

UNIVERSIDAD DE CUENCA



FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

“Efecto de la grasa sobrepasante en el reinicio de la actividad ovárica y su relación con la glucosa y colesterol en vacas en período de transición”

Tesis de grado previa a la obtención del título de
“Médico Veterinario Zootecnista”

AUTORES:

CARLOS LUIS ORTUÑO BARBA
JAIME SANTIAGO LOJA PACHO

DIRECTOR:

DR. JHONNY NARVÁEZ TERÁN. Mg. Sc.

CUENCA – ECUADOR

2016



RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar la glucosa y colesterol como indicadores metabólicos a corto plazo del balance energético (BE) y el efecto de la grasa sobrepasante en vacas lecheras en el período de transición sobre reinicio de la actividad ovárica. Se realizó en la Granja Nero de la U. de Cuenca en 20 vacas Holstein Mestizas en período de transición, con 2 a 4 partos y una condición corporal (CC) \geq a 3,5, fueron divididas en un grupo testigo T1 ($n_1=10$) alimentadas con una dieta basal (pastoreo 90%, concentrado 8% y pre-mezcla mineral 2%) y un grupo experimental T2 ($n_2=10$) que se adicionó 300 g/vaca/día de grasa sobrepasante a su dieta hasta el día 60 post-parto (dpp), previo a un análisis bromatológico del pasto, balanceado y concentrado. Fueron tomadas una muestra de 10 ml sangre por venopunción coccígea semanalmente desde el día 11 al 60 dpp y se analizó los niveles séricos de glucosa y colesterol y progesterona (P4), evaluando también por ultrasonografía transrectal (Usx) tamaño folicular, presencia y tamaño de cuerpo lúteo (CL); finalmente, se evaluó condición corporal (CC). Los resultados fueron analizados con el programa estadístico SPSS® versión 22.0 y se aplicó las pruebas *Shapiro Wilk* y *Levene* para en análisis de Normalidad y Homogeneidad, respectivamente, aplicando un ADEVA y la prueba de U de Man de Whitney para establecer significancia. Se obtuvo un mejor valor promedio de glucosa para T2 ($P<0,05$) un $56,9\pm 1,52$ mg/dl, sin embargo, en el colesterol no existió diferencias ($P>0,05$) entre grupos. Para el tamaño folicular se obtuvo un mejor resultado hacia T2 ($P <0,05$) con $9,7\pm 0,30$ mm, pero en el tamaño de CL y P4 no existió diferencias ($P>0,05$), sin embargo, las vacas del T2 mostraron mejor IPPC (Intervalo Parto Primer Celo) con $52,7\pm 3,68$ días ($P <0,05$), comprobando que no existe correlación ($P>0,05$) entre los indicadores energéticos séricos y el reinicio del ciclo sexual según el estadístico Rho de Spearman; para la CC también mostró un mejor valor promedio con T2 con $3,0\pm 0,46$ y en períodos ($P<0,05$). En conclusión, la adición del grasa sobrepasante en vacas en periodo de transición reduce el IPPC y aumenta el nivel de glucosa sérica, pero no altera los niveles de colesterol.

Palabras Clave: GLUCOSA, COLESTEROL, GRASA, POSPARTO, PROGESTERONA.



ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate glucose and cholesterol as short-term metabolic energy balance (BE) and the effect of bypass fat in dairy cows in the transition on the resumption of ovarian activity. It was held at the farm Nero of University of Cuenca in 20 Holstein cows in transition, with 2 to 4 births and body condition (CC) ≥ 3.5 and were divided into a control group T1 (n1=10) fed a basal diet (pasture 90%, concentrated 8% premix mineral 2%) and an experimental group T2 (n2=10) was added 300 g/cow/day of fat to your diet the bypass fat until day 60 postpartum (dpp) prior to a chemical composition analysis of grass, balanced and concentrated. They were taken a sample of 10 ml blood by venipuncture cocigea at 11 days pre-partum (dap) and weekly until 60 dpp and serum levels of glucose and cholesterol and progesterone (P4) was analyzed, also evaluated by transrectal ultrasonography (Usx) follicle size, presence and size of the corpus luteum (CL) and finally, body condition (CC) was evaluated. The results were analyzed with the statistical program SPSS version 22.0 and testing *Shapiro Wilk and Levene* was applied to analysis of Normality and Homogeneity, respectively, applying an ANOVA and "U-Man Whitney" test to establish significance. The best average glucose value for T2 ($P < 0.05$) 56.9 ± 1.52 mg/dl, however, cholesterol there was no difference ($P > 0.05$) between groups was obtained. Existed in follicular size differences ($P < 0.05$) with better results in T2 (9.7 ± 0.30 mm), but the size of CL and P4 there was no difference ($P > 0.05$), however, T2 cows showed better 52.7 ± 3.68 IPPC days ($P < 0.05$), ensuring that there is no correlation ($P > 0.05$) between serum energy indicators and restarting the sexual cycle via the statistical Spearman Rho; finally in the CC also he showed a better average value T2 with 3.0 ± 0.46 and periods ($P < 0.05$). In conclusion, the addition of bypass fat in cows transition period reduces and increases IPPC serum glucose level, but does not alter cholesterol levels.

Keywords: GLUCOSE, CHOLESTEROL, FAT, POSTPARTUM,
PROGESTERONE



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
1.1. OBJETIVOS	4
1.2. Objetivo General:	4
1.3. Objetivos Específicos:	4
1.4. HIPÓTESIS	4
2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Nutrición y perfil metabólico de los bovinos en etapa de transición	5
2.1.1. Balance energético	5
2.1.2. Requerimientos energéticos de la vaca en producción	6
2.1.3. Condición corporal	6
2.1.4. Metabolismo de los lípidos en rumiantes.....	8
2.1.5. Grasa Sobrepasante	10
2.2. Perfiles Metabólicos	14
2.2.1. Glucosa.....	14
2.2.2. Colesterol.....	15
2.3. Reproducción del bovino lechero durante el período de transición.....	17
2.3.1. Fisiología del Puerperio.....	17
2.3.2. Dinámica folicular posparto	18
2.3.3. La Actividad Ovárica y su relación con el Balance Energético.....	20
2.3.4. Progesterona durante el posparto	21
3. MATERIALES Y MÉTODOS	23
3.1. Materiales	23
Biológicos.....	23
Físicos.....	23
Químicos.....	23
3.2. Métodos	24



3.2.1.	Área de estudio	24
3.2.2.	Característica de la Unidad de análisis	24
3.3.	Metodología de la investigación	25
3.3.1.	Determinación de la calidad de alimento	25
3.3.2.	Determinación de las necesidades energéticas	26
3.3.3.	Administración de la Grasa Sobrepasante	27
3.3.4.	Evaluación de la actividad ovárica	27
3.3.8.	Análisis Estadístico	29
4.	RESULTADOS.....	31
4.1.	Niveles de glucosa sérica durante el período posparto.	31
4.2.	Niveles de colesterol sérico durante el período de posparto	32
4.3.	Actividad ovárica	33
4.3.1.	Tamaño folicular.....	33
4.3.2.	Tamaño de cuerpo lúteo.	34
4.3.3.	Niveles de progesterona.	36
4.3.4.	Intervalo parto primer celo (IPPC) y su relación entre indicadores energéticos.	37
4.4.	Condición corporal.	38
5.	DISCUSIÓN	40
5.1.	Glucosa y Colesterol	40
5.2.	Actividad Ovárica	41
5.3.	Progesterona sérica	42
5.4.	Condición Corporal	43
6.	CONCLUSIONES	45
7.	RECOMENDACIONES	46
8.	BIBLIOGRAFÍA	47
9.	ANEXOS.....	55



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores de energía sugeridos para fuentes de grasa para las vacas lecheras.	12
Tabla 2. Valor energético de las grasas protegidas.....	12
Tabla 3. Resumen del diseño experimental	25
Tabla 4. Composición de ingredientes de la dieta basal en la Hda. Nero.....	25
Tabla 5. Análisis Químico Proximal (AQP) de las materias primas	25
Tabla 6. Necesidades energéticas de las vacas en etapa de lactancia estimada para vacas de 650 kg en la “Granja Nero”.....	26
Tabla 7. Aporte Energético de los alimentos proporcionados a los animales en estudio.	27
Tabla 8. Valores estadísticos descriptivos de la glucosa sérica (mg/dl) durante el período posparto de los dos tratamientos.....	31
Tabla 9. Valores estadísticos descriptivos del colesterol sérico (mg/dl) durante el período posparto de los dos tratamientos.....	32
Tabla 10. Valores estadísticos descriptivos del tamaño folicular (mm) durante el período posparto.....	34
Tabla 11. Valores estadísticos descriptivos del tamaño de cuerpo lúteo (mm) durante el período posparto	35
Tabla 12. Valores estadísticos descriptivos de los niveles de progesterona (ng/ml) durante el período posparto	36
Tabla 13. Valores estadísticos descriptivos del intervalo parto – primer celo durante el período posparto.	37
Tabla 14. Valores promedio y variabilidad la condición corporal (CC) durante el período posparto.....	38



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Grados de Condición Corporal en Bovinos de Leche.....	7
Figura 2. Metabolismo de Lípidos en Rumiantes	9
Figura 3. Mecanismos de acción a través de los cuales la suplementación con ácidos grasos poli insaturados puede afectar la función reproductiva	13
Figura 4. Valores promedios de la glucosa en los dos tratamientos durante el experimento (“x” en las curvas muestran significación $P<0,05$).....	31
Figura 5. Valores promedios del colesterol en los tratamientos durante el experimento (“x” en las curvas muestran significación $P<0,05$).	33
Figura 6. Valores promedios del tamaño folicular en los tratamientos durante el experimento (“x” en las curvas muestran significación $P<0,05$).....	34
Figura 7. Valores promedios del tamaño de cuerpo lúteo en los tratamientos durante el experimento (“x” en las curvas muestran significación $P<0,05$).....	35
Figura 8. Valores promedios de los niveles de progesterona (P4) en los tratamientos durante el experimento (“x” en las curvas muestran significación $P<0,05$).	36
Figura 9. Media de la condición corporal en los tratamientos durante el experimento (“x” en las curvas muestran significación $P<0,05$).....	38



ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Ubicación de la investigación.....	55
Anexo 2. Cálculo del % de TND del pasto de la granja “Nero” a partir del AQP correspondiente.	55
Anexo 3. Cálculo del % de TND del concentrado balanceado de la granja “Nero” a partir del AQP correspondiente	56
Anexo 4. Cálculo del % de TND de la grasa sobrepasante a partir del AQP correspondiente.	56
Anexo 5. Hoja de campo	57
Anexo 6. Pesaje y Administración de grasa sobrepasante	58
Anexo 7. Ecografías	58
Anexo 8. Plantilla de registro para la toma de datos en el estudio ultrasonográfico	60
Anexo 9. Toma de muestra sanguínea en una vaca del experimento.....	61
Anexo 10. Procesamiento de las muestras sanguíneas	62
Anexo 11. Preparación y lectura de las muestras.....	63
Anexo 12. Pruebas de normalidad y homogeneidad para la variable glucosa	64
Anexo 13. ADEVA de la variable glucosa durante el período posparto.....	64
Anexo 14. Pruebas de normalidad y homogeneidad para la variable colesterol.....	65
Anexo 15. Prueba de U de Mann Whitney para la variable colesterol.....	66
Anexo 16. Pruebas de normalidad y homogeneidad para la variable tamaño folicular..	66
Anexo 17. ADEVA de la variable tamaño folicular durante el período posparto.	67
Anexo 18. Pruebas de normalidad y homogeneidad para la variable tamaño de cuerpo lúteo.	68
Anexo 19. ADEVA del tamaño del cuerpo lúteo durante el posparto.	69
Anexo 20. Pruebas de normalidad y homogeneidad de la variable progesterona.....	70
Anexo 21. Prueba de U Mann Whitney para los niveles de progesterona sérica durante el posparto.	70
Anexo 22. Pruebas de correlación entre la progesterona y el tamaño de cuerpo lúteo	71
Anexo 23. Pruebas de normalidad y homogeneidad del intervalo parto-primer celo	71
Anexo 24. Prueba de U de Mann Whitney para el intervalo parto - primer celo	72
Anexo 25. Pruebas de correlación entre los indicadores metabólicos y el intervalo parto-primer celo	72
Anexo 26. Prueba de U Mann Whitney para la variable condición corporal durante el posparto.....	73



Carlos Luis Ortuño Barba, autor de la tesis “**Efecto de la grasa sobrepasante en el reinicio de la actividad ovárica y su relación con la glucosa y colesterol en vacas en período de transición**”, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Médico Veterinario Zootecnista. El uso que la Universidad de Cuenca hiciera de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor/a

Cuenca, 20 de abril del 2016

Carlos Luis Ortuño Barba

C.I: 0105180558



Carlos Luis Ortuño Barba, autor de la tesis “**Efecto de la grasa sobrepasante en el reinicio de la actividad ovárica y su relación con la glucosa y colesterol en vacas en período de transición**”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 20 de abril de 2016

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'C. Ortuño Barba', written over a horizontal line.

Carlos Luis Ortuño Barba

C.I: 0105180558



Jaime Santiago Loja Pacho, autor de la tesis **“Efecto de la grasa sobrepasante en el reinicio de la actividad ovárica y su relación con la glucosa y colesterol en vacas en período de transición”**, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Médico Veterinario Zootecnista. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor/a

Cuenca, 20 de abril del 2016

Jaime Santiago Loja Pacho

C.I: 0106624885



Jaime Santiago Loja Pacho, autor de la tesis **“Efecto de la grasa sobrepasante en el reinicio de la actividad ovárica y su relación con la glucosa y colesterol en vacas en período de transición”**, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 20 de abril de 2016



Jaime Santiago Loja Pacho

C.I: 0106624885



AGRADECIMIENTO

Ante todo nuestro agradecimiento al creador que nos ha dado la salud y la gracia de la vida que ha permitido cumplir con nuestras metas planteadas.

A la Universidad de Cuenca en especial a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y por su intermedio a todo el personal que forma parte de la Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia, por brindarnos sus conocimientos y permitirnos estudiar en tan prestigiosa institución.

A nuestro director de tesis el Dr. Jhonny Narváez, por su paciencia, dedicación y empeño, supo instruirnos en la práctica profesional de la Medicina Veterinaria y por sus palabras de aliento en los momentos oportunos, que nos ayudaron a seguir en adelante con este trabajo investigativo.

A los docentes Guillermo Guevara M.V.Z. Mg Sc, PhD; Manuel Soria M.V.Z. Mg Sc.; Andrés Galarza M.V.Z., Mg Sc; y a todos quienes aportaron de manera desinteresada con sus conocimientos y experiencia para el desarrollo de este trabajo.

Además nuestro más sincero agradecimiento a todo el personal que labora en la granja de Nero de la Universidad de Cuenca por su colaboración desinteresada en la realización de este trabajo, además un profundo agradecimiento a los docentes y estudiantes que nos apoyaron en la ejecución del trabajo de campo, gracias por apoyarnos siempre y por brindarnos una amistad sincera, para todos ellos muchas gracias.

CARLOS ORTUÑO B.

JAIME LOJA P.



DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico a mis padres, por su motivación y por su apoyo incondicional durante todas mis etapas de formación, que ha sido el principal pilar para poder alcanzar esta meta.

CARLOS LUIS ORTUÑO B.

Este trabajo y esfuerzo lo dedico: a mi mamá Mariana Pacho, a mi hermana Carmita Loja y a mis abuelos, maestros de la vida Federico Pacho y María Teresa León.

