentadas con diferentes niveles de aceite de coco.

Variables	Tratamientos			EE
	0 % AC	3 % AC	6 % AC	
Colesterol	122.83 ^b	128.16 ^b	156.89 ^a	8.65
LAD	19.51	21.88	20.87	1.67
LBD	77.89 ^b	78.25 ^b	113.30 ^a	8.28
TG	127.16	140.11	113.55	9.30
Urea	10.66	11.41	10.60	0.66

Medias con diferentes letras en una hilera son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

T, Tratamiento; AC, Aceite de coco.

EE = error estándar

6.5. Progesterona (P₄)

No hubo diferencia ($P \geq 0.05$) en la concentración de progesterona (P₄) en el primer periodo de muestreo entre tratamientos; sin embargo, ésta fue mayor ($P \leq 0.05$) en el T₂ y T₃ que en T₁ en el segundo periodo, a diferencia del tercer periodo donde el T₂ fue mayor ($P \leq 0.05$) comparado con el T₁ y T₃. La concentración promedio de P₄ fue mayor ($P \leq 0.05$) en el T₂ que en T₁ y T₃, no habiendo diferencia entre estos últimos (Cuadro 6). Algunos investigadores reportaron que las hembras restablecen su actividad ovárica cuando dos muestreos sanguíneos consecutivos muestran valores de 0.5 ng mL⁻¹ ó más de 1 ng mL⁻¹ de P₄ en un solo muestreo (Morales *et al.*, 2004; Domínguez *et al.*, 2008; Salas-Razo *et al.*, 2011). Marin *et al.* (2007) han señalado que el colesterol es el principal precursor de la P₄ en el cuerpo lúteo, y Pate y Codon, (1982), mencionan que esta estructura puede obtener el colesterol a través de la síntesis de *novoo* a partir de acetato y de ésteres de colesterol almacenados dentro de la célula o de las lipoproteínas circulantes en el

torrente sanguíneo. Nieto *et al.* (2010) no reportó diferencias en la concentración de P₄ o en la grasa dorsal de ovejas suplementadas con grasa de sobrepaso. Estos autores también reportaron interacciones entre el tiempo de consumo de la dieta y el tiempo de la fase lútea sincronizada relacionados con la concentración de P₄ en suero antes del retiro de la esponja y después de la ovulación, en ovejas raza Dorset que fueron alimentadas con harina y aceite de pescado. Bulbarela *et al.* (2009), determinaron el efecto de L-arginina (A) y aceite de pescado (AC), comparado con acetato de flurogestona (AFG) y gonadotropina corionica equina (eCG), y su combinación. Los investigadores reportaron que fue mayor el porcentaje de estros en las ovejas con tratamientos AFG+eCG; AFG+A y AFG+AC; que con los tratamientos con AFG+A+AC. Según, Herrera-Camacho *et al.* (2008) y Meza-Villalvazo *et al.* (2013) el aceite de maíz adicionado a dietas de ovejas Pelibuey modifica la presencia del cuerpo lúteo, población folicular grande y ovocitos de buena calidad.

Marin *et al.* (2007), determinaron el efecto de aceite vegetal (2.5 %) en dietas para vacas posparto Holstein con buena condición corporal, y reportaron que el reinicio de la actividad ovárica posparto se presentó siete días antes que, en las vacas testigo, pero la concentración media de P₄ fue similar en ambos grupos. Salas-Razo *et al.* (2011) reportaron que la adición de jabones de calcio de aceite de palma africana en la dieta, como fuente de grasa de sobrepaso en vacas Indobrasil, incrementó en 66 % el número de hembras con actividad ovárica. Moyano y Rodríguez. (2014) reportaron un incremento en la concentración de P₄ en vacas, al suplementarlas con una grasa de sobrepaso comercial. Según, Zarate *et al.* (2011) al suplementar con una grasa protegida las dietas de vacas de cruce *Bos Taurus X Bos Indicus*, los días al primer estro y aparición del primer cuerpo lúteo se reducen que cuando se usa grasa de res como aditivo energético.

La literatura científica publicada, en términos generales, coincide en que el aumento en el consumo de grasas, incrementa la concentración de P₄ en la sangre, debido principalmente al incremento de los precursores derivados del colesterol y al efecto secundario de la reducción de la síntesis de prostaglandina F_{2α} (Mattos *et al.*, 2000), que está regulado por el aporte del tipo de aceite y el perfil de ácidos grasos saturados o poli-insaturados que puede favorecer la síntesis de hormonas esteroides