JAIME LOJA PACHO.



1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción lechera del austro ecuatoriano enfrentan una problemática de mucha importancia frente a las alteraciones del tipo nutricional, metabólico y reproductivo que se presentan durante el periodo de transición.

En el período de transición las demandas energéticas para mantener las funciones corporales y fundamentalmente para la producción de leche superan ampliamente la cantidad de energía que pueden obtener de la dieta, motivo por el cual los animales entran en un período de balance energético negativo (BEN) (Giuliodori, 2011)

El principal cambio fisiológico que ocurre en el bovino al acercarse al periodo de lactancia es el aumento de los requerimientos energéticos hasta en un 23% en el último mes preparto, durante este tiempo dado la localización anatómica del feto, al crecer este presiona al rumen ocasionando una disminución del consumo de materia seca por efecto de repleción gástrica hasta en un 30%, esto obliga a que el bovino movilice sus reservas corporales para suplir las necesidades energéticas tanto de mantenimiento como de producción, dando como resultado una cambio de la homeostasis de los metabolitos indicadores del Balance Energético, una condición corporal baja durante las primeras semanas preparto y aumento del número de días abiertos (Ceballos, Gomez, Vélez, Villa, & López, 2002).

Siendo puntos claves para analizar el aspecto económico del ganadero, aumentando el costo de producción por litro de leche. Por esta razón se ha buscado alternativas para minimizar el grado de afección del balance energético, mediante el aporte externo de energía en la dieta debido a que la mayor cantidad de energía que aportan los lípidos como las grasas sobrepasantes contribuyen a disminuir el BEN durante el periodo postparto temprano, lo que se traduce en una mayor producción de hormona luteinizante (LH) y de hormona folículo estimulante (FSH) por la hipófisis, reestableciendo la actividad sexual de la hembra (Hernández & Díaz, 2011) tomando en cuenta estos aspectos en la presente investigación se plantearon los siguientes objetivos.



1.1. OBJETIVOS

1.2. Objetivo General:

Evaluar los niveles de glucosa y colesterol como indicadores metabólicos a corto plazo del Balance Energético (BE) y el efecto de la grasa sobrepasante en vacas en el período de transición sobre reinicio de la actividad ovárica.

1.3. Objetivos Específicos:

- Determinar la relación entre glucosa y colesterol como indicadores a corto plazo de BE, en el período de transición y su influencia sobre el reinicio del ciclo sexual.
- Evaluar el tamaño de los folículos, Cuerpo Lúteo (CL) y el nivel de Progesterona sérica (P4) durante la etapa de posparto en vacas suplementadas con grasa sobrepasante
- Valorar la condición corporal de las vacas durante el posparto.

1.4. HIPÓTESIS

La adición de grasa sobrepasante en vacas durante el período de transición (pre y post-parto) mejora el reinicio de la actividad ovárica y aumenta los niveles de glucosa y colesterol



2. MARCO TEÓRICO

2.1. Nutrición y perfil metabólico de los bovinos en etapa de transición

2.1.1. Balance energético

El Balance Energético se refiere a la relación entre la cantidad de energía consumida y la requerida tanto para el mantenimiento como para la producción láctea (Giuliodori, 2011). Si el gasto de energía requerida es mayor que la energía consumida, el balance energético es negativo (García & Montiel, 2011). El balance es positivo cuando la energía ingerida es superior a la energía que se necesita para cubrir las demandas energéticas de los animales. Bajo estas circunstancias, los excesos se acumulan como depósitos de tejido adiposo (Giuliodori, 2011).

Las vacas lecheras, desde el periodo preparto hasta la octava semana posparto presentan balance energético negativo (BEN) debido a la disminución del consumo de materia seca en el preparto y al incremento en la demanda energética para la producción de leche en el posparto, que conlleva a una movilización lipídica para suplir sus requerimientos energéticos (Cucunubo, Strieder, Wittwer, & Noro, 2013), provocando una pérdida de la condición corporal en la vaca (Saborío & Sánchez, 2014).

Para evaluar el balance energético en condiciones de producción animal, se han propuesto y estudiado varios indicadores indirectos como la condición corporal, siendo considerada esta como un indicador a largo plazo (Giuliodori, 2011). Por otro parte, están los metabolitos que se asocian al metabolismo energético siendo estos representados por la glucosa y los lípidos (Duque, Olivera, & Rosero, 2007)



2.1.2. Requerimientos energéticos de la vaca en producción

La energía la proporcionan los carbohidratos, proteínas y grasas de la dieta de los animales, es medida en calorías y tratándose de ganado mayor, la unidad básica es la megacaloría (Mcal) (Gasque, 2008).

En vacas de alta producción, las necesidades de energía para producción suelen ser entre 2 a 3 veces las que necesitan para mantenimiento. Las necesidades energéticas de mantenimiento se determinan por la siguiente ecuación:

$$(0,08 \times PV^{0,75} \text{ Mcal de ENL/día})$$

PV= Peso Vivo

ENL= Energía Neta de Lactancia (NRC, 2001).

La energía requerida para lactancia es definida como la energía contenida en la leche producida y está determinada por la concentración de los componentes sólidos (grasa, proteína y lactosa) (Maiztegui, 2001).

Además hay gastos energéticos adicionales como la actividad que realizan los animales en sistemas de estabulación o pastoreo, que representa un 10% adicional del mantenimiento, el incremento de requerimientos por actividad va en función a la distancia caminada, topografía del terreno y peso vivo (Maiztegui, 2001).

2.1.3. Condición corporal

La calificación de la condición corporal nos permite estimar el estado de carnes en que se encuentra la vaca, considerando la cantidad de grasa en reservas que tienen los animales en una determinada etapa productiva (Escobosa & Avila, 2010). Es un método fácil, económico, aunque subjetivo que nos permite por medio de la observación evaluar las reservas de tejido corporal en las vacas, sin tener en cuenta el peso o el tamaño (Sakaguchi, 2009).

Esta evaluación visual se lleva a cabo mediante la asignación de una puntuación a la cantidad de grasa observada en varias partes del esqueleto de la vaca, principalmente el área delimitada por la tuberosidad coxal, la tuberosidad isquiática y la base de la cola. Se aprecia asimismo la cantidad de “cobertura”

sobre las vértebras de la espalda (Frasinelli, Casagrande, & Veneciano, 2004), la puntuación va de 1 a 5 (1= flaca, 5=gorda) con incrementos de 0,1 a 0,25; un punto de condición corporal equivale de 100 a 140 libras de ganancia de peso corporal (Kellogg, 2010).


























Grado de condición corporal	Vértebra en la espalda	Aspecto posterior del hueso pélvico	Aspecto lateral de la línea entre las caderas	Cavidad entre cola y la tuberosidad isquiática	
				Aspecto posterior	Aspecto lateral
1 Subcondicionamiento severo					
2 Esqueleto obvio					
3 Buen balance de esqueleto y tejidos superficiales					
4 Esqueleto no tan obvio como tejidos superficiales					
5 Sobrecondicionamiento severo					

Figura 1. Grados de Condición Corporal en Bovinos de Leche
Fuente Kellogg, (2010).

La condición corporal refleja las reservas energéticas del animal; especialmente en el postparto, cuando son utilizadas para atender la demanda energética, acentuándose más en vacas con alta producción y de primer parto (Maza, Salgado, & Vergara, 2001). Varios estudios corroboran que la condición corporal en vacas lecheras, influyen en la producción de leche, en el comportamiento reproductivo y en el estado de salud (Maza, Vergara, & Alvarez, 2006).

Después del parto las vacas utilizan las reservas para producción de leche, cuya grasa es sintetizada a partir de las reservas grasas movilizadas disminuyendo significativamente su condición corporal (Grijera & Bargo, 2005), y llevando a un retraso en la reactivación ovárica postparto, ya que para la vaca es más



importante la producción de leche que la presencia de celo (Montiel & Ahuja, 2005).

La movilización de reservas corporales, y la consecuente pérdida de CC, permite sostener más del 30 % de la producción durante el primer mes de lactancia (Grijera & Bargo, 2005).

2.1.4. Metabolismo de los lípidos en rumiantes

En el rumen los microorganismos modifican rápida y ampliamente a los lípidos de la dieta y en condiciones normales muy poca grasa pasa sin alteración por parte del rumen (Van Lier & Regueiro, 2008). Debido al pH ácido del rumen los lípidos se saponifican formando jabones insolubles de calcio y de magnesio y esta es la forma como el 70 a 80 % de los lípidos abandonan el rumen. El resto de los lípidos llegan al abomaso como fosfolípidos, especialmente de origen microbiano (Relling & Mattioli, 2003).

El proceso de síntesis de grasas a nivel ruminal depende de la cantidad de ácidos grasos consumidos, dentro del rumen ocurren cuatro procesos con los lípidos: hidrólisis, biohidrogenación, síntesis y saponificación de ácidos grasos que realizan siempre y en forma sucesiva (Relling & Mattioli, 2003).

El 85 al 90% de lípidos que salen del rumen son ácidos grasos saturados que se ligan a microorganismos y a partículas de alimento, siendo los principales el palmítico y el esteárico, del 10 al 15% restantes corresponde a los fosfolípidos microbianos que salen formando parte de la pared celular de los microorganismos para ser digeridos y absorbidos en el intestino delgado (García, 2012).

La bilis secretada por el hígado, junto con las secreciones pancreáticas (ricas en enzimas y bicarbonato) se mezclan con el contenido del intestino delgado, formando partículas mezclables con agua para que pueden entrar las células intestinales, en el intestino delgado una porción importante de ácidos grasos son ligados con glicerol (proveniente de la glucosa de la sangre) para formar triglicéridos (Gramal, 2013).

Los triglicéridos juntos con otros componentes (colesterol, ácidos grasos libres y sustancias relacionadas con lípidos) son cubiertos con proteínas formando las lipoproteínas de baja densidad, también llamadas proteínas ricas en triglicéridos, las cuales entran en los vasos linfáticos, pasan al canal torácico y llegan a la sangre para ser utilizadas por todos los tejidos del cuerpo (García, 2012).

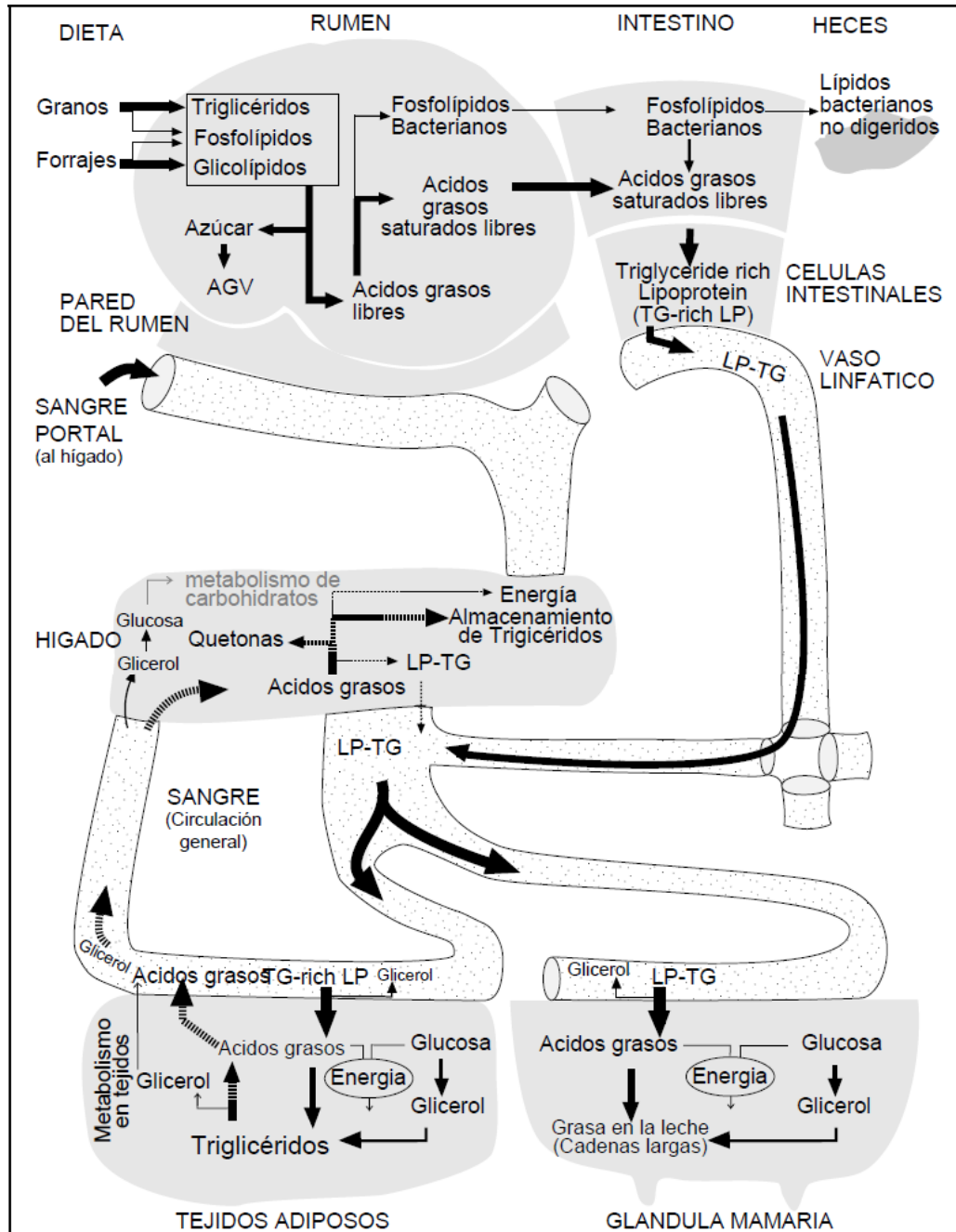


Figura 2. Metabolismo de lípidos en Rumiantes

Fuente: García (2012).



2.1.5. Grasa Sobrepasante

Las grasa sobrepasante es aquella que al ser sometida a diversos procesos de protección se hace "inerte al rumen", pasando por este sin interferir con la fermentación de la fibra, quedando libre en el abomaso y luego es digerida con alta eficiencia en el intestino, es empleada como concentrado energético en la alimentación animal, y se disocia en un medio ácido (pH 3) (Herrera & Calleja, 2011).

2.1.5.1. Grasa de sobrepaso natural

Son aquellas semillas oleaginosas enteras como soya algodón, canola, que cuando se alimenta sin procesamiento excepto secado tienen derivación natural de propiedades de grasa debido a su cubierta de la semilla dura exterior, que protege los ácidos grasos internos de la lipólisis y biohidrogenación en el rumen, sin embargo, durante la masticación por animales hay ruptura física de cubierta de la semilla quedando una pobre protección a la fermentación ruminal (Naik, 2013)

2.1.5.2. Grasa cálcica o jabones cálcicos

Las sales cálcicas son una combinación de ácidos grasos y calcio que se encuentran unidos entre sí mediante un enlace químico para formar una sal. Resultan de la saponificación de los ácidos grasos libres por iones calcio. A pH normales del rumen (6.0 - 6.3), estos jabones permanecen sin disociar, son insolubles en el líquido ruminal y por tanto inertes (Herrera & Calleja, 2011).