importantes en el ciclo reproductivo. Según Mattos *et al.*, (2000) y Robinson *et al.*, (2002) señalan que los animales requieren algunos ácidos esenciales principalmente ácido linoleico, importante para la síntesis de ácido araquidónico y eicosapentanoico precursores de la $PGF_{2\alpha}$; síntesis que es regulada por las enzimas Δ -6-desaturasa y la ciclooxigenasa. Sin embargo, el ácido linoleico puede ser el factor inhibidor de los niveles de P_4 , donde el mecanismo de inhibición ocurre por competencia del ácido linoleico con el ácido araquidónico para unirse a la enzima ciclooxigenasa. En el presente trabajo, se obtuvieron concentraciones mayores a 0.5 ng mL^{-1} de P_4 en los diferentes periodos de muestreo. Esta clara tendencia a incrementarse la concentración de P_4 , en los tratamientos experimentales, lo podemos relacionar con el incremento observado en las concentraciones de colesterol y LBD sanguíneas observadas en esos mismos tratamientos. Estas concentraciones de P_4 , de acuerdo a Salas-Razo *et al.* (2011), indican que las ovejas que consumieron este aditivo energético entraron en actividad ovárica. El aceite de coco difiere en su perfil de ácidos grasos respecto a otros aceites, como el de maíz lo que puede explicar las diferencias en los resultados obtenidos en este trabajo. Es importante determinar el efecto de diferentes fuentes de energía adicionados a dietas de ovejas posparto para estimular la actividad ovárica lo más rápido posible; sin embargo, deberá considerarse el perfil de ácidos grasos de cada fuente, considerando principalmente la proporción de ácidos grasos saturados y no saturados, así como el tamaño de las cadenas carbonadas de los mismos, puesto, puede afectar de distinta manera, la reactivación de la actividad ovárica.

Cuadro 6. Concentraciones de progesterona en suero (ng mL⁻¹) de ovejas posparto.

Variables/periodo	Tratamientos			EE
	0 % AC	3 % AC	6 % AC	
Periodo 1	0.58	0.67	0.73	0.08
Periodo 2	0.78 ^b	0.95 ^a	0.95 ^a	0.05
Periodo 3	0.71 ^b	1.20 ^a	0.86 ^b	0.12
Promedio ng ml⁻¹	0.69 ^b	0.94 ^a	0.85 ^b	0.06

Medias con diferentes letras en una hilera son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

T, Tratamiento; AC, Aceite de coco.

EE = error estándar

7. CONCLUSIÓN

La inclusión de aceite de coco en dietas para ovejas posparto incrementó la concentración de colesterol y lipoproteínas de baja densidad, así como la síntesis de progesterona.

8. LITERATURA CITADA

- Abi Salloum, B., Claus R. 2005. Interaction between lactation photoperiodism and male effect in German Merino ewes. *Theriogenology*. 63: 2181-2193.
- Álvarez, L. y S. Andrade. 2008. El efecto macho reduce la edad al primer estro y ovulación en corderas Pelibuey. *Archivos de Zootecnia*, 57(217):91-94.
- Aranda AI, Aké LJR, Delgado LR, Herrera CJ. 2002. Resumption of ovarian activity postpartum, serum concentration of lipid metabolites and progesterone in cows supplemented with corn oil in the diet under tropical conditions. *Proc. Conf. Responding to the Increasing Global Demand for Animal Products*. British Society for Animal Science. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México. pp. 202-203.
- Arroyo, L.J., Gallegos-Sánchez, J., Villa, G.A., Valencia, M.J. 2006. Sistemas neurales de retroalimentación durante el ciclo reproductivo anual de la oveja: una revisión. *Interciencia*, 31: 8-14.
- Arroyo J. 2011. Estacionalidad reproductiva de la oveja en México. Revisión [review]. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14: 829-845.
- Baird, D. T. 1983. Factors regulating the growth of the preovulatory follicle in the sheep and human. *J. Reprod. Fert.* 69: 343-352.
- Başoglu, A., M. Sevinç, M. Ok, and M. Gökçen, 1998. Peri and postparturient concentrations of lipid lipoprotein insulin and glucose in normal dairy cows. *Turk. J. of Vet Anim Sci.* 22: 141-144.
- Banks, J.A., Freeman, M.E., 1980. Inhibition of the daily LH release mechanism by progesterone acting at the hypothalamus. *Biology of Reproduction* 22, 217–222.
- Bao B, M. G. Thomas, and G. L. Williams. 1997. Regulatory of high-density and low-density lipoproteins in cellular proliferation and secretion of progesterone and

insulin-like growth factor I enriched cultures of bovine small and large cells. *J. Anim. Sci.* 75: 3235-3245.

Barrell, G.K., Moenter, M.S., Caraty, A., Karsch, J.F. 1992. Seasonal changes of gonadotropin releasing hormone secretion in the ewe. *Biology of Reproduction.* 46: 1130-1135.

Barrell, G.K., Thrun, L.A., Brown, M.E., Viguié, C., Karsch, F.J. 2000. Importance of photoperiodic signal quality to entrainment of the circannual reproductive rhythm of the ewe. *Biology of Reproduction.* 63: 769-774.

Barfield, R.J., Glaser, J.H., Rubin, B.S., Etgen, A.M., 1984. Behavioral effects of progestin in the brain. *Psychoneuroendocrinology* 9, 217–231.

Barraclough, C.A., Camp, P., Weiland, N., Akabori, A., 1986. Stimulatory versus inhibitory effects of progesterone on estrogen-induced phasic LH and prolactin secretion correlated with estrogen nuclear and progestin cytosol receptor concentrations in brain and pituitary gland. *Neuroendocrinology* 42, 6–14.

Bauman, D. E., J. W. Perfield II., M. J. Veth, and A. L. Lock. 2003. New perspectives on lipid digestion and metabolism in ruminants. *Proceeding Cornell Nutrient Conf.* pp: 175-189.

Bell, A.W. 1982. Control of lipid metabolism in ruminants. *The Proc. Nutrition Society Australia* 7: 97-104.