La mayoría de los jabones cálcicos disponibles en el mercado se fabrican a partir de los ácidos grasos destilados de la palma y sebo de res, cuyo perfil de ácidos grasos es apropiado para rumiantes, ya que su punto de fusión está en el rango de los 38 – 39°C el cual es próximo a la temperatura corporal del animal y son de alta digestibilidad (Rodríguez & Gómez, 2013).

La utilización de los jabones cálcicos permite la incorporación de un mayor nivel de ácidos grasos insaturados en la dieta de rumiantes. Esto es particularmente importante en el caso de los ácidos grasos esenciales (omega-6 y omega-3), los



cuales no solo aportan un efecto energético, sino que pueden tener efectos específicos sobre el metabolismo de tejidos y órganos. Generalmente el punto de fusión de las grasas cálcicas, está por encima de 100 °C y la solubilidad se presenta a niveles de pH por debajo de 5,5. Estos valores de temperatura y de pH no se presentan normalmente en el rumen. Sin embargo, a nivel del abomaso el pH disminuye hasta 2.0 - 2.5 por lo que se disocian, dando lugar al calcio y a los ácidos grasos libres correspondientes que son entonces digeridos en yeyuno (Herrera & Calleja, 2011). Esto permite la disociación de la sal carboxilada, dejando disponibles los ácidos grasos para su absorción (Hernández & Thaís, 2011).

Con base en lo anterior, se puede concluir que la suplementación a rumiantes con grasas sobrepasantes genera un incremento en la disponibilidad de ácidos grasos insaturados a nivel intestinal, y por lo tanto, se puede incrementar la absorción de los mismos y su incorporación a los tejidos (Hernández & Thaís, 2011).

Entre los inconvenientes que se presentan al administrar grasa sobrepasante cabe destacar su baja palatabilidad y su alto contenido en calcio lo que hace que disminuya el contenido energético de estos productos (Herrera & Calleja, 2011).

2.1.5.3. Cantidad de Energía que aportan las grasas sobrepasantes

La combustión completa de un gramo de grasa produce alrededor de 9,45 Kcal de energía neta, mientras que un carbohidrato típico genera alrededor de 4,4 Kcal. Por lo que, los lípidos en general aportan 2,25 veces más energía que las fuentes tradicionales (Hernández & Thaís, 2011).

**Tabla 1.** Valores de energía sugeridos para fuentes de grasa para las vacas lecheras.

Fuente de grasa	Grasa,%	Digestibilidad,%	La energía neta, Mcal / kg de grasa
Las sales de calcio de ácidos grasos (bypass)	84	86	2.67
Los ácidos grasos de sebo hidrolizadas (especial)	98	79	2.51

Fuente: NRC, (2001).

Tabla 2. Valor energético de las grasas protegidas.

Energía Bruta	Energía Digestiva Rumiantes	Energía Neta de Lactancia	Total de Nutrientes digeribles (TND)	Digestibilidad
7.9 Mcal/Kg	7.07 Mcal/Kg	5.75 Mcal/Kg	177%	90%

Fuente: Rodriguez & Gómez, (2013).

2.1.5.4. Adición de grasa sobrepasante en la dieta

La cantidad de grasa total en la dieta no debe exceder del 6% del total de la materia seca en la ración. Debido a que puede producir una disminución en el consumo de alimentos y afectar negativamente la digestión de la fibra (Portilla, 2001).

Se recomienda adicionar de 200-500 g/vaca/día para vacas de producción lechera. Y que como fuente de ácidos grasos para vacas en producción de 50-200 g antes del parto y posterior a este puede aumentar la cantidad hasta llegar a los 400-900 g. día durante el primer tercio de lactancia (Norel, 2013).

2.1.5.5. Efectos de la grasa sobrepasante en la Producción y Reproducción.

Las grasas forman parte de un grupo de moléculas orgánicas llamadas lípidos, los cuales cumplen muchas funciones en el organismo animal, que van desde funciones estructurales hasta funciones hormonales donde se destacan

hormonas de naturaleza lipídica como estradiol, progesterona, testosterona (Hernández & Thaís, 2011).

El uso de grasas protegidas mejora aspectos productivos y reproductivos, especialmente en ganado de leche entre ellos el incremento del porcentaje de sólidos totales en leche, el mantenimiento de la condición corporal y aumento en las tasas de preñez aproximadamente bordeando un 30% (Moyano & Rodríguez, 2014).

Se evidencian efectos positivos directos sobre la reproducción en el ganado bovino incrementando la fertilidad (Espinoza, Ortega, Palacios, & Guillen, 2010). no solo incrementando la concentración de LH sino el desarrollo, número y tamaño, de los folículos ováricos durante el período postparto temprano (Portilla, 2001).

La suplementación de grasa en vacas postparto es una alternativa efectiva para incrementar la densidad energética de la dieta y mejorar el comportamiento productivo y reproductivo (Zárate, Martínez, Vinay, Carballo, Hernández, & Villagomez, 2011).

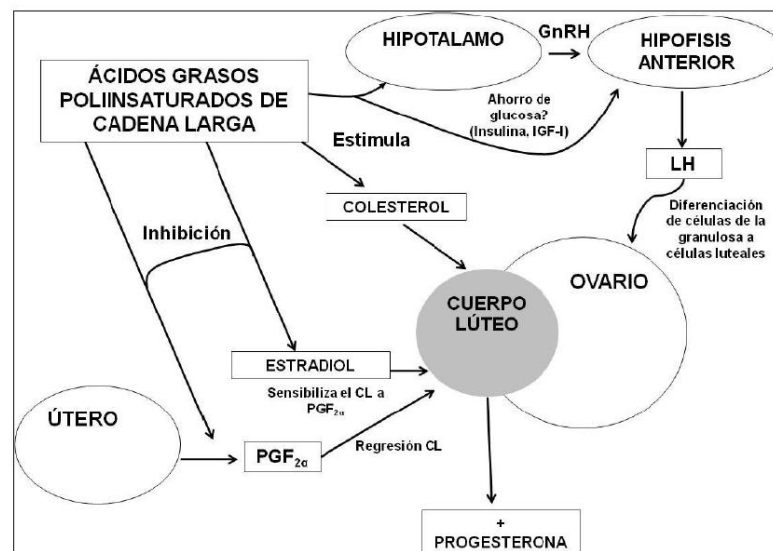


Figura 3. Mecanismos de acción a través de los cuales la suplementación con ácidos grasos poli insaturados puede afectar la función reproductiva

Fuente: Hernández & Thaís, (2011)



2.2. Perfiles Metabólicos

Es un método de diagnóstico que se basa en las mediciones hematoquímicas que se realiza en grupos representativos de animales, este análisis permite evaluar las alteraciones de tipo metabólico, el estado de salud y nutrición de los sistemas lecheros (Alvarez, 2004).

2.2.1. Glucosa

La glucosa es el primer representante del metabolismo energético en los animales, debido a que todos los tejidos requieren de un mínimo de glucosa, siendo ésta imprescindible para el cerebro, eritrocitos y glándula mamaria (Duque et al., 2007).

Para que se dé la captación de glucosa por parte de los tejidos se requiere la presencia de transportadores de membrana a nivel celular. Los transportadores más estudiados en especies rumiantes son: el transportador de glucosa tipo 1 (GLUT-1) y el tipo 4 (GLUT-4) inmersos principalmente en la captación de glucosa requerida para la síntesis de lactosa de la glándula mamaria (Pinto et al., 2009), la cual puede requerir hasta un 80% del total de glucosa producida (Duque et al., 2007).

La distribución de la glucosa en los diferentes tejidos está regulada por las dos hormonas pancreáticas, la insulina y el glucagón; la insulina inhibe y el glucagón estimula la gluconeogénesis. También regulan la lipólisis en el tejido graso y la cetogénesis en el hígado, siendo factores reguladores muy importantes en la adaptación del metabolismo de la energía (Başoğlu, Sevinç, Ok, & Gökçen, 1998).

Durante el balance energético negativo, la producción hepática de glucosa es directamente proporcional al ácido propiónico biosintetizado en el rumen a partir del ácido pirúvico o del ácido láctico. Durante el periodo de transición las bacterias ruminales utilizadoras de dichos ácidos, aún no presentan una tasa de crecimiento adecuada, por lo tanto durante esta etapa las vacas lecheras presentan una marcada hipoglucemia, en estas condiciones de hipoglucemia,



los mecanismos de regulación homeorrética le dan prioridad a la producción láctea sobre las funciones del organismo y movilizan sus reservas corporales con el fin de salvaguardar la producción láctea y asegurar la nutrición de la cría (García & Montiel, 2011).

Debido a las altas demandas de glucosa para la producción, la toma de glucosa por la glándula mamaria afecta la glicemia, la cual debe estabilizarse por incremento en la tasa de gluconeogénesis así como por la disminución en las tasas de oxidación de la glucosa (Galvis, Correa, & Ramírez, 2003). Una vaca lechera de 500 kg de peso vivo requiere 500 g de glucosa por día para mantenerse viva y sin perder peso, mientras que cuando produce 30 kg de leche por día los requerimientos se elevan a 2500 g diarios (Duque et al., 2007).

La glucosa actúa como señal del balance energético a nivel central y local, las cuales pueden influir a nivel hipotalámico en la secreción de la hormona liberadora de gonadotropina (GnRH). Así también, a nivel ovárico, los bajos niveles de glucosa pueden reducir la capacidad de respuesta ovárica a la acción de las gonadotropinas (Pinto et al., 2009), al ser el principal sustrato energético en el ovario bovino (Castro, 2011).

Como valores de referencia se mencionan para la etapa ante parto de 55 a 70 mg/dl; para la etapa posparto hasta la 5ª semana del posparto: 40 mg/dl. A partir de la 6ª semana posparto se presentan valores mayores a 50mg/dl (Hincapié, 2014).

2.2.2. Colesterol

El colesterol es el esteroide más abundante en los tejidos animales. Es un derivado del ciclopentanoperhidrofenantreno, siendo el hígado el principal lugar de síntesis (Moyano & Rodríguez, 2014).

Los cambios bioquímicos en la etapa de desbalance energético son reflejados también en la variación de los niveles de colesterol que puede ser utilizado como un indicador confiable del balance energético y nutricional de la vaca lechera al inicio de la lactancia (Ceballos et al., 2002).



La cantidad de lípidos consumidos en la dieta de los bovinos pueden estar relacionados con cambios en el patrón de fermentación ruminal, modificación plasmática de metabolitos lipídicos, incremento en la secreción de esteroides ováricos y otras hormonas involucradas en los procesos reproductivos de los animales domésticos (Moyano & Rodríguez, 2014), al ser el colesterol la molécula precursora de las hormonas esteroideas como la cortisona, los estrógenos y la testosterona (Campos, Carreño, & Gonzáles, 2004)

Concentraciones sanguíneas de colesterol pueden mejorar la biosíntesis lútea de progesterona, modular la dinámica folicular y acelerar la actividad lútea en el posparto temprano (Moyano & Rodríguez, 2014). Esto indica claramente que el reinicio de la actividad ovárica está íntimamente relacionada con factores metabólicos y endócrinos (Ceballos *et al.*, 2002).

El colesterol, es también un indicador de subfuncionalidad hepática, la alteración de la función hepática, puede ser responsable del retraso en la involución del útero, ya que las alteraciones metabólicas inducidas repercuten en la secreción hormonal en el postparto, retrasando la primera oleada de crecimiento folicular y la primera ovulación (Quintela *et al.*, 2003).

Las vacas suplementadas con lípidos incrementan la concentración de metabolitos como el colesterol y lipoproteínas, tanto en plasma sanguíneo como en el líquido folicular, favoreciendo la capacidad esteroidogénica de la células de la teca interna y de la granulosa, incrementando la síntesis de progesterona, hormona intermedia en la producción de 17 β -estradiol en los folículos primarios que se desarrollan durante el periodo posparto (Ceballos *et al.*, 2002).

En conclusión, las concentraciones séricas de colesterol total en las primeras semanas del postparto presentan una clara relación con el transcurso de la involución uterina, pudiendo resultar su determinación, de ayuda para prever posibles alteraciones en la involución del útero y de esta forma prevenirlas antes de que se produzcan (Quintela *et al.*, 2003).



Como valores de referencia se menciona que hasta la 4ª semana antes del parto: 130 ± 30 mg/dl; de 3 semanas antes del parto hasta 2 semanas posparto 85 ± 15 mg/dl; y a partir de la 3ª semana posparto: 160 ± 15 mg/dl (Hincapié, 2014).

2.3. Reproducción del bovino lechero durante el período de transición

2.3.1. Fisiología del Puerperio

Este periodo comprende de 3 semanas antes a 3 semanas después del parto. Donde la nutrición de la vaca lechera es primordial ya que la vaca sufre un gran cambio de vaca seca a una de alta producción, provocando grandes necesidades metabólicas; afectando la salud, producción y reproducción de la vaca (Avila, 2012). Durante este período el animal se ve obligado a adaptarse a nuevas condiciones metabólicas y fisiológicas que le exigen el pasar de un estado de preñez y sin producir leche a un estado de no preñez y producir grandes cantidades de leche, además durante las 2 a 4 últimas semanas de gestación se produce un aumento significativo de las necesidades energéticas debido al desarrollo fetal y a la síntesis de calostro (Fernández, 2009).

El Puerperio se divide en tres etapas:

- a. *Puerperio Temprano, recientemente precoz.* Se extiende desde la expulsión del feto hasta 14 días post-parto.
- b. *Puerperio Intermedio:* Se prolonga entre los 15 días hasta la primera ovulación (H. Schroeder, 1999). Este período es sumamente irregular y los factores que afectan el inicio de la ovulación y el ciclo ovárico después del parto incluyen: edad, raza, nutrición, ordeñas por día, amamantamiento, estación del año, problemas del puerperio y por último la presencia del toro (López, 2010). Para el ganado de leche la primera ovulación suele presentarse alrededor de los días 10 a 25 del parto.
- c. *Puerperio pos ovulatorio.* Se extiende desde la primera ovulación hasta 45 d. posparto aunque la duración llega a los 52 o 56 días donde se da la completa restauración uterina (H. Schroeder, 1999).



Modificaciones que suceden durante el puerperio

- Restablecimiento de la forma del cérvix
- Disminución de la luz y del volumen uterino
- Involución caruncular y reparación endometrial
- Ciclo de eliminación de los loquios
- Flora bacteriana, infección uterina y mecanismos de defensa
- Reinicio de la Ciclicidad

Después del parto, el eje hipotálamo-hipofisario reanuda la secreción normal de la Hormona Folículo Estimulante (FSH). Una a dos semanas después del parto, las concentraciones de FSH aumentan durante 2 a 3 días, esto inicia la aparición de la primera onda folicular posparto y la selección del primer folículo dominante. La primera ovulación raras veces va acompañada de la expresión concomitante de celo, y la duración del primer ciclo suele ser corta. La regresión precoz del cuerpo lúteo parece deberse a la liberación prematura de Prostaglandina F2 alfa ($PGF2\alpha$), que a su vez es el resultado de la falta anterior de progesterona entre el parto y la primera ovulación. El intervalo desde el parto hasta la primera ovulación es afectado por la condición corporal (CC) antes y después del parto (Rutter, 2002).

El ovario ipsilateral del cuerpo uterino que no estuvo gestante, inicia su actividad folicular más rápidamente que el ovario correspondiente al cuerno que estuvo gestante, es así que cuando se presentan las primeras ovulaciones entre los 10-15 primeros días del parto se registran en un 90% al ovario que corresponde al cuerno uterino que no estuvo gestante (H. Schroeder, 1999)

2.3.2. Dinámica folicular posparto

La dinámica folicular postparto inicia con el reclutamiento de la primera onda folicular, en donde el balance energético se relacionará directamente con el número folículos en cada onda folicular, el diámetro máximo alcanzado por el folículo dominante, el periodo parto-primera ovulación y la cantidad de progesterona producida por el primer cuerpo lúteo (CL) (Motta, Ramos, González, & Castro, 2011). El inicio de la actividad sexual posparto comúnmente



se considera que se produce con la manifestación del primer celo siguiente al parto. Sin embargo, alrededor de los 14 días siguientes al parto es frecuente la formación de pequeños folículos, los folículos grandes resultan más comunes a medida que transcurre el tiempo, aunque muchas veces desaparecen sin haber formado cuerpo lúteo (Bavera, 2005).

Bajo condiciones normales el desarrollo folicular se inicia entre los 5 y 10 días posteriores al parto y se puede presentar la primera ovulación entre los 15 a 34 días (Fernandez de Córdova, 2009). El periodo promedio después del parto a la ruptura del primer folículo ovárico comprenden un rango de 14 a 35 días (López, 2010). La primera ovulación suele presentarse a los 25 días posparto (finalización del período intermedio) y considera que los folículos a ovular tienen un diámetro de 12 mm, aunque se puede presentar la ovulación a partir del 10^o al 15^o día posparto (H. Schroeder, 1999). Muchas vacas lecheras ovularan entre 20 a 30 días, sin embargo, un alto porcentaje de estas ovulaciones ocurrirán sin demostración de estro denominándolas como calores silenciosos u ovulaciones silenciosas (Bearden & Fuquay, 1982).

La ovulación del folículo dominante solamente ocurre cuando este es expuesto a una adecuada frecuencia de pulsos de LH (aproximadamente 1 pulso/h), lo que permitirá el incremento en el tamaño del folículo y la producción de estradiol, la cual eventualmente puede conllevar a un pico de LH y una ovulación (Baez, 2010).

Algunas vacas tienen ovarios relativamente inactivos sin crecimiento folicular marcado, estos folículos alcanzan tamaños menores a 10 milímetros dentro de 10 a 15 días después de esta inactividad puede ser el resultado de la secreción de LH insuficiente asociada con la ingesta de energía inadecuada durante el periodo postparto temprano (Lucy, Savio, Badinga, De La Sota, & Thatcher, 1992).

De estos animales menos del 30% muestran manifestaciones externas de celo durante su primera ovulación (H. Schroeder, 1999), por lo que se llaman “calores silenciosos u ovulaciones silenciosas” (Baerden & Fuquay, 1982), y a medida que pasa la segunda y tercera ovulación pospartal las manifestaciones externas



de celo se hacen evidentes, solamente un 30% de animales muestran celo silente en la 2ª y 3ª ovulación (H. Schroeder, 1999).

El Cuerpo Lúteo se identifica a partir de 2 o 3 días después de la ovulación, y crece 1-2 mm por día. Aparece grisáceo, y muchas veces con una pequeña cavidad central con líquido y alguna trabécula visible (60-70%), y son a veces mal llamados cuerpos lúteos quísticos ya que no poseen efecto significativo sobre la fertilidad, ni sobre la duración del ciclo, ni en la concentración plasmática de progesterona, respecto de los no cavitarios, generalmente puede ser identificado en ecografías de 4 días después de que se produce la ovulación (Quintela, Díaz, García, Peña, & Becerra, 2006)

El ganado bovino en su naturaleza es poliéstrico, pero experimenta un periodo de infertilidad posparto que varía en su duración y es dependiente de múltiples factores. Este periodo de quiescencia reproductiva se compone de un periodo inicial de anovulación (falta de ciclos ovulatorios recurrentes) y anestro (ausencia de la expresión del estro). Que puede ser definido como la ausencia de conducta estral y ovulación (Grajales, Hernández, & Prieto, 2010). La duración de este periodo es regulada principalmente por dos factores: el amamantamiento y el consumo de nutrientes antes y después del parto. Interfiriendo con la liberación hipotalámica de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH), cuya cantidad resulta insuficiente para estimular a la hipófisis, provocando una marcada supresión en la liberación pulsátil de la hormona luteinizante (LH) (W. Schroeder, 1999).

2.3.3. La Actividad Ovárica y su relación con el Balance Energético.

Se considera que el balance energético sería el principal factor regulador del retorno a la actividad ovárica en las hembras bovinas (Giuliodori, 2011).

Un balance energético negativo, retrasa el inicio de la actividad ovárica por lo que impide la liberación pulsátil de Hormona Luteinizante (LH) (Maza et al., 2001), asumiendo que esta disminución de LH, es consecuencia directa de baja secreción de la hormona estimuladora de las gonadotropinas (GnRH) a nivel hipotalámico (Hernández & Thaís, 2011). Un atraso en la ovulación postparto



está directamente relacionado con el estatus energético de la vaca, o sea que cuanto mayor es el BEN, mayor es el tiempo que transcurre hasta la primera ovulación (Sartori, 2009).

Influye también en la función luteal de vacas lecheras, con reducción de la fase del ciclo estral y la concentración de progesterona posparto, siendo esta hormona necesaria en ese momento para la regulación de los cambios en el ambiente uterino haciéndolo propicio para el crecimiento y desarrollo del embrión (Arthur, Noakes, & Garnsworthy, 1992), comprometiendo la manifestación del estro, concepción y sobrevivencia embrionaria. (Maza et al., 2001). Así, se ha observado un retraso de 1,25 días por cada 2,38 Mcal de ENL que desciende el nadir del Balance Energético (BE) (Giuliodori, 2011).

2.3.4. Progesterona durante el posparto

En los 30 días previos al parto se presentan notables cambios en la endocrinología circulatoria dejando ver un aumento paulatino de los niveles de estrógenos y una lenta disminución en el nivel de la progesterona sérica (Cano Celada, 2007).

El descenso de los niveles de progesterona durante el parto facilita la pronta involución uterina, pero esta depende principalmente el aumento de $PGF2\alpha$ durante los primeros 20 días del puerperio, es decir que la $PGF2\alpha$ es la responsable de la involución uterina y cierre del cuello uterino durante el puerperio temprano (H. Schroeder, 1999)

En el periodo del Balance Energético Negativo (BEN) se produce la primera ovulación posparto con la formación del Cuerpo Lúteo (CL), los niveles de progesterona después de la ovulación indican la funcionalidad del CL, cuando se presentan niveles bajos de progesterona se produce una deficiencia uterina, causando bajos niveles de concepción. El primer CL posparto es de menor diámetro y con menos vida media por lo tanto produce niveles de progesterona por debajo del rango normal, en vacas con una alto plan nutricional luego de la segunda ovulación los niveles de progesterona secretados están dentro del rango normal, no así en las vacas que poseen un plan nutricional deficiente



especialmente en energía, ya que seguirán desarrollando un CL de menor diámetro que produce bajos niveles de progesterona (Henao, 2001).

La progesterona (P4) es la encargada de la formación del endometrio para la implantación y mantenimiento de la nueva gestación, estimulando la secreción de nutrientes para el embrión hasta que se dé lugar a la formación de la placenta. La progesterona llega a inhibir las contracciones uterinas, torna más viscoso al moco cervical, cierra el cérvix y estimula en la glándula mamaria la formación de alveolos y la secreción de leche (Cano Celada, 2007).

La concentración plasmática de P4 suele ser un indicador indiscutible de diferentes eventos reproductivos en la vaca. Entre ellos se encuentran el reinicio de la actividad ovárica posparto, donde concentraciones de P4 por arriba de 1 ng/ml definen la presencia de un cuerpo lúteo funcional, señal de que ha ocurrido la ovulación (Salas, Herrera, Gutierrez, Ku-Vera, & Aké-López, 2011).



3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales

Biológicos

- 20 vacas Holstein Friesian en período de transición

Físicos

- Tubos Vacutainer sin anticoagulante de 10 ml
- Agujas Vacutainer
- Capuchón
- Alícuotas
- Centrífuga
- Espectrofotómetro genesys 20 Thermo Scientific
- Cubetas de 1,0 cm de paso de luz
- Pipetas
- Tubos de borosilicato
- Ecógrafo Mindray Mod: DP-6600Vet
- Transductor lineal de 7,5 Mhz
- Guantes
- Registros

Químicos

- Kit de reactivo para Colesterol – LQ Spinreact
- Kit de reactivo para Glucosa – LQ Spinreact
- Grasa sobrepasante (MAGNAPAC)



3.2. Métodos

3.2.1. Área de estudio

La investigación se realizó en la “Granja Nero” de la Universidad de Cuenca ubicada en la Provincia del Azuay, cantón Cuenca, Parroquia Baños, Sector Nero ($2^{\circ}57'32.4''S$ $79^{\circ}06'13.2''W$) (Anexo 1), que se encuentra a una altitud de 3.100 m.s.n.m. con una temperatura promedio de 8 °C y una pluviosidad que varía de 500-1000 mm anuales según la Estación Meteorológica de la Universidad de Cuenca, zona netamente ganadera por las condiciones topográficas y climatológicas en las que se encuentra. El análisis de la glucosa, colesterol fueron realizados en el laboratorio clínico de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la U. de Cuenca y el análisis de la progesterona sérica fueron analizados en el laboratorio JJPAZ, ubicado también en la ciudad de Cuenca.

3.2.2. Característica de la Unidad de análisis

En esta investigación se seleccionaron e identificaron 20 vacas Holstein Mestizas en etapa de transición, que se encontraban dentro del grupo de las vacas secas, con una condición corporal superior a 3,5; entre el segundo al cuarto parto, clínicamente sanas, todos los datos fueron constatados en los registros de sanidad y de reproducción de la granja. Los animales fueron trasladados 21 días antes del parto desde el grupo de vacas secas hasta el potrero designado para las vacas en preparto, en donde permanecieron al pastoreo que se manejaba mediante cerca eléctrica.

Los animales fueron divididos en dos grupos, un testigo T1 ($n_1=10$), y un experimental T2 ($n_2=10$), donde T1 fueron alimentados únicamente con la dieta basal (Tabla 4), y el T2 fueron administrados 300 g/vaca/día de grasa sobrepasante a la dieta basal.

Tabla 3. Resumen del diseño experimental

Tratamiento	Descripción	Nº de animales
T1	Dieta Basal	10
T2	Dieta Basal + 300 gr de grasa sobrepasante	10

Fuente: Los Autores

Tabla 4. Composición de ingredientes de la dieta basal en la Hda. Nero

Ingredientes.	% Dieta Basal
Pasto (MV – Pastoreo).	90
Concentrado (Maíz, Soya, Melaza, Fibra)	8
Pre-mezcla (vitaminas y minerales) 80 – 120 g/día/animal.	2

Fuente: Los Autores

3.3. Metodología de la investigación

3.3.1. Determinación de la calidad de alimento

Se tomó 2 kg de pasto al azar de 4 potreros de la granja Nero, 2 kg de concentrado balanceado y 2 kg de grasa fueron empacados, refrigerados y enviados al Laboratorio de Servicio de Análisis e Investigación en alimentos de la Estación Experimental “Santa Catalina” del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) (Tabla 5).

Tabla 5. Análisis Químico Proximal (AQP) de las materias primas

Identificación	Humedad	Cenizas	Grasa	Proteína	Fibra	E.L.N.
	%	%	%	%	%	%
Potrero N° 1	79,62	9,58	3,73	20,50	25,99	40,20
Potrero N° 2	81,63	11,31	3,44	21,18	26,99	37,08
Potrero N° 3	81,34	9,93	4,13	23,97	27,51	34,46
Potrero N° 4	78,00	9,03	3,37	12,76	28,68	46,16
Grasa Sobrepasante	3,5	12,93	84	0,23	2,43	0,84
Concentrado Balanceado	12,04	8,65	2,68	10,64	14,00	64,04

Fuente: Estación Experimental “Santa Catalina” INIAP



3.3.2. Determinación de las necesidades energéticas

A partir de estos resultados se procedió a realizar el cálculo de Total de Nutrientes Digestibles (TND) a partir del Análisis Químico Proximal (AQP) para el pasto, balanceado y la grasa sobrepasante. A partir del $\% T.N.D. = \sum[PCD + FCD + ELND + (EED \times 2,25)]$ Adaptado de (NRC, 2001). se calculó la Energía Neta de Lactancia (EN_L) con la siguiente fórmula: EN_L (Mcal/kg) = $(0.0245 \times TDN(\%)) - 0.12$ (NRC, 2001). Este valor se multiplicó en el caso del pasto por el consumo diario de Materia Seca a partir de forraje 3% del Peso Vivo de los animales (Wattiaux & Howard, 1991) (Anexo 2), y para el caso del balanceado se multiplicó por la cantidad de kilogramos que consumen los animales a diario (Anexo 3), por último para la grasa sobrepasante se obtuvo el valor de energía que aporta cada gramo y se multiplicó por la cantidad de gramos administrada diariamente a cada animal (Anexo 4).

Finalmente se comparó las necesidades energéticas de una vaca de 650 kg (peso promedio) criada en la Granja Nero en etapa de lactancia y se sumó el gasto energético utilizado en la movilización considerando que se gasta 6,7 kcal/kg/km recorrido (Sánchez & Ortíz Mena, 1977) y en la regulación de la temperatura donde se considera que se gasta 0,7 kcal/kg/cada grado menor a 20 grados centígrados (Gonda, 2008), en nuestro caso se calculó a una temperatura promedio de 8°C (Tabla 6).

Tabla 6. Necesidades energéticas de las vacas en etapa de lactancia estimada para vacas de 650 kg en la “Granja Nero”.

Actividad	Energía Neta (Mcal)
Producción y mantenimiento	19,4
Gasto en movilización 2 km.	8,7
Gasto en Regular Temperatura	5,4
Total	33,5

Fuente: Los Autores



En consecuencia una vaca con un peso promedio de 650 kg gasta 33,5 Mcal por día, por tanto con la adición de 300 g/día de grasa sobrepasante una vaca de 650 kg en la granja de Nero recibe 36,11 Mcal por día quedando por tanto establecida la dosis diaria de suplementación de grasa sobrepasante a 300 g/día/vaca (Tabla 7).

Tabla 7. Aporte Energético de los alimentos proporcionados a los animales en estudio.

Nutriente	Energía Neta de Lactancia (Mcal)
Forraje	27,70
Concentrado Balanceado	7,70
Grasa Sobrepasante	1,23
Total Aporte	36,11

Fuente: Los Autores

3.3.3. Administración de la Grasa Sobrepasante

La adición de grasa sobrepasante se realizó a partir del día 21 antes del parto adicionando 50 g/vaca/día como dosis de adaptación y se subió paulatinamente la dosis alcanzando los 200 g/vaca/día al momento del parto; y posteriormente se administró una dosis fija de 300 g/vaca/día hasta los 60 días posparto. La grasa fue adicionada de manera individual a cada animal mezclándola con la dosis diaria de balanceado (2 kg) que reciben los animales al momento del ordeño (Anexo 6).

3.3.4. Evaluación de la actividad ovárica

La actividad ovárica se evaluó mediante la observación de varios factores que se detallan a continuación: la presencia del folículo, el tamaño del folículo, el tamaño de cuerpo lúteo, la presencia de un cuerpo lúteo que indica que hay actividad ovárica, además se midieron las concentraciones de progesterona sérica y se cuantificó los días que pasaron desde el parto hasta la aparición del primer celo visible.