Bell, A. W., Burhans, W. S. and Overton, T. R. 2000. Protein nutrition in late pregnancy, maternal protein reserves and lactation performance in dairy cows. *Proc. Nutr. Soc.* 59: 119-126.

Blas, C., G. G. Mateos, y P. G. Rebollar. 2003. Composición y valor nutritivo de alimentos para la formulación de piensos compuestos. *Tablas FEDNA.*

Segunda Edición. Ed. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid, España. 423 pp.

Blache, D. 2003. Balance de energía y reproducción en Rumiantes: Procesos endócrinos y neuroendocrinos. III Curso Internacional de Fisiología de la Reproducción en Rumiantes. Colegio de Postgraduados. Septiembre 151-168.

Bulbarela-García G., A. Pro-Martínez, C. M. Becerril-Pérez, P. Díaz-Rivera, A. Rosendo-Ponce, y J. Gallegos-Sánchez. 2009. Efecto de l-arginina y aceite de pescado en el comportamiento reproductivo de ovejas de pelo sincronizadas con un progestágeno. *Agrociencia* 43: 371-377.

Butler W. R. and Elrod C. C. 1995. Reproduction in high-yielding dairy cows as related to energy balance and protein intake. Mem. VI Cong. Int. Reproducción Bovina. México. pp. 20-27

Butler W. R. 2000. Nutritional Interactions with Reproductive Performance in Dairy Cattle. *Anim. Reprod. Sci.* 60- 61: 449-457.

Cannas, A., Pes, A., Mancuso, R., Vodret, B. and Nudda, A. 1998. Effect of dietary energy and protein concentration on the concentration on milk urea in dairy ewes. *J. Dairy. Sci.* 81: 499-508.

Canfield, R. W., Sniffen, C. J. and Butler, W. R. 1990. Effects of excess degradable protein on postpartum reproduction and energy balance in dairy cattle. *J. Dairy. Sci.* 73: 2342-2349.

Caraty, A., and Skinner, D. 1999. Progesterone priming is essential for the full expression of the positive feedback effect of estrad

Caraty, A. 2001. The neural control of ovulation in the ewe: Dynamics of steroid regulation of GnRH

- Carroll DJ, Grummer RR, Mao FC. 1992. Progesterone production by culture luteal cells in the presence of bovine low and high-density lipoproteins purified by heparin affinity chromatography. *J. Anim. Sci.* 70: 2516-2526.
- Castillo, R. H., Z. M. Valencia y V. J. M. Berruecos. 1972. Comportamiento reproductivo del borrego "Tabasco" mantenido en clima tropical y subtropical I. Indices de fertilidad. *Téc. Pec. Méx.* 20: 52-56.
- Chemineau, P., B. Malpoux, J. A. Delgadillo, Y. Guérin, J. P. Ravault, J. Thimonier, and J. Pelletier. 1992. Control of sheep and goat reproduction: Of light and melatonin. *Anim. Rep. Sci.* 30: 157-184.
- Chilliard, Y., and A. Ollier. 1994. Alimentation lipidique et métabolisme du tissu adipeux chez les ruminants. Comparaison avec le porc et les rongeurs. *INRA Prod. Anim.* 7: 293-308.
- Church, D. C. 1993. *El rumiante: Fisiología digestiva y nutrición*. Ed. Acribia, Zaragoza, España. 641 p.
- Crowder, M. E., P. A. Gilles, C. Tamanini, G. E. Moss and T. M. Nett. 1982. Pituitary content of gonadotropins and GnRH-receptors in pregnant, postpartum and steroid-treated OVX ewes. *J. Anim. Sci.* 54: 1235-1242.
- Cuthaw, J. L., J. F. Hunter and G. L. Williams. 1992. Effects of transcutaneous thermal and electrical stimulation of the testis on pituitary luteinizing hormone, prolactin and oxytocin secretion in ovariectomized, estradiol-treated beef cows following acute weaning. *Theriogenol.* 37: 915-934.
- Delfa, R., C. González, A. y Teixeira. 1995. Relación entre medidas de espesor de grasa y del m. *Longissimus dorsi* realizadas con ultrasonidos en el animal vivo y sus homólogas tomadas en la canal de cabras adultas. En: *VI Jornadas sobre Producción Animal. Información Técnica Económica Agraria (ITEA)*. p 651-653