3.3.4.1. Tamaño de folículo

Se evaluó a través de ultrasonografía vía transrectal (Ecógrafo Mindray), usando un transductor lineal de 7,5 MHz a partir del día 11 posparto, una vez por semana valorando la presencia y el tamaño de los folículos en milímetros, independientemente de en qué fase del ciclo estral se encontraba cada animal, las mediciones se realizaron hasta 60 días posparto obteniendo un total de 7 mediciones (Anexo 7).

3.3.4.2. Tamaño de cuerpo lúteo

Se midió también por ultrasonografía a partir del día 21 posparto una vez por semana valorando la presencia y el tamaño del cuerpo lúteo en milímetros obteniendo un total de 7 mediciones (Anexo 7).

3.3.4.3. Intervalo parto primer celo (IPPC)

Se evaluó mediante la observación de las manifestaciones externas del celo, y se consideró el número de días que transcurrió desde el parto hasta la primera manifestación visible del celo.

3.3.5. Valoración de la Condición Corporal

Para la valoración de la condición corporal se utilizó la escala de 1 a 5 del NIRD (National Institute of Research in Dairying); en donde 1 es flaca y 5 es obesa. La valoración se realizó cada 10 días desde el momento del parto hasta el día 60 del experimento con un total de 7 mediciones.

3.3.6. Determinación de glucosa y colesterol

Se realizó un muestreo semanal desde el día 1 hasta el día 60 posparto una vez por semana obteniendo un total de 7 muestras de sangre mediante punción coccígea (Anexo 9), las muestras fueron colectadas en tubos Vacutainer® de 10 ml sin anticoagulante y centrifugadas inmediatamente a 4000 rpm durante 10 minutos para la separación del plasma y suero, este último se separó y se congeló a -20 °C en alícuotas de 2ml para ser analizados posteriormente. Las muestras fueron trasladadas al Laboratorio Clínico de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Cuenca para su respectivo análisis (Anexo 10). La técnica utilizada en el laboratorio que se detalla a continuación está establecida por SPINREACT, S.A.:



1. Ajustar el espectrofotómetro:
 - Longitud de onda 505 nm.
2. Encerar espectrofotómetro con agua destilada.
3. Pipetear en tubos de borosilicato:
 - 1 ml de Reactivo
 - 10 uL de suero sanguíneo
4. Mezclar e incubar a baño maría por 10 minutos a 37°C
5. Trasladar la mezcla de los tubos de borosilicato a una cubeta de 1 cm de paso de luz
6. Leer la absorbancia
7. Realizar el cálculo correspondiente:
 - Glucosa: $\frac{Muestra}{Patrón} \times 100 = mg/dL$
 - Colesterol: $\frac{Muestra}{Patrón} \times 200 = mg/dL$

3.3.7. Evaluación de progesterona

Se realizó un muestreo semanal después del parto, obteniéndose muestras de sangre mediante punción coccígea, las muestras se colectarán en tubos Vacutainer® de 10 ml sin anticoagulante, las muestras fueron centrifugadas inmediatamente a 4000 rpm durante 10 minutos para la separación del suero, este último se separó y refrigeró a -20 °C en alícuotas de 2ml para ser analizados posteriormente (Anexo 11). Las muestras fueron trasladadas al laboratorio “JJPAZ” para su análisis, en el laboratorio se utilizó la técnica analítica Radio Inmuno Análisis, este parámetro se cuantificó en ng/ml.

3.3.8. Análisis Estadístico

Con los resultados obtenidos en el campo y en el laboratorio se procedió a elaborar una base de datos en el programa informático Excel para luego trasladar estos datos al programa SPSS® versión 22.0 para el análisis estadístico respectivo. El diseño que se utilizó fue un completamente al Azar (DCA), y las variables en estudio fueron separadas en variables paramétricas (glucosa,



colesterol, tamaño folicular, tamaño de cuerpo lúteo, progesterona sérica) y no paramétricas (condición corporal).

Los resultados obtenidos se sometieron a las siguientes pruebas estadísticas: Prueba de normalidad Shapiro Wilk y prueba de homocedasticidad de Levene, ambas al 5%. A las variables que cumplieron con los supuestos de normalidad y homogeneidad se aplicaron un análisis de varianza (ADEVA), y a las que no, se aplicó la prueba de “U de Mann Whitney”

4. RESULTADOS

4.1. Niveles de glucosa sérica durante el período posparto.

Al analizar los valores promedios de glucosa sérica (mg/dl) de los dos grupos en estudio, se obtuvo valores más altos en el experimental (Tabla 8). Al realizar el análisis estadístico los datos cumplieron los supuestos de normalidad y homogeneidad según las pruebas estadísticas de Shapiro Wilk y Levene, respectivamente (Anexo 12). Posteriormente se aplicó un análisis de varianza (ADEVA), donde se comprobó la existencia de diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los tratamientos (Anexo 13).

Tabla 8. Valores estadísticos descriptivos de la glucosa sérica (mg/dl) durante el período posparto de los dos tratamientos.

Tratamientos	Media	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
Control	50,1 ^a	1,68	46,95	53,84
Experimental	56,9 ^b	1,52	53,70	59,89

* Letras diferentes en la misma columna muestran diferencias significativas ($P < 0,05$) según ADEVA

Fuente: Los Autores

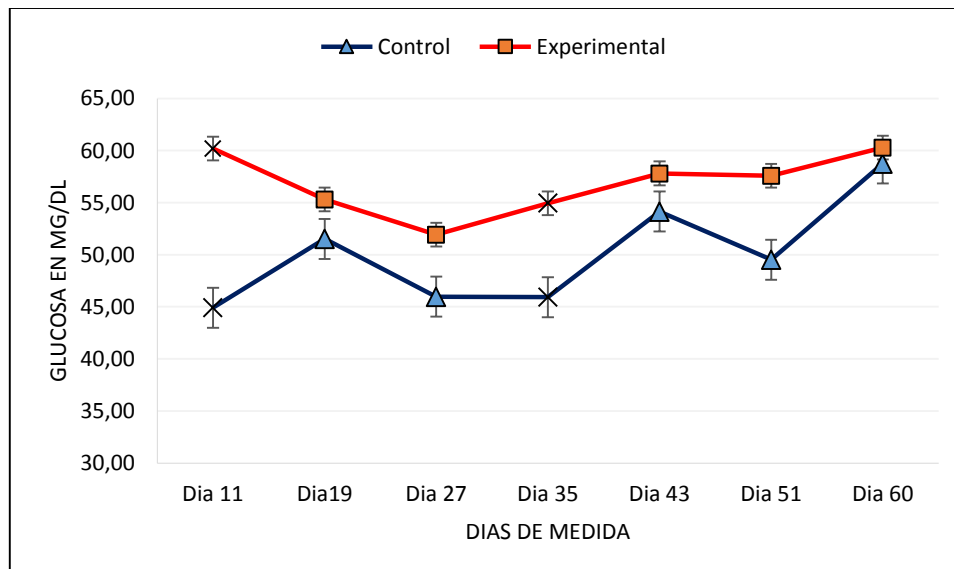


Figura 4. Valores promedios de la glucosa en los dos tratamientos durante el experimento ("x" en las curvas muestran significación $P < 0,05$).



Al analizar los valores de glucosa durante el período de la investigación se realizaron siete mediciones en diferentes días posparto, como se puede apreciar en la figura 4 donde se detalla el comportamiento de la glucosa en los dos grupos en las curvas marcadas, sin embargo, se comprobó únicamente la existencia de diferencias significativas ($P < 0,05$) en los días 11 y 35 de la medición (Anexo 13)

4.2. Niveles de colesterol sérico durante el período de posparto

En el análisis de los valores promedios de colesterol sérico (mg/dl) de los dos tratamientos, se obtuvo valores más altos en el grupo experimental (Tabla 9). Al realizar el análisis estadístico los datos no cumplieron los supuestos de normalidad y homogeneidad según las pruebas estadísticas de Shapiro Wilk y Levene, respectivamente (Anexo 14). Consecuentemente a estas pruebas se aplicó la prueba “U de Mann Whitney” para establecer significancia, donde se comprobó que no existió diferencias significativas ($P > 0,05$) entre los tratamientos (Anexo 15).

Tabla 9. Valores estadísticos descriptivos del colesterol sérico (mg/dl) durante el período posparto de los dos tratamientos.

Tratamientos	Media	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
Control	122,9	4,36	114,29	131,68
Experimental	132,4	4,85	122,73	142,09

Fuente: Los Autores

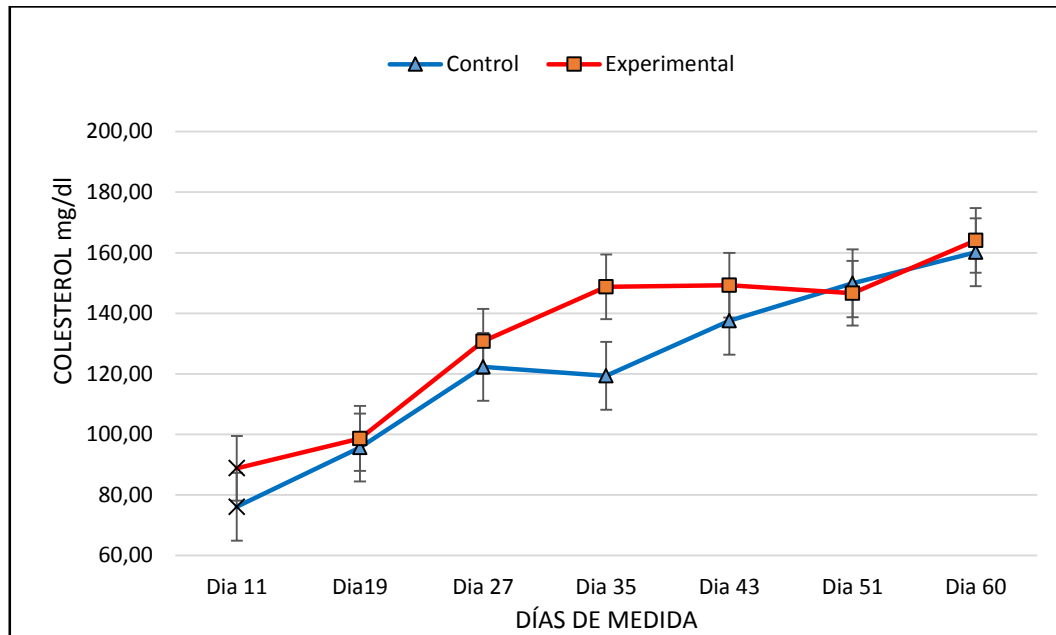


Figura 5. Valores promedios del colesterol en los tratamientos durante el experimento (“x” en las curvas muestran significación $P < 0,05$).

Al evaluar los valores del colesterol sérico durante el período, se evaluó también en siete mediciones como se puede apreciar en la figura 5, donde están referidas el comportamiento de los dos tratamientos expresadas en las curvas de la figura, sin embargo, se comprobó únicamente la existencia de diferencia significativa ($P < 0,05$) en día 11 del período (Anexo 15).

4.3. Actividad ovárica

4.3.1. Tamaño folicular.

Al observar los valores promedios del tamaño folicular (mm) de los dos tratamientos, se obtuvo valores más altos en el grupo experimental (Tabla 10). En el análisis estadístico los datos cumplieron con los supuestos de normalidad y homogeneidad según las pruebas estadísticas de Shapiro Wilk y Levene, respectivamente (Anexo 16). Consecutivamente se aplicó un análisis de varianza (ADEVA), donde se comprobó la existencia de diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los tratamientos (Anexo 17).

Tabla 10. Valores estadísticos descriptivos del tamaño folicular (mm) durante el período posparto

Tratamientos	Media	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
Control	8,3 ^a	0,36	7,66	8,97
Experimental	9,7 ^b	0,30	9,09	10,39

* Letras diferentes en la misma columna muestran diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$), según ADEVA

Fuente: Los Autores

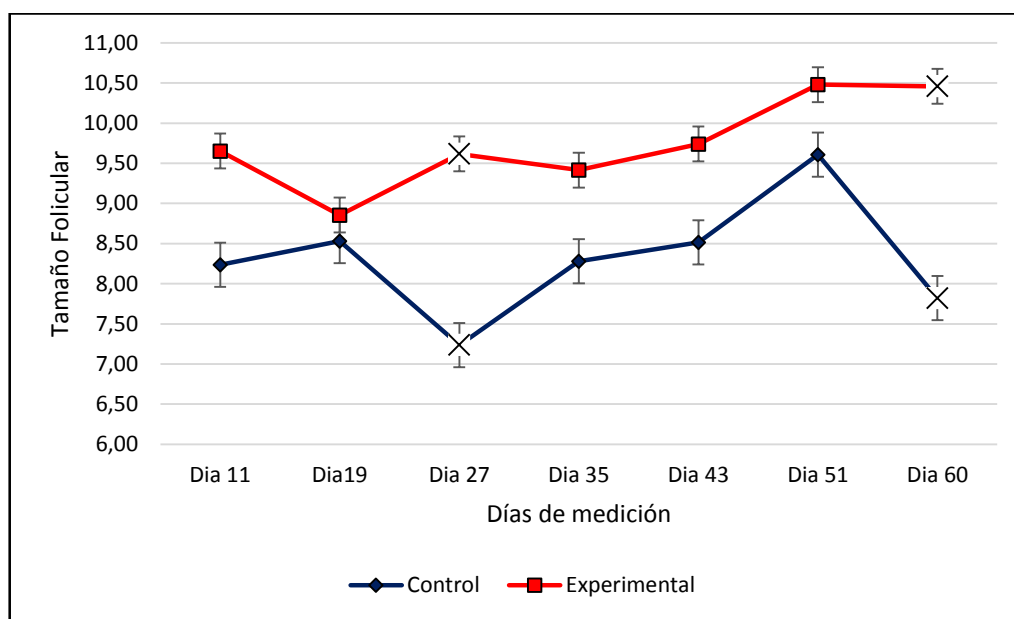


Figura 6. Valores promedios del tamaño folicular en los tratamientos durante el experimento (“x” en las curvas muestran significación $P < 0,05$).

Al apreciar el tamaño folicular durante el período se realizó en siete mediciones, como se puede apreciar en la figura 6, donde están expresadas el comportamiento de las curvas de los dos tratamientos, sin embargo, se comprobó únicamente la existencia de diferencia significativa ($P < 0,05$) en los días 27 y 60 de la investigación (Anexo 17).

4.3.2. Tamaño de cuerpo lúteo.

Evaluando los valores promedios del tamaño del cuerpo lúteo (mm) de los dos tratamientos, se obtuvo valores más altos en el grupo experimental (Tabla 11). En el análisis estadístico los datos cumplieron con los supuestos de normalidad y homogeneidad según las pruebas estadísticas de Shapiro Wilk y Levene,

respectivamente (Anexo 18). Consecutivamente se aplicó el ADEVA donde se comprobó que no existe diferencias significativas ($P>0,05$) entre los tratamientos (Anexo 19).

Tabla 11. Valores estadísticos descriptivos del tamaño de cuerpo lúteo (mm) durante el período posparto

Tratamientos	Media	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
Control	16,8	0,90	14,5	18,7
Experimental	17,3	1,39	14,4	20,1

Fuente: Los Autores

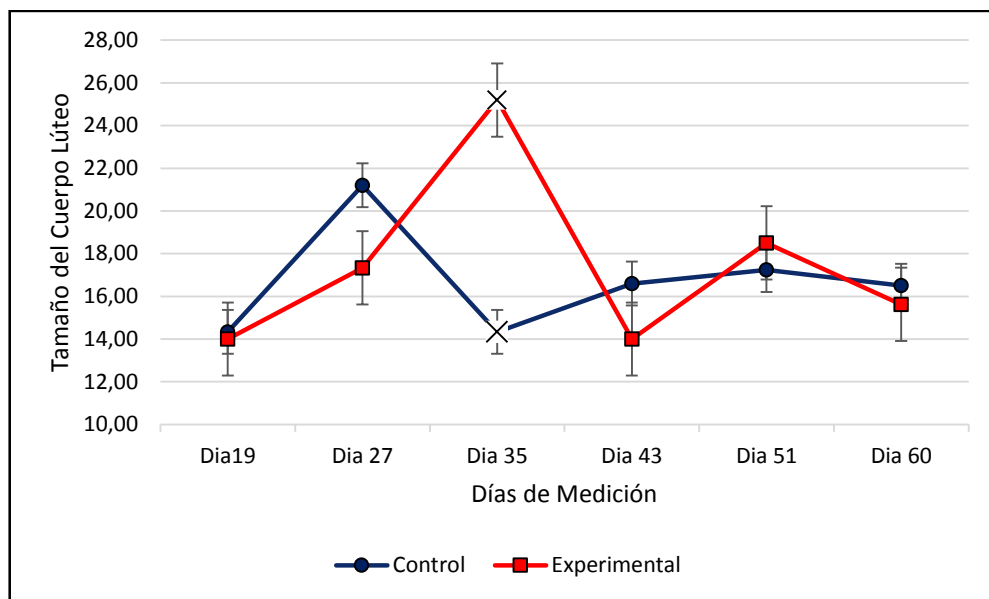


Figura 7. Valores promedio del tamaño de cuerpo lúteo en los tratamientos durante el experimento (“x” en las curvas muestran significación $P<0,05$).

Al comparar los valores promedio del tamaño de cuerpo lúteo durante el período de la investigación se obtuvieron siete observaciones en los diferentes días al posparto, como apreciamos en la figura 7, pero no se consideró el día 11 por la ausencia de cuerpo lúteo evidenciado en los grupos de investigación, se determinó la presencia de cuerpo lúteo a partir del día 19 posparto tanto para el grupo control como el experimental, sin embargo, se comprobó únicamente la existencia de diferencias significativas ($P<0,05$) en el día 35 de la investigación (Anexo 19)

4.3.3. Niveles de progesterona.

En el análisis de los niveles promedios de progesterona sérica (ng/ml) de los dos tratamientos, se obtuvo valores más altos en el experimental (Tabla 12). Al realizar el análisis estadístico los datos no cumplieron los supuestos de normalidad y homogeneidad según las pruebas estadísticas de Shapiro Wilk y Levene, respectivamente (Anexo 20) y consecuentemente a estas pruebas se aplicó la prueba “U de Mann Whitney” para establecer significancia, donde se comprobó que no existió diferencias significativas ($P>0,05$) ni en el valor promedio ni en las siete mediciones durante el período (Anexo 21).

Tabla 12. Valores estadísticos descriptivos de los niveles de progesterona (ng/ml) durante el período posparto

Tratamientos	Media	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
Control	0,65	0,133	0,38	0,91
Experimental	0,96	0,190	0,57	1,33

No muestran diferencias estadísticamente significativas ($P>0,05$) según la prueba de “U de Mann Whitney”

Fuente: Los Autores

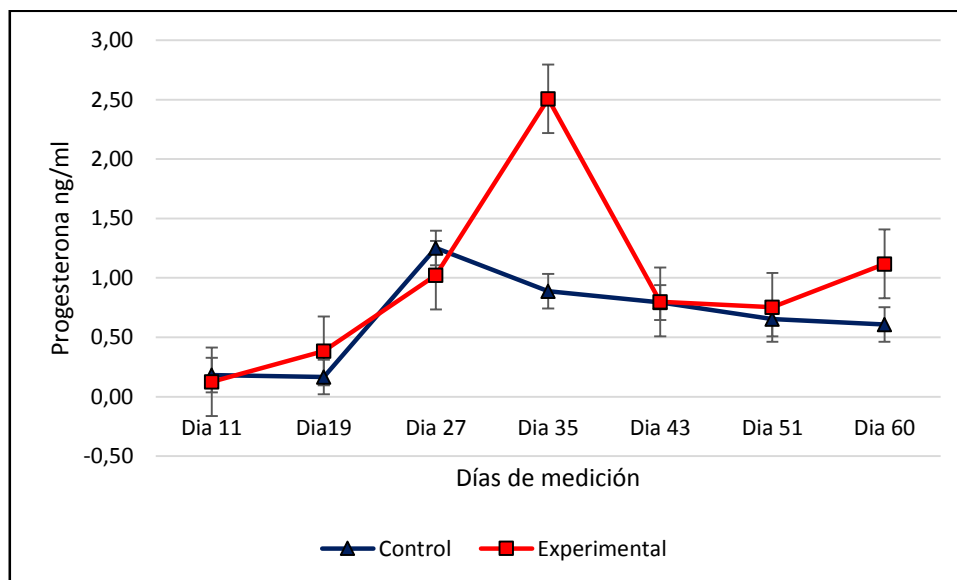


Figura 8. Valores promedios de los niveles de progesterona (P4) en los tratamientos durante el experimento (“x” en las curvas muestran significación $P<0,05$).



Al apreciar los valores promedio de la progesterona sérica durante el período de la investigación se obtuvieron siete observaciones en los diferentes días al posparto, como apreciamos en la figura 8, estadísticamente no presentan diferencias significativas ($P>0,05$) entre los tratamientos para ninguna de las observaciones (Anexo 21).

Posteriormente se aplicó las pruebas estadísticas de “**Rho de Spearman**” y la prueba de “**Kendall**” comprobándose que existe correlación ($P<0,05$) entre los niveles de progesterona sérica y el tamaño de cuerpo lúteo en los animales en estudio (Anexo 22).

4.3.4. Intervalo parto primer celo (IPPC) y su relación entre indicadores energéticos.

Al evaluar los días el intervalo parto – primer celo de los dos tratamientos se determinó que el grupo experimental presentaron celos en menos días que el grupo control. (Tabla 13). Al realizar el análisis estadístico no cumplieron los supuestos de normalidad y homogeneidad según las pruebas estadísticas de Shapiro Wilk y Levene (Anexo 23), consecuentemente se aplicó la prueba estadística “U de Mann Whitney” para establecer significancia y se comprobó la existencia de diferencias significativas ($P<0,05$) (Anexo 24)

Tabla 13. Valores estadísticos descriptivos del intervalo parto – primer celo durante el período posparto.

Tratamientos	Media	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
Control	76,7 ^a	8,98	56,37	97,02
Experimental	52,7 ^b	3,68	44,35	61,04

* Letras diferentes en la misma columna muestran diferencias estadísticamente significativas ($P<0,05$), según la prueba U de Mann Whitney

Fuente: Los Autores

Posteriormente se aplicó las pruebas estadísticas de “**Rho de Spearman**” y la prueba de “**Kendall**” comprobándose que no existe correlación ($P>0,05$) entre los indicadores energéticos glucosa y colesterol sérico y el intervalo parto–primer celo (IPPC) en los animales en estudio (Anexo 25).

4.4. Condición corporal.

Al analizar la CC de los tratamientos durante el período se obtuvo valores más altos en el experimental (Tabla 14). Al ser una variable no paramétrica se aplicó directamente la prueba “U de Mann Whitney” para establecer significancia, donde se comprobó la existencia de diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los tratamientos (Anexo 26).

Tabla 14. Valores promedio y variabilidad la condición corporal (CC) durante el período posparto

Tratamientos	Mediana	Media	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
Control	2,5 ^a	2,59	0,469	2,50	2,68
Experimental	3,0 ^b	3,03	0,459	2,94	3,13

* Letras diferentes en la misma columna muestran diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) según la prueba “U de Mann Whitney”

Fuente: Los Autores

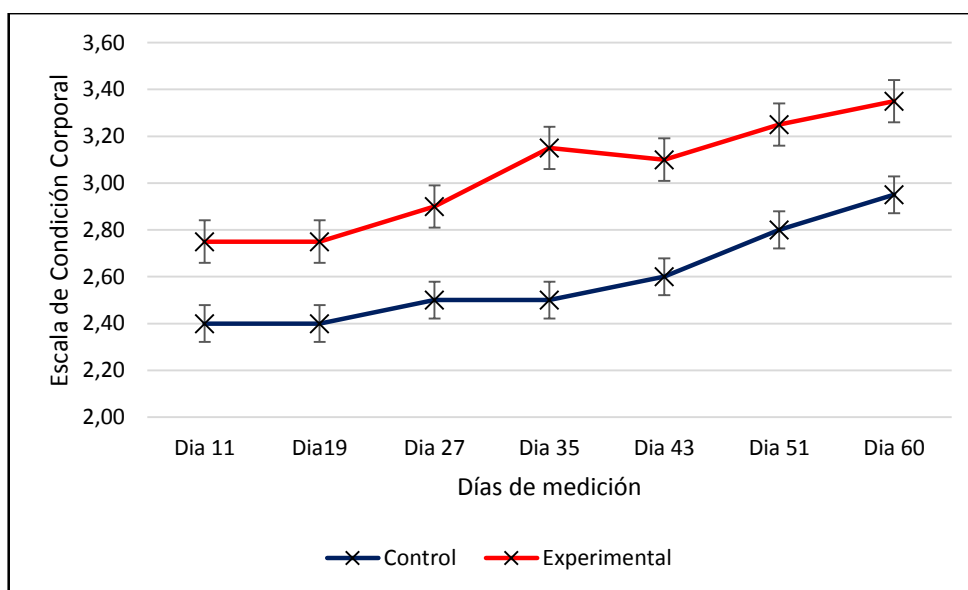


Figura 9. Media de la condición corporal en los tratamientos durante el experimento (“x” en las curvas muestran significación $P < 0,05$).

Al evaluar la condición corporal en diferentes días de medición en la etapa de posparto, como se puede apreciar en la figura 9, donde se observa el comportamiento de las curvas durante el experimento que muestra mejores



resultados del grupo experimental y encontrándose diferencias significativas ($P < 0,05$) (Anexo 26).



5. DISCUSIÓN

El aporte de energía extra en la dieta de los bovinos de producción láctea, llega a inferir en varios sistemas, en nuestro experimento se llegó a comprobar un incremento de los niveles de glucosa sérica, los folículos dentro del grupo experimental fueron de mayor tamaño, el IPPC se vio reducido en el grupo experimental al presentarse celo en menos días al analizar la condición corporal del animal se observa un efecto positivo en el grupo experimental indicando que la energía que la grasa aportó, supo compensar la necesidad energética del bovino durante esta etapa y no hubo la necesidad de movilizar reservas energéticas del animal.

5.1. Glucosa y Colesterol

Ceballos *et al.*, (2002) realizó una investigación sobre la variación de los indicadores bioquímicos del balance de energía según el estado productivo en los bovinos lecheros, en la localidad de Manizales - Colombia, en 60 vacas Holstein desde la cuarta semana preparto hasta la octava semana de lactancia, obteniendo una concentración de glucosa de 68,46 mg/dl para el preparto y 66,67 mg/dl para el período posparto, mostrando valores superiores a los obtenidos en nuestra investigación, que fueron de 50,1 mg/dl para el grupo control y de 56,9 mg/dl para el grupo experimental. En nuestra investigación la concentración de glucosa en los animales suplementados con grasa sobrepasante fueron suficientes para satisfacer la demanda de este metabolito durante el posparto, ya que esta puede disminuir drásticamente debido a las necesidades energéticas que el bovino requiere al inicio del ciclo de lactancia, pero pese a lo anterior el grupo experimental respondió favorablemente mostrando significancia estadística sobre el grupo control, especialmente durante el primer mes posparto donde el pico de la producción láctea va en incremento, al analizar el colesterol sérico durante el posparto Ceballos *et al.*,(2002) obtuvieron un valor de $135 \pm 42,64$ mg/dl resultados similares a los nuestros, especialmente en los valores que obtuvimos en el grupo experimental que alcanzó 132,4 mg/dl. Durante la primera semana posparto se observó una diferencia significativa lo que se podría atribuir al efecto que tuvo la grasa sobre



este metabolito. Tyagi *et al.*, (2010) en un estudio realizado en la India evaluó los efectos de la suplementación de grasa bypass sobre la producción lechera y el desempeño reproductivo de vacas mestizas, utilizando un total de 19 vacas entre la segunda y cuarta lactancia, alimentadas con 2,5% de grasa sobrepasante, donde expresan que existieron diferencias significativas entre los grupos obteniendo una concentración sérica de colesterol de 220,09 mg/dl para el grupo control y de 238,7 mg/dl para el grupo experimental; diferentes a nuestros resultados tanto en valores promedio (122,9 mg/dl para el grupo control y 132,4 mg/dl para el grupo experimental) como en la significancia para los grupos en estudio, aun cuando la metodología utilizada es muy similar a la nuestra. La variación en nuestros resultados, puede deberse a la cantidad de grasa suplementada, el estado fisiológico de los animales, el momento y tiempo de suplementación según como explica Salas *et al.*, (2011) donde indica que el colesterol funciona como indicador nutricional en bovinos y las concentraciones plasmáticas de este metabolito dependen del tipo de dieta, y de la cantidad y tipo de grasa suplementada. Además pero Ceballos *et al.*, (2002) menciona que la concentración de colesterol sérico disminuye en las primeras semanas del posparto, razón por la cual no se encontró diferencia significativa entre tratamientos, después de la primera semana fenómeno atribuible a la demanda energética durante esta etapa de lactación.

5.2. Actividad Ovárica

La evaluación de la actividad ovárica comprende la evaluación de la presencia y tamaño folicular, además se observó la presencia de cuerpo lúteo para afianzar el concepto de actividad ovárica, independientemente del estado fisiológico en que se encuentre cada vaca, para el tamaño folicular evaluado en el experimento se observó una respuesta favorable al tratamiento viéndose valores más altos en el grupo experimental llegando a alcanzar una media de 9,7 mm en comparación al control de 8,3 mm, donde se comprobó la existencia de diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los tratamientos. Esta diferencia puede deberse a que la suplementación con grasa sobrepasante influyó sobre el tamaño folicular, este folículo llegara a convertirse en un folículo pre-ovulatorio



induciendo a la vaca a presentar celo, acortando el IPPC, como encontramos en nuestra investigación donde las vacas suplementadas presentaron celo en un promedio de $52,7 \pm 3,68$ días, frente al grupo control que presentó celo en $76,7 \pm 8,98$ días, concordando con Salas *et al.*, (2009) donde encontraron diferencias significativas para el reinicio de la actividad ovárica en vacas suplementadas con grasas sobrepasantes, y mencionan que el reinicio de la actividad ovárica durante el posparto temprano requiere de factores metabólicos y endocrinos asociados al balance energético.

5.3. Progesterona sérica

Se analizó los niveles de progesterona séricos como indicador de reactivación ovárica, donde no hay una diferencia significativa entre los tratamientos, Sartori, (2009) indica que las vacas alimentadas con diferentes niveles de energía, presentan alteraciones en la función ovárica y en la fisiología reproductiva, destacándose menores concentraciones circulantes de hormonas esteroideas, progesterona y estradiol, además demostró que las vacas en lactancia con mayor nivel de ingesta tienen un metabolismo de las hormonas esteroideas mucho mayor que el de las vacas con menor ingesta, esta puede ser la razón por la que en nuestra investigación no se encontró diferencias en el grupo experimental frente al grupo testigo, por otro lado hubo una relación directa ($P < 0,05$) de los niveles de progesterona con la presencia y el tamaño del cuerpo lúteo, se evidenció picos de progesterona sérica mayores a 1 ng/ml en los días donde se registraron los cuerpos lúteos de mayor tamaño, es decir que se evidenció que se produjo una ovulación previa en el día 27 para los dos grupos en estudio.