- Demeyer. D. and Doreau M. 1999. Targets and procedures for altering ruminant meat and milk lipids. Proc. Nutr. Soc. 58: 593-607.
- Domínguez C., A. Ruiz Z., R. Pérez, N. Martínez, K. Drescher, L. Pinto-Santini, y R. Araneda. 2008. Efecto de la condición corporal al parto y del nivel de alimentación sobre la involución uterina, actividad ovárica, preñez y la expresión hipotalámica y ovárica de los receptores de leptina en vacas doble propósito. Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias 49: 23-36.
- Doreau, M. and Ferlay A. 1994. Digestion and utilisation of fatty acids by ruminants. Anim. Feed. Sci. Technol. 45: 379-396.
- Esminger ME, J. E. Oldfield, and W. W. Heinemann. 1990. Feeds and Nutrition. 2nd. ed. Esminger Publ. California, EEUU. pp: 150-160.
- Espinoza-Villavicencio, J. L. Ortega, P. R., Palacios, E. A., Valencia, M. J. y Aréchiga, F. C. F. 2007. Crecimiento folicular ovárico en animales domésticos: Una revisión. Interciencia. Vol. 32. No. 2. 93-99.
- Espinoza, J. L., A. Palacios, R. Ortega, y A. Guillén. 2008. Efecto de la suplementación de grasas sobre las concentraciones séricas de progesterona, insulina, somatotropina y algunos metabolitos de los lípidos en ovejas Pelibuey. Archivos de Medicina Veterinaria, 40: 135-140.
- FEDNA. 2010. Tablas de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos. 3ª edición. <http://www.fundacionfedna.org/tablas-fedna-composicionalimentos-valor-nutritivo>. FEDNA. 2016. (Consultada 14 abril de 2015).
- Fitzgerald, B. P. and F. J. Cunningham. 1981. Effect of removal of lambs or treatment with bromocriptine on plasma concentrations of prolactin and FSH during the postpartum period in ewes lambing at different times during the breeding season. J. Reprod. Fertil. 61: 141-148.

- Funston, R., and S. Filler. 2002. Effects of fat supplementation on reproduction on beef cattle, *In: The Applied Reproductive Strategies in Beef Cattle Workshop. Proceeding*. Manhattan, Kansas. pp: 1-7.
- Fuston, R.N. 2004. Fat supplementation and reproductive in beef females. *J. Anim. Sci.* 82: E154-E161.
- Francisco, C.C, Spicer, L.J., Payton, M.E. 2003. Predicting cholesterol, progesterone, and days to ovulation using postpartum metabolic and endocrine measures. *Journal Dairy Science* 86:2852-2863.
- Friedewald WT, I. R. Levy, and D. S. Fredrickson. 1972. Estimation of the concentration of low density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of preparative ultracentrifuge. *Clinical Chemistry* 18: 499-502.
- Galina M. A., R. Morales, E. Silva, B. López. 1996. Reproductive performance of Pelibuey and Blackbelly sheep under tropical management systems in México. *Small Rum. Res.* 22: 31-37.
- Galvis, R., Agudelo, D. & Saffon, A. 2007. "Body Condition, lipoprotein profiles and ovarian activity in Holstein cows during early lactation". *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 20(1): 16–29, ISSN: 0120-0690.
- García E., 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. UNAM. México. 217 pp.
- Getachew, G., DePeters, E.J. Robinson, P.H., Taylor, S. J. 2001. In vitro rumen fermentation and gas production: influence of yellow grease, tallow, corn oil and their potassium soaps. *Animal Feed Science and Technology* 93:1-15.
- Godfrey, R.W. and R. Dodson, E. 2003. Effect of supplemental nutrition around lambing on hair sheep ewes and lambs during the dry and wet seasons in the U.S. Virgin Islands. *J Anim Sci*, 81: 587-593.

- Gooden JM (1973) The importance of lipolytic enzymes in milk fed and ruminating calves. *Aust. J. Biol. Sci.* 26: 1189-1199.
- Goodman, R. L., Bittman E. L., Foster D. L., and K. Karsch F. J. 1982. Alterations in the control of luteinizing hormone pulse frequency underline the season variation in estradiol negative feedback in the ewe. *Biol. Reprod.* 27: 580-589.
- Goodman, R. L. 1994. Neuroendocrine control of the ovine estrous cycle. In: *Physiology of Reproduction*. Knobil, E., and J. D. Neill (Eds). Second Edition. Raven Press Ltd., New York, U. S. A. 3302 p.
- Gonzalez D., M. Lopez-Costa C., J. Saavedra J., J. Pietranera P., L. Gonzalez, S. L., Garay L., Guennoun R., Schumacher M., and A. De Nicola F. 2002. Progesterone neuroprotection in the Wobbler mouse, a genetic model of spinal cord motor neuron disease. *Neurobiol. Dis.* 11: 457–468.
- González-Reyna, A., B. D. Murphy, J. De Alba and J. G. Manns. 1987. Endocrinology of the postpartum period in the Pelibuey sheep. *Anim. Breed. Abst.* 59: 509-524.
- Goodman, R. L., Thiery, J. C., Delaleu, B. and Malpoux, B. 2000. Estradiol increases multiunit electrical activity in the A15 area of ewes exposed to inhibitory photoperiods. *Biol. Reprod.* 63: 1352-1357.
- González A., B. D. Murphy, J. De Alba, J. G. Manns. 1987. Endocrinology of the postpartum period in the pelibuey ewe. *J. Anim. Sci.* 64:1717-1724
- Griffith, M. K. and G. L. Williams. 1996. Roles of maternal vision and olfaction in suckling-mediated inhibition of luteinizing hormone secretion, expression of maternal selectivity, and lactational performance in beef cows. *Biol. Reprod.* 54: 761-768.