Salas *et al.*, (2011) al evaluar el efecto de la suplementación con grasa de sobrepaso sobre las concentraciones plasmáticas de metabolitos lipídicos y progesterona durante el posparto obtuvieron un valor de 3,02 ng/ml para el grupo experimental y de 0,49 ng/ml para el grupo control, existiendo diferencias significativas en los grupos en estudio, resultados contrarios a los nuestros, que no respondieron favorablemente a la suplementación de grasa sobrepasante hallándose valores de 0,65 ng/ml para el grupo control y de 0,96 ng/ml para el



grupo experimental, probablemente las diferencias entre los estudios se deba a la cantidad de grasa adicionada a la dieta y el número de animales utilizados en la misma.

5.4. Condición Corporal

Aguilar *et al.*, (2009). En un estudio realizado en Yucatán México en 24 vacas, donde se determinó el efecto de las sales cálcicas en el balance energético, producción y reproducción en vacas mestizas no obtuvieron resultados positivos entre los tratamientos (control y experimental), aunque la Condición corporal de las vacas con grasa sobrepasante eran más persistentes que las del grupo control no tuvo efecto sobre el rendimiento reproductivo ni en el balance energético. Resultados diferentes encontramos en nuestra investigación, ya que hubo diferencias significativas entre los tratamientos con relación a la condición corporal a lo largo de todo el período donde obtuvimos una media de $2,5 \pm 0,46$ para el grupo control y $3,0 \pm 0,45$ para el grupo experimental, el mantenimiento de la condición corporal durante el posparto responde a la mayor disponibilidad de reservas lipídicas que estuvieron disponibles para su utilización en la etapa más crítica del BEN al que estuvieron sometidos los animales evitando la movilización de las reservas corporales del animal, manteniendo la condición corporal durante todo el período, siendo esencial para el pronto reinicio de la ciclicidad, es así que Ceballos *et al.*, (2002). Quienes determinaron la variación de indicadores bioquímicos del Balance Energético, en donde alcanzó una condición corporal de $3,5 \pm 0,4$ y $3,0 \pm 0,3$ para el período preparto y posparto respectivamente, siendo resultados muy similares a los nuestros, en donde también la condición corporal se asoció también con la disminución de los días a la ovulación, por su parte Maza *et al.*, (2006) en su investigación cuyo objetivo fue evaluar la influencia de la condición corporal preparto y producción de leche en vacas mestizas, afirma que vacas lecheras con alta condición corporal al parto tienen adecuadas reservas para soportar la producción de leche, pero también bajo consumo alimenticio, lo que aumenta el BEN, por tanto la condición corporal es un factor influyente en la pérdida de peso corporal durante el posparto. Cabe recalcar la importancia del Balance Energético para estos animales, pues de este dependen



gran parte de todos los procesos fisiológicos, metabólicos, hormonales para que los animales reinicien normalmente su actividad reproductiva, el aumento del consumo de energía a través de la suplementación de grasas sobrepasantes, tiene la tendencia a mantener la condición corporal, que en nuestro estudio mantiene una diferencia promedio de 0,5 puntos de condición corporal entre los tratamientos siendo de suma importancia para la disminución de días abiertos durante el posparto ya que se evidenció que los animales con mayor condición corporal al posparto redujeron notablemente el intervalo parto-primer celo (IPPC) llegando a consolidar una media de 52,7 días para los animales suplementados con grasa sobrepasante frente a los 76,7 días para el grupo control.



6. CONCLUSIONES

- Se observó un aumento de los niveles de glucosa sérica como indicador energético a corto plazo, sin embargo, no sucedió lo mismo con el colesterol, mostrando sus niveles similares en los dos tratamientos.
- La grasa sobrepasante no afectó el reinicio de la actividad ovárica, de acuerdo a los criterios tomados en cuenta en la presente investigación, se nota efectos positivos sobre el tamaño folicular en el grupo experimental pero esto no demuestra que haya existido un pronto reinicio de actividad ovárica.
- La adición de grasa sobrepasante en vacas lecheras en período de transición reduce el Intervalo Parto Primer Celo, favoreciendo a que el animal entre en celo en menor tiempo que las que no fueron suplementadas.
- Finalmente, se comprueba que la adición de grasa sobrepasante ayuda a sobrellevar de mejor manera el BEN durante el post-parto por el cual atraviesan los animales en su primera etapa de lactancia, observando su efecto sobre el mantenimiento de la condición corporal durante todo el período de tratamiento.



7. RECOMENDACIONES

- En programas de mejoramiento genético (transferencia de embriones) es importante utilizar grasa sobrepasante porque mejora el contexto energético global de la hembra, disminuyendo la presentación del primer celo luego del parto, siendo un punto fundamental en el desarrollo de programas reproductivos.
- Es necesario el uso de la grasa sobrepasante en la dieta del bovino lechero especialmente durante el posparto ya que evitamos la pérdida excesiva de condición corporal debido a la baja ingesta de materia seca y los requerimientos energéticos altos para el mantenimiento y producción.
- Considerar metodologías más rigurosas para evaluar el reinicio de la actividad ovárica posparto.
- Recomendamos se continúe realizando investigaciones sobre este tema debido a la importancia que tiene el uso de la grasa sobrepasante en el manejo del bovino de leche, analizar nuevas alternativas para optimizar el uso de grasas como fuentes de energía.



8. BIBLIOGRAFÍA

1. Alvarez, J. L. (2008). Bioquímica nutricional y metabólica del bovino en el trópico. (Universidad de Antioquia, Ed.) (First). Medellín: Ciencia y Tecnología.
2. Arthur, G., Noakes, D., & Garnsworthy, P. (1992). Reproducción y Obstetricia en Veterinaria (Sexta). Madrid: Interamericana Mc Graw Hill.
3. Avila, J. (2012). El período preparto y su influencia en la eficiencia Reproductiva. Departamento de Producción de Rumiantes, FMVZ UNAM, 1(1), 1–8.
4. Baerden, J., & Fuquay, J. (1982). Reproducción Animal Aplicada (First). México: El Manual Moderno.
5. Baez, G. (2010). Relaciones hormonales y dinámica folicular durante el período posparto en vacas Sanmartinero. Universidad Nacional de Colombia.
6. Başoğlu, A., Sevinç, M., Ok, M., & Gökçen, M. (1998). Peri and postparturient concentrations of lipid lipoprotein insulin and glucose in normal dairy cows. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 22(2), 141–144.
7. Bavera, G. (2005). Puerperio, diestro posparto y fertilidad. Produccion Animal, 3–5.
8. Bearden, H. J., & Fuquay, J. W. (1982). Reproducción Animal Aplicada.
9. Campos, R., Carreño, E., & Gonzáles, F. (2004). Perfil metabólico de vacas nativas colombianas. Orinoquia, 8(2), 32–41.



10. Cano Celada, J. P. (2007). Diagnostico y tratamiento de los principales problemas reproductivos en los bovinos. *Boviotecnia*, 16. Retrieved from <http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/departamentos/rumiantes/boviotecnia/BtRgCliG007.pdf>
11. Castro, S. (2011). Efecto del nivel de suplementación con propilenglicol durante el período de transición a la lactancia sobre actividad ovárica, salud uterina y desempeño reproductivo en vacas Holstein. Universidad Nacional de Colombia.
12. Ceballos, A., Gomez, P., Vélez, M., Villa, N., & López, L. (2002). Variación de los indicadores bioquímicos del balance de energía según el estado productivo en bovinos lecheros, 15, 13–25.
13. Cucunubo, L. G., Strieder, C., Wittwer, F., & Noro, M. (2013). Diagnóstico de cetosis subclínica y balance energético de muestras de sangre , orina y leche. *Revista Científica, FCV-LUZ*, XXIII(2), 111–119.
14. Duque, M., Olivera, M., & Rosero, R. (2007). Protected fat supplementation and energy metabolism in cows during early lactation. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 24(1), 186–317.
15. Escobosa, L., & Avila, S. (2010). Alimentacion. In S. Avila (Ed.), *Producción de Leche con Ganado Bovino (Segunda)*, pp. 30–40. Mexico: Manual Moderno.
16. Espinoza, J. L., Ortega, R., Palacios, A., & Guillen, A. (2010). Efecto de la suplementación de grasas sobre características productivas, tasas de preñez y algunos metabolitos de los lípidos en vacas para carne en pastoreo. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 42(1), 25–32. <http://doi.org/10.4067/S0301-732X2010000100004>



17. Fernandez de Córdova, L. . (2009). Reproduccion aplicada en el ganado bovino lechero. (Primera). España: Trillas.
18. Fernández, G. (2009). El Periodo de Transición en la Vaca Lechera (Seminario Avanzado de Investigación No. 1). Sirivs. Cajamarca.
19. Frasinelli, C., Casagrande, H., & Veneciano, J. (2004). La Condición Corporal Como Herramienta de manejo en rodeos de cria bovina. Sitio Argentino de Producción Animal, 168, 1–17. <http://doi.org/0327-425X>
20. Galvis, R. D., Correa, H. J., & Ramírez, N. F. (2003). Interacciones entre el balance nutricional , los indicadores del metabolismo energético y proteico y las concentraciones plasmáticas de Insulina , e IGF-1 en vacas en lactancia temprana. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 16(6), 237–248.
21. García, A., & Montiel, L. (2011). El Periodo de Transición en la Vaca Lechera. Sociedades Rurales, Producción Y Medio Ambiente, 11(22), 152–172.
22. García Alegria, K. (2012). Respuesta a la suplementación con grasa sobrepasante en vacas mestizas en posparto en condiciones de trópico. Universidad Nacional de Colombia.
23. Gasque, R. (2008). Alimentación de bovinos. In Enciclopedia Bovina (Primera, pp. 7–36). Mexico: UNAM.
24. Giuliadori, M. (2011). El periparto en las vacas lecheras: Balance energético, actividad ovárica, salud uterina y eficiencia reproductiva. Universidad Nacional de la Plata.



25. Gonda, H. L. (2008). Requerimientos de energía de bovinos.
26. Grajales, H., Hernández, A., & Prieto, E. (2010). Physiological characterization of the postpartum period in four cattle breeds in the tropics of Colombia. *Revista MVZ Córdoba*, 15(1), 1916–1924.
27. Gramal Andrango, A. M. (2013). Efecto del suministro de grasa by pass mediante suplementación como fuente de energía en vacas en etapa de posparto (Balance Energético Negativo) en la hacienda San Carlos Tabacundo-Ecuador 2012.
28. Grijera, J., & Bargo, F. (2005). Evaluación Del Estado Corporal En Vacas. *Produccion animal*. Buenos Aires.
29. Henao Restrepo, G. (2001). Reactivación ovárica postparto en bovinos. *Rev. Fac.Nal.Agr.Medellin.*, 54, 1285–1302.
30. Hernández, R., & Díaz, T. (2011). Las grasas sobrepasantes y su efecto sobre la actividad y reproductiva en rumiantes. *Nutribásicos de Venezuela*. Venezuela.
31. Hernández, R., & Thaís, D. (2011). Las grasas sobrepasantes y su efecto sobre la actividad productiva y reproductiva en rumiantes. *Innovación y tecnología en la Ganadería de Doble Propósito*. Venezuela.
32. Herrera, F. V., & Calleja, F. (2011). Caracterización de las Grasas de sobrepaso por medio de cromatografía de gases. *Universidad Veracruzana*.
33. Hincapié, J. J. (2014). El Perfil Metabólico : una alternativa para mejorar la fertilidad del hato *Introducción* (1 No. 1). Honduras.



34. Kellogg, W. (2010). Body Condition Scoring with dairy Cattle. Agriculture and Natural Resources. Arkansas.
35. López, M. A. (2010). Reinicio de la actividad ovárica posparto de vacas holstein comercial mantenidas en estabulación de la delegación iztapalapa al oriente de la ciudad de México. Universidad Autónoma Metropolitana.
36. Lucy, M. C., Savio, J. D., Badinga, L., De La Sota, R. L., & Thatcher, W. W. (1992). Factors that affect ovarian follicular dynamics in cattle. *Journal of Animal Science*, 70(11), 3615–3626.
37. Maiztegui, J. (2001). Necesidades nutritivas del ganado vacuno lechero. Resumen del NRC 2001. Argentina.
38. Maza, L., Salgado, R., & Vergara, O. (2001). Comportamiento Reproductivo Y Variación De Peso Corporal Postparto De Vacas Mestizas Lecheras. *Revista MVZ Córdoba*, 6(2), 75–80.
39. Maza, L., Vergara, O., & Alvarez, J. (2006). Condición corporal preparto y producción de leche sobre peso y condición corporal posparto en vacas mestizas, 11(1), 751–758.
40. Montiel, F., & Ahuja, C. (2005). Body condition and suckling as factors influencing the duration of postpartum anestrus in cattle: a review. *Animal Reproduction Science*, 85(1-2), 1–26. <http://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2003.11.001>
41. Motta, P. A., Ramos, N., González, C. M., & Castro, E. C. (2011). Dinámica folicular en la vida reproductiva de la hembra bovina. *Vet.zoo.tec*, 5(2), 88–99.



42. Moyano, M., & Rodríguez, C. E. (2014). Suplementación energética y su efecto en el nivel de colesterol y el perfil hormonal preovulatorio en vacas. *Revista Salud Animal*, 36(2), 90–96.
43. Naik, P. K. (2013). Bypass Fat in Dairy Ration - A Review. *Animal Nutrition and Feed Technology*, 13, 147–163.
44. Norel, C. (2013). Magnapac. Biotay. España.
45. NRC. (2001). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. (R. Council, Ed.) Dairy Production Guide (Seventh Re). Washington D.C.: National Academy Press. <http://doi.org/10.17226/9825>
46. Pinto, L., Drescher, K., Ruiz, A., Pérez, R., Domínguez, C., & Benezra, M. (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 posparto, 34(May), 350–355.
47. Portilla, G. (2001). Suplementación con lípidos y reproducción en vacas de carne. In *Reproducción Bovina* (Primera, pp. 99–111). Avpa.
48. Quintela, L. A., García, M. E., Peña, A. I., Díaz, C., Barrio, M., & Herradón, J. J. B. P. G. (2003). Asociación entre el perfil sérico bioquímico y la duración de la involución uterina en hembras bovinas de producción láctea., 419–429.
49. Quintela, L., Díaz, C., García, P., Peña, A., & Becerra, J. (2006). *Ecografía y Reproducción en la Vaca*. (U. S. de Compostela, Ed.) (Primera). Santiago de Compostela.