- Hafez, E. S. E., and B. Hafez 2002. Reproductive cycles. Chapter 4. *In: Hafez, E. S. E., and B. Hafez eds. Reproduction and artificial insemination in farm animals. 7th edition. Mc Graw Hill Interamericana. México, D. F. 55-67.*
- Harfoot CG, Hazlewood GP (1988) Lipid metabolism in the rumen. En Hobson N (Ed.) *The Rumen Microbial Ecosystem. Elsevier. London, UK. pp. 285-322.*
- Hawes, B. E., and P. M. Coon, 1991. GnRH-Mediated actions in gonadotrope. Chapter 21. *In: Yen and Vale (eds.). Neuroendocrine Regulation of Reproduction. pp: 219-328.*
- Hawkins, D.E., Niswender, K. D., Oss, G.M. Moeller, C.L. Odde, K.G. Sawyer, H.R. Niswender, G.D. 1995. An increase in serum lipids increases luteal lipid content and alters the disappearance rate of progesterone in cows. *Journal of Animal Science 73:541-545*
- Hawke JC, Silcock WR (1970) The in vitro rate of lipolysis and biohydrogenation in rumen contents. *Biochim. Biophys. Acta 218: 201-212.*
- Herrera C. J., Quintal F. J. A., Kú V. J. C., Aguayo A. A. M., Williams L. G. 2001. Dinámica folicular concentración sérica de lípidos en ovejas Pelibuey suplementadas con ácidos grasos poliinsaturados en la dieta. *Mem. II Cong. Latinoam. de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos. Mérida, Yucatán, México.*
- Herrera-Camacho J., J. R. Aké-López, J. C. Ku-Vera, G. L. Williams, y J. A. Quintal-Franco. 2008. Respuesta ovulatoria, estado de desarrollo y calidad de embriones de ovejas Pelibuey superovuladas suplementadas con ácidos grasos poliinsaturados. *Técnica Pecuaria en México. 46: 107-117.*
- Hess, W.B. 2003. Supplementing fat to the cow herd. *Proceedings, The Range Beef Symposium XVIII. December 9 to 11, 2003. Mitchell, Nebraska. USA.*

- Hobson N. and S. Mann O. 1961. The isolation of glycerol-fermenting and lipolytic bacteria from the rumen of the sheep. *J. Gen. Microbiol.* 25: 227-240.
- Irfan T., A. D. Dursun, and Ahmet Semacan. 2017. Protein based flushing related blood urea nitrogen effects on ovarian response, embryo recovery and embryo quality in superovulated ewes. *Theriogenology* 98: 62-67.
- Javad H., R. Ahmad, K. Hamid, and R. Hamid R. 2015. Effect of long-term or short-term supplementation of high energy or high energy-protein diets on ovarian follicles and blood metabolites and hormones in ewes. *Small Ruminant Research* 132: 37–43.
- Jenkis, T. C., y D. L. Palmquist. 1984. Effect of fatty acids or calcium soaps on rumen and total nutrient digestibility of dairy rations. *Journal of Dairy Science.* 67: 978-986.
- Jenkins, T. 1993. Caloric versus noncaloric considerations when feeding fat to dairy cattle. Department of Animal Veterinary Science. Clemson University. Consultado en <http://www.asas.org/midwest/2003/03mabs.pdf> 5 noviembre 2006
- Jiménez-Pérez F., A. García-Gavidia, A. Quintero-Moreno, J. N. Rojas, J. M. Finol, y I. C. Galué-Márquez. 2012. Efecto de la suplementación con grasa sobrepasante sobre la fertilidad de vacas Brahman de primer parto *Revista Científica.* 22: 437-442.
- Jordan, E., Lovett, D.K., Hawkins, M., Callan J.J. & O'Mara, F.P. 2006. The effect of varying levels of coconut oil on intake, digestibility and methane output from continental cross beef heifers. *Anim. Sci.* 82:859.
- Juan Prisciliano Zárate-Martínez J. P., J. C. Vinay-Vadillo, O. Cristóbal C., V. D. Hernández- Hernández, y E. Villagómez Amezcua-Manjarres. 2011. Efecto de la alimentación con grasas protegidas en vacas de doble propósito. *Agronomía Mesoamericana.* 22: 359-366.

- Kobayashi Y. 2010. Abatement of Methane Production from Ruminants: Trends in the Manipulation of Rumen Fermentation. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 23:410.
- Kuran M, Onal AG, Robinson JJ, Mackie K, Speake BK, McEvoy TG (1999) A dietary supplement of calcium soaps of fatty acids enhance luteal function in sheep. *J. Anim. Sci.* 69: 385-393.
- Lehninger, A. L., D. L. Nelson, y M. M. Cox. 1993. Principios bioquímica. Segunda Edición. Ed. Omega.
- Lopez, S.E, Lopez, J., Stumpf W. Jr. 2004. Parâmetros séricos de vacas leiteiras na fase inicial de lactação suplementadas com diferentes fontes de gordura. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 12:96-102.
- Marín, A. A. M., J. C. Tinoco M., J. Herrera-Camacho, L. G. Sánchez-Gil, V. M. Sánchez-Parra, J. L. Solorio-Rivera, y A. García-Valladares. 2007. Reinicio de la actividad ovárica y nivel de metabolitos de lípidos en vacas lecheras suplementadas con aceite vegetal durante el posparto temprano. *Interciencia* 32: 180-184.
- Martínez Marín A. L., M. Pérez H., L. Pérez A., y G. Gómez C. 2010. Digestión de los lípidos en los rumiantes: Una revisión. *Interciencia* 35: 240-246.
- Mattos, R., C. R. Staples, and W. W. Thatcher. 2000. Effects of dietary fatty acids on reproduction in ruminants. *Rev. Reprod.* 5:38–45.
- Machmüller, A.; M. Kreuzer. 1998. Methane suppression by coconut oil and associated effects on nutrient and energy balance in sheep. *Can. J. Anim. Sci.* 79: 65-72.
- Machmüller, A. 2006. Medium-chain fatty acids and their potential to reduce methanogenesis in domestic ruminants. *Agri. Eco. Environ.* 112: 107-114.

- Majewska, M.D., 1992. Neurosteroids: endogenous bimodal modulators of the GABAA receptor. Mechanism of action and physiological significance. *Prog. Neurobiol.* 38, 379–395.
- Malpaux, B., Viguié, C., Skinner, D.C., Thiéry, J.C., Pelletier, J., Chemineau, P. 1996. Seasonal breeding in sheep: Mechanism of action of melatonin. *Animal Reproduction Science*, 42: 109-117.
- Malpaux, B., Thiéry, J.C., Chemineau, P. 1999. Melatonin and the seasonal control of reproduction. *Reproduction Nutrition Development*. 39: 355-366.
- Mattos, R., Staples, C. R., Thatcher, W. W. 2000. Effects of dietary fatty acids on reproduction in ruminants. *Journal of Reproduction and Fertility*. 5: 38-45.
- McShane, T. M. and Keisler, D. H. 1991. Effects of dietary energy on ovarian function, estrogen suppression of luteinizing hormone and follicle-stimulating hormone, and competency of gonadotropin surge. *Biol. Reprod.* 45: 486-492.
- McDonald L.E. 1991. *Endocrinología Veterinaria y Reproducción. Glándula hipófisis.* Mc Graw-Hill. México.
- McEwen, B.S., 1991. Steroid hormones are multifunctional messengers to the brain. *Trends Endocrinol. Metab.* 2, 62–67.
- McNeilly A. S. 2001. Lactational control of reproduction. *Reproduction Fertility and Development*, 13: 583-590.
- Méndez, M., N. Obispo y M. Valdez. 2012. Efectos de la desfaunación con aceite de coco (*Cocos nucifera*) sobre el ecosistema ruminal en ovinos. *Rev. Fac. Agron.* 38(3): 89-97. 2012.

- Meza-Villalvazo V., H. Magaña, C. Sandoval, M. Morales, A. Chay, y A. Trejo. 2013. Efecto de los ácidos grasos poliinsaturados sobre población folicular y calidad ovocitaria en ovejas pelibuey. *Universidad y Ciencia*. 29: 255-261.
- Micevych, P., Sinchak, K., 2008. Synthesis and function of hypothalamic neuroprogesterone in reproduction. *Endocrinology* 149, 2739–2742.
- Morales-Terán G. A. Pro M, B. Figueroa S. C. Sánchez del R. y J. Gallegos S. 2004. Amamantamiento continuo o restringido y su relación con la duración del anestro postparto en ovejas Pelibuey. *Agrociencia* 38: 165-171.
- Moyano Bautista M. A., y C. E Rodríguez. 2014. Suplementación energética y su efecto en el nivel de colesterol y el perfil hormonal preovulatorio en vacas. *Revista Salud Animal*. 36: 90-96.
- Nieto, R., M. T., Sánchez-Torres, O. Mejía, L. Olivares, J. Peralta J., J. L. Cordero, P. Molina, y M. Cárdenas. 2010. Bypass fat in ewes with different thickness of dorsal fat, hormonal response and main reproductive variables. *Revista Científica*. 20: 665-673.
- Nebel RL, Dransfield MG, Jobst SM, Bame JH (2000) Automated electronic systems for the detection of oestrus and timing of AI in cattle. *Anim. Reprod. Sci.* 60-61: 713- 723.
- Niswender, G. D., J. L. Juengel, P. J. Silva, M. K. Rollyson, and E. W. McIntush. 2000. Mechanisms controlling the function and life span of the corpus luteum. *Physiol. Rev.* 80: 1-29.
- National Research Council. 2007. *Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids*. Washington, DC: The national Academies Press. 384 p.
- Ocon, O. M. and P. Hansen J. 2003. Disruption of bovine oocytes and preimplantation embryos by urea and acidic pH. *J. Dairy Sci.* 86:1194–1200.

- O`Callaghan, D., H. Yaakub, P. Hyttel, L. J. Spicer, and M. P. Boland. 2000. Effects of nutrition and superovulation on oocyte morphology, fluid fluid composition and systemic hormone concentrations in ewes. *J. Reprod. Fert.* 118: 303–313.
- Padilla, R.F.J., Mapes, S.G.E., Jimenez, K.F. 1988. Perfiles hormonales durante el ciclo estral de la oveja. *Técnica Pecuaria México.* 28: 96-108.
- Palmquist, D.L., Conrad, H.R. High fat rations for dairy cows. effects on feed intake, milk and fat production, and plasma metabolites. *J. Dairy Sci.*, 1978, vol. 61, p. 890-901.
- Pate J. L., and W. L. Codon. 1982. Effects of serum and lipoproteins on steroidogenesis in cultured bovine luteal cells. *Mol. Cell. Endocrinol.* 28: 551-562.
- Pérez H. P. V., M. H. Valdez, B. F. Sandoval, G. T. Hernández, P. Díaz Rivera, J. Gallegos-Sánchez. 2009. Efecto del tipo de amamantamiento en la actividad ovárica postparto de ovejas pelibuey y tasas de crecimiento de corderos en los primeros 90 días de edad. *Revista Científica*, Vol. XIX, Núm. 4, julio-agosto. pp 343-349.
- Petersen, S. L., Ottem, E. N. and Carpenter, C. D. 2003. Direct and indirect regulation of gonadotropin-releasing hormone neurons by estradiol. *Biol. Reprod.* 69: 1771-1778.
- Pinto-Santini, L. K. Drescher, A. Ruiz, R. Pérez, C. Domínguez, M. Benezra, y N. Martínez. 2009. Relación entre los niveles de glucosa e insulina sanguínea y el reinicio de la actividad ovárica en vacas de doble propósito con diferentes condiciones corporales al parto y diferente nivel de alimentación postparto. *Interciencia.* 34: 350-355.
- Recabarren, S. E., Muños, P., Lobos, A., Vilches, C. Parilo, J. 2006. Análogo de la GnRH disminuye la secreción de hormona folículo estimulante (FSH) en ovejas prepúberes. *Arch. Med. Vet.* Vol. 38. No. 1. 39-46.

- Randel RD (1990) Nutrition and postpartum rebreeding in cattle. *J. Anim. Sci.* 68: 853-862.
- Restall B. J. and B. G. Starr. 1977. The influence of season of lambing and lactation onf reproductive activity and plasma LH concentrations in Merino ewes. *J. Reprod. Fertil.* 49: 297.
- Robinson, R.S., P. G. A. Pushpakumara, Z. Cheng, A. R. Peters, D. R. E. Abayasekara, and D. C. Wathes. 2002. Effects of dietary polyunsaturated fatty acids on ovarian and uterine function in lactating dairy cows. *Reprod.* 124: 119-131.
- Roldán-Roldán A., E. Garcia-Martínez, V. Del Río-Araiza, J. M. Berruecos-Villalobos, L. A. Zarco-Quintero, J. Valencia. 2016. Edad a la pubertad EN corderas pelibuey, hijas de ovejas con actividad reproductiva estacional o continua, nacidas fuera de temporada. *Agrociencia.* 50: 441-448.
- Rosell, P. R. 2004. Regulación Neuroendocrina del Ciclo Estral de los Animales Domésticos. *Revista electrónica de Veterinaria REDVET.* 5 (7).
- Rubianes, E. and R. Ungerfeld. 1993. Uterine involution and ovarian changes during early post partum in autum-lambing Corriedale ewes. *Theriogenol.* 40(2): 365:372.
- Ruiz Z, A., C. Domínguez, N. Martínez, L. Pinto-Santini, K. Drescher, R. Pérez M., J. A. Rojas U., J. A., y R. Araneda. 2010. Efecto de la condición corporal y nivel de alimentación sobre la actividad ovárica, involución uterina y expresión del IGF-I en vacas mestizas durante el posparto. *Interciencia.* 35: 752-758.
- Rhoads, M. L., R. O. Gilbert, M. C. Lucy, and W. R. Butler. 2004. Effects of urea infusión on the uterine luminal environment of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 87: 2896-2901.

- Salas-Razo, G.; J. Herrera-Camacho, E. Gutiérrez-Vázquez E., J.C. Ku-Vera y J.R. Aké-López. 2011. Reinicio de la actividad ovarica posparto y concentracion plasmática de metabolitos lípidos y progesterona en vacas suplementadas con grasa de sobrepaso. *Tropical and subtropical agroecosystems*, 14: 385-393.
- Samadi, F., N.J. Phillips, D. Blache, G.B. Martin, M.J. D'Occhio. 2013. Interrelationships of nutrition, metabolic hormones and resumption of ovulation in multiparous suckled beef cows on subtropical pastures. *Animal Reproduction science* 137: 137-144.
- Schneider, J. E. 2004. Energy balance and reproduction. *Phys. Behav.* 81: 289-317.
- Schumacher, M., Guennoun, R., Robert, F., Carelli, C., Gago, N., Ghoumari, A., Gonzalez Deniselle, M.C., Gonzalez, S.L., Ibanez, C., Labombarda, F., Coirinib, H., Baulieu, E.E., De Nicola, A.F., 2004. Local synthesis and dual actions of progesterone in the nervous system: neuroprotection and myelination. *Growth Horm. IGF Res.* 14, 18–33.
- Scaramuzzi R. J., B. K. Campbell, J. A. Downing, N. R. Kendall, M. Khalid, M. Muñoz-Gutiérrez, A. Somchit. 2006. Pituitary responsiveness to LH-RH, the occurrence of oestradiol-17- β -induced positive feedback and the resumption of oestrous cycles in ewes post-partum. *J. Reprod. Nut. Dev.* 46, 339–354
- Sepúlveda, N. E. Rodero, M. Herrera. 2000. Crecimiento de corderos en función de la suplementación preparto de sus madres. *Producción ovina y caprina SEOC-España*, 25: 521-524.
- Shafiee-Kermani F, S. Han O., W. Miller L. 2007. Chronic gonadotropin-releasing hormone inhibits activin induction of the ovine follicle-stimulating hormone beta-subunit: involvement of 3',5'-cyclic adenosine monophosphate response element binding protein and nitric oxide synthase type I. *Endocrinology*.148: 3346–3355.
- Short R. E. Adams D.C. 1988. Nutritional and hormonal interrelationship in beef cattle reproduction. *J. Can. Anim. Sci.* 68: 29-39.

SIAP-SAGARPA. 2016. Sistema de Información Agropecuario. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx> (consultada 27 de junio de 2017).

Skinner, D.C., Evans, N.P., Delaleu, B., ba, R.L., Bouchard, P., Caraty, A., 1998. The negative feedback actions of progesterone on gonadotropin-releasing hormone secretion are transduced by the classical progesterone receptor. *Proceedings of National Academy of Sciences United States of America* 95, 10978–10983.

Smart D., I. Singh, R.F. Smith, and H. Dobson. 1994. Opioids and suckling in relation to inhibition of oestradiol-induced LH secretion in postpartum ewes. *J. Reprod. Fertility*, 101:115-119.

Snyder J.L., Clapper, J.A., Roberts, A.J., Sanson, D.W., Hamernik, D.L., Moss, G.E.1999. Insuline-like growth factor-I, insulin-like growth factor-binding proteins, and gonadotropins in the hypothalamic-pituitary axis and serum of nutrient-restricted ewes. *Biol. Reprod.*, 61:219-224.

Statistical Analysis System (SAS). 2014. SAS/STAT® 9.2 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.

Swanson T.J., L. A. Lekatz, M. L. Van E., G. A. Perry, C. S. Schauer, K. R. Maddock C., C. J. Hammer, and K. A. Vonnahme. 2017. Supplementation of metabolizable protein during late gestation and fetal number impact ewe organ mass, maternal serum hormone and metabolite concentrations, and conceptus measurements. *Domestic Anim. Endocrinol.* 58: 113–125.

Staples, C., Thatcher, W.W., García-Bojalil, C.M. & Lucy, M.C. 1992. Nutritional influence on reproductive function. En: *Large Dairy Herd Management American Dairy Sci. Assoc.* p. 382

- Staples, C.R, Burke, J.M. Thatcher, W.W. 1998. Influence of supplemental fats on reproductive tissues and performance of lactating cows. *Journal of Dairy Science* 81:856-871.
- Staples, C. R., and W. W. Thatcher. 1999. Nutrient influences on reproduction of dairy cows. *In: Animal Sciences Dept, Universidad de Florida.* pp: 21-35.
- SWENSON M. J. and W. Reece O. 1999. *Fisiología de los Animales Domésticos De Dukes (2ª ed.)*. México: Limusa.
- Trinder P. 1969. Determination of glucose in blood using glucose oxidase with an alternative oxygen acceptor. *Ann. Clin Biochem.* 6: 24-27.
- Thomas M, Boa GB, Williams GL (1997) Dietary fats varying in their fatty acid composition differentially influence follicular growth in cows fed isoenergetic diets. *Journal of Dairy Science* 75: 2512-2519.
- Valencia, Z. M., R. H. Castillo y V. J. M. Berruecos. 1975. Reproducción y manejo del borrego Tabasco o Pelibuey. *Téc. Pec. Méx.* 29: 66-72.
- Valencia Z., M., and E. Gonzalez-Padilla. Pelibuey sheep in Mexico. 1983. *In: Fitzhugh H., A., and G. E. Bradford (eds). Hair Sheep of Western Africa and the Americas.* Westview Press, Boulder Colorado. pp. 55-73.
- Vann, R., Tucker S., Ray, R., Baker, F. 2002. Reproductive efficiency can be influenced through cholesterol profiles in beef heifers fed a high fat cube. The University of Georgia, CAES, Department of Animal & Dairy Science, 2001/2002 Annual Report. 151-156.
- Wade G.N., J. E. Jones. 2004. Neuroendocrinology of nutritional infertility. *American Journal of Physiology, Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 287: 1277-1296.

- Wettemann R. P. 1993. Precalving nutrition/birth weight interaction and rebreeding efficiency. En Proc. The Range Beef Cow Symposium XIII. Cheyenne, WY, EEUU.
- Williams, L.G., and E. R. Stanko. 2000. Dietary fats as reproductive nutraceuticals beef cattle. Proceedings of the American Society.
- Wintermantel, T. M., Campbell, R. E., Porteous, R., Bock, D., Gróne, H. J., Todman, M. G., Korach, K. S., Greiner, E., Pérez, C. A., Schütz, G. and Herbison, A. 2006. Definition of estrogen receptor pathway critical for estrogen positive feedback to gonadotropin releasing hormone neurons and fertility. Neuron. 52: 271-280.
- Wheman, M.E., T.M. Welsh and G. L. Williams. 1991. Diet-induced hiperlipidemia in cattle modifies the intrafollicular cholesterol environment, modulates ovarian follicular dynamics, and hastens the onset of postpartum luteal activity. Biol. Reprod. 45:514-522.
- Wray, S. 2001. Development of luteinizing hormone releasing hormone neurones. J. Neuroendocrinol. 13: 3-11.
- Wray, S. 2002. Molecular mechanisms for migration of placodally derived GnRH neurons. Chem. Senses. 27: 569-572.