50. Relling, A. E., & Mattioli, G. A. . (2003). Fisiología digestiva y metabólica de los rumiantes. *Edulp*, 1–72.
51. Rodríguez, C. E., & Gómez, D. F. (2013). Efecto de la suplementación con diferentes dosis de grasa protegida sobre parámetros productivos y composicionales de la leche bovina. *Zootecnia Tropical*, 31(4), 299–309.
52. Rutter, B. (2002). Puerperio bovino. *Producción Animal*, 1–13.
53. Saborío, A., & Sánchez, J. M. (2014). Evaluación De La Condición Corporal En Un Hato De Vacas Jersey En Pastoreo En La Zona Alta De Cartago. Variaciones Durante El Ciclo Productivo. *Agronomía Costarricense*, 38(1), 55–65.
54. Sakaguchi, M. (2009). Differences between body condition scores and body weight changes in postpartum dairy cows in relation to parity and reproductive indices. *The Canadian Veterinary Journal. La Revue Vétérinaire Canadienne*, 50(6), 649–56.
55. Salas, G., Herrera, J., Gutierrez, E., Ku-Vera, J., & Aké-López, J. R. (2011). Reinicio de la actividad ovárica posparto y concentración plasmática de metabolitos lípidos y progesterona en vacas suplementadas con grasa de sobrepeso. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14, 385–392.
56. Sánchez, E. J., & Ortiz Mena, V. (1977). Determinación del gasto energético (Mcal/día) por el ganado bovino, a partir de sus hábitos y comportamiento en pastoreo de verano. *Tec. Pec. Mex.*, 32, 27–31.
57. Sartori, R. (2009). Factores nutricionales que afectan el desempeño en programas reproductivos en bovinos de carne y de leche. In Conferencia

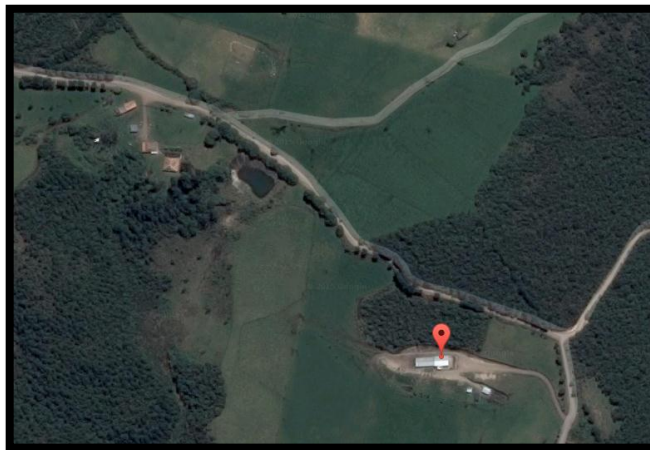


dictada en el 8° Simposio Internacional de Reproducción Animal del IRAC, 26, 27 y 28 de septiembre de 2009 (Vol. 11, pp. 1–5).

58. Schroeder, H. (1999). *Fisiología Reproductiva de la Vaca (Primera)*. Alemania: Celsius.
59. Schroeder, W. (1999). *Fisiología Reproductiva de la Vaca*. Alemania: Celsius.
60. Tyagi, N., Thakur, S. S., & Shelke, S. K. (2010). Effect of bypass fat supplementation on productive and reproductive performance in crossbred cows. *Tropical Animal Health and Production*, 42(8), 1749–1755. <http://doi.org/10.1007/s11250-010-9631-1>
61. Van Lier, E., & Regueiro, M. (2008). *Digestión En Retículo-Rumen*.
62. Wattiaux, M. A., & Howard, W. T. (1991). *Alimentos para Vacas Lecheras*. In *Escenciales Lecheros (First)*, pp. 21–14. Wisconsin: Babcock Institute's Technical Dairy.
63. Zárata, J., Vinay, J., Carballo, O., Hernández, V., & Villagomez, E. (2011). Efecto de la alimentación con grasas protegidas en vacas de doble propósito. *Agronomía Mesoamericana*, 22(2), 359–366.

9. ANEXOS

Anexo 1. Ubicación de la investigación



Fuente: (Google Earth 2016)

Anexo 2. Cálculo del % de TND del pasto de la granja “Nero” a partir del AQP correspondiente.

NUTRIENTE	Contenido %	%Digestibilidad.	Calculo (Cont. X Dig)
Humedad	80,15	-	-
M.S.	19,85	-	-
P.C.	19,60	75%	14,70
E.E.	3,67	2,025	7,43
F.C.	27,29	50%	13,65
ELN	39,48	65%	25,66
		% T.N.D.	61,43
		EN _L	1,39 Mcal/Kg MS
Total (EN_L x % Cons. MS)			27,70 Mcal

Fuente: Los Autores



Anexo 3. Cálculo del % de TND del concentrado balanceado de la granja “Nero” a partir del AQP correspondiente

NUTRIENTE	Contenido %	%Digestibilidad.	Calculo (Cont. X Dig)
Humedad	12,04	-	-
M.S.	87,96	-	-
P.C.	10,64	75%	7,98
E.E.	2,68	2,025	5,43
F.C.	14	50%	7,00
ELN	64,04	90%	57,64
		% T.N.D.	78,04
		ENL	1,79 Mcal/Kg MS
Total (ENL x % Cons. MS)			7,17 Mcal

Fuente: Los Autores

Anexo 4. Cálculo del % de TND de la grasa sobrepasante a partir del AQP correspondiente.

NUTRIENTE	Contenido %	%Digestibilidad.	Calculo (Cont. X Dig)
Humedad	3,5	-	-
M.S.	96,5	-	-
P.C.	0,23	75%	0,17
E.E.	84	2,025	170,10
F.C.	2,43	50%	1,82
ELN	0,84	90%	0,76
		% T.N.D.	172,85
		ENL	4,11 Mcal/Kg MS
Total (ENL x % Cons. MS)			1,23 Mcal/300gr de G.S.

Fuente: Los Autores

Anexo 5. Hoja de campo

Hoja de Campo					
Número	413	Edad		Número de partos	2 ^{do} parto
Raza		Peso		Perimetro Toraxico	187
Fecha de parto	14-Agosto-2015				
Fecha de primer celo	11-Dic.-2015				
Fecha de inseminación	11-12-15	Inseminador	Sordo c.		
Fecha de Ch. Ginecologico					
Estado					
Fecha	Actividad			Observaciones	
14-8-15	Parto.				
8-8-15	Toma con tira reactivos de BHB				
18-8-15	Toma muestra de sangre para P4				
25-8-15	Ecografía folículos				
1-9-15	Toma sangre P4				
5-9-15	Ecografía y colocar O.C.				
8-9-15	Toma muestra				
14-9-15	Toma muestra / Ecografía				
22-9-15	" Ecografía				
28-9-15	Ecografía				
29-9-15	Toma muestra				
5-10-15	Ecografía -toma muestra sangre - Deparasitación - Vitaminización				
13-10-15	Ecografía - toma muestra				
11-12-15	Celo.				
TERMINADO					

Fuente: Los Autores

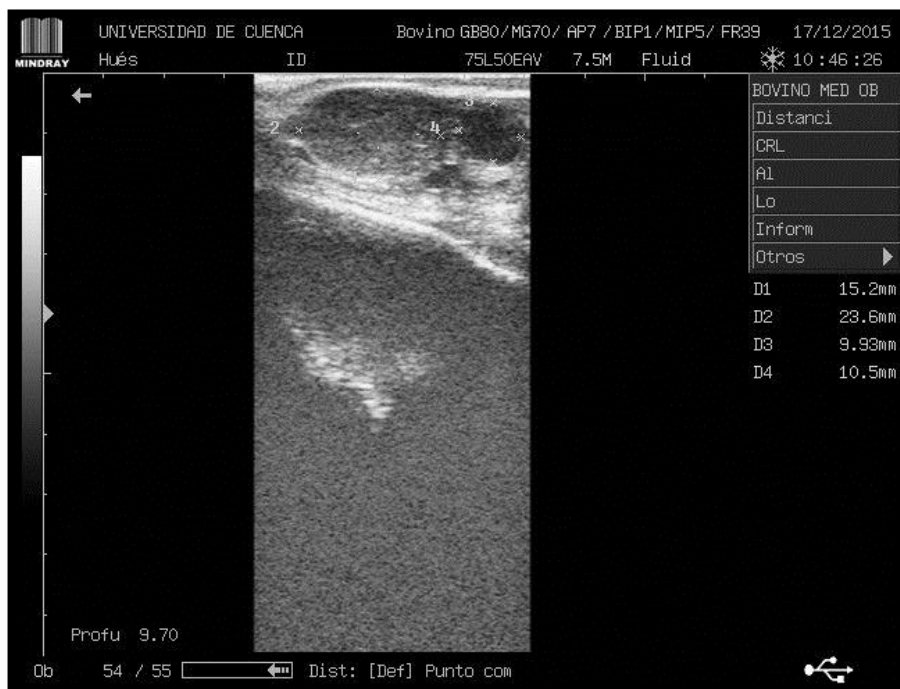
Anexo 6. Pesaje y Administración de grasa sobrepasante



Fuente: Los Autores

Anexo 7. Ecografías





Fuente: Los Autores



Anexo 8. Plantilla de registro para la toma de datos en el estudio ultrasonográfico

Valoración de la Actividad Ovarica											
Número	Fecha	Actividad Ovarica		Número de		Tamaño de		Actividad Ovarica		Tamaño del C.L.	Estado de CL
		O.I.	O.D.	Foliculos	Foliculo D.	OI	OD				
1	25-8-15	4 foliculos primordiales	2 foliculos	0I	0P	F.I	F.D.				1 ovocitos atona 2/5
2	5-9-15	—	fol pro ovulatorio.	16,7	14,6				Presencia C.L.		1 ovocitos 4
3	14-9-15	Foliculos 3,29 x 4,43	Duda folio lar 11,3 x 7,8								1 ovocitos 4
4	22-9-15	Foliculo 8,22 x 8,92	3 foliculos 13,1 x 15,3								1 ovocitos 4,5
5	28-9-15	5 foliculos 11,7 x 12,4	2 foliculos 18mm								1 ovocitos 4/5
6	06-10-15	foliculo 3,79 x 5,39	Foliculo 19,3 x 17,6					C.L.	8,68 x 11,2		1 ovocitos 4/5
7	12-10-15	Numerosa foliculos 8 foliculos	foliculo 12,1 x 16								1 ovocitos 4,5/5

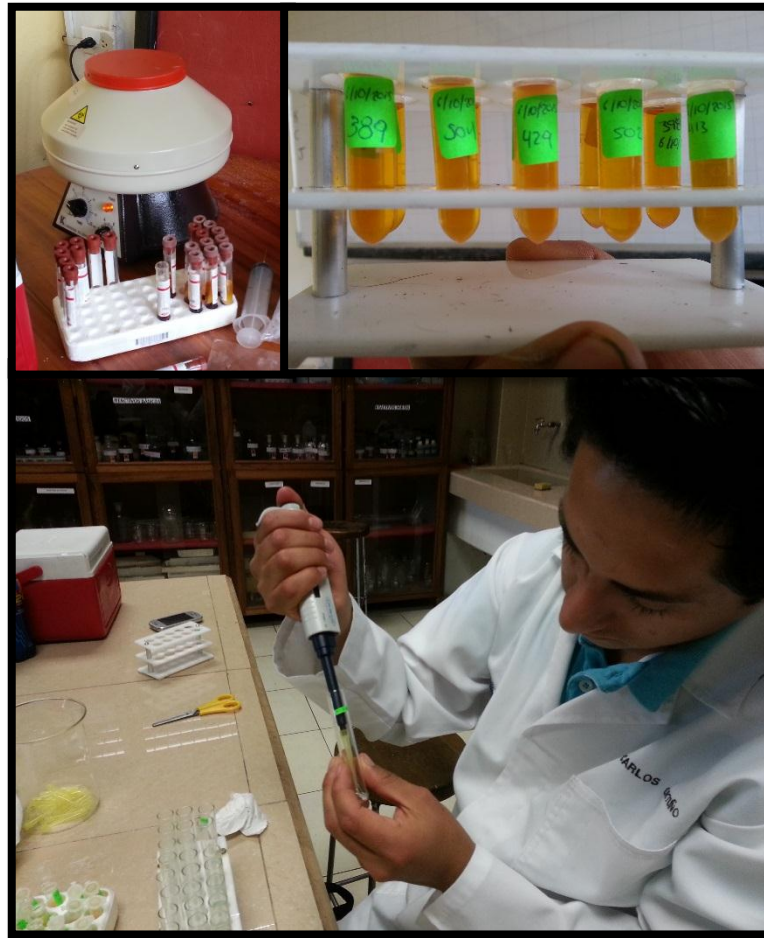
Fuente: Los Autores

Anexo 9. Toma de muestra sanguínea en una vaca del experimento



Fuente: Los Autores

Anexo 10. Procesamiento de las muestras sanguíneas



Fuente: Los Autores

Anexo 11. Preparación y lectura de las muestras



Fuente: Los Autores



Anexo 12. Pruebas de normalidad y homogenidad para la variable glucosa

Pruebas de normalidad				
	Tratamiento	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
glucosa	T1	,972	70	0,118
	T2	,946	70	0,004

Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error ^a				
Variable dependiente: glucosa				
	F	df1	df2	Sig.
	2,144	1	138	0,145
Prueba la hipótesis nula que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.				
a. Diseño : Interceptación + TRAT				

Anexo 13. ADEVA de la variable glucosa durante el período posparto

		Suma de	gl	Media	F	Sig.
		cuadrados		cuadrática		
Glucosa_prom	Entre grupos	227,880	1	227,880	8,715	0,009
	Dentro de grupos	470,644	18	26,147		
	Total	698,524	19			
Glu_11	Entre grupos	1166,170	1	1166,170	5,773	0,027
	Dentro de grupos	3635,980	18	201,999		
	Total	4802,150	19			
Glu_19	Entre grupos	71,783	1	71,783	,386	,542
	Dentro de grupos	3348,388	18	186,022		
	Total	3420,171	19			
Glu_27	Entre grupos	176,180	1	176,180	1,280	,273
	Dentro de grupos	2478,391	18	137,688		
	Total	2654,572	19			
Glu_35	Entre grupos	406,892	1	406,892	4,080	0,050
	Dentro de grupos	1794,923	18	99,718		
	Total	2201,815	19			



Glu_43	Entre grupos	66,941	1	66,941	,253	,621
	Dentro de grupos	4766,006	18	264,778		
	Total	4832,947	19			
Glu_51	Entre grupos	324,818	1	324,818	1,741	,204
	Dentro de grupos	3358,176	18	186,565		
	Total	3682,994	19			
Glu_60	Entre grupos	11,781	1	11,781	,066	,800
	Dentro de grupos	3209,690	18	178,316		
	Total	3221,471	19			

Anexo 14. Pruebas de normalidad y homogenidad para la variable colesterol

Pruebas de normalidad				
	Tratamiento	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Colesterol	T1	0,939	70	0,002
	T2	0,956	70	0,014

Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error ^a			
Variable dependiente: colesterol			
F	df1	df2	Sig.
0,007	1	138	0,932

Prueba la hipótesis nula que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.

a. Diseño : Interceptación + TRAT



Anexo 15. Prueba de U de Mann Whitney para la variable colesterol

Estadísticos de prueba ^a								
	Col_prom	Col_11	Col_19	Col_27	Col_35	Col_43	Col_51	Col_60
U de Mann-Whitney	27,000	17,000	42,000	44,000	35,000	44,000	42,000	44,500
W de Wilcoxon	82,000	72,000	97,000	99,000	90,000	99,000	97,000	99,500
Z	-1,739	-2,495	-,605	-,454	-1,134	-,454	-,605	-,416
Sig. asintótica (bilateral)	0,082	0,013	0,545	0,650	0,257	0,650	0,545	0,677
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,089 ^b	,011 ^b	,579 ^b	,684 ^b	,280 ^b	,684 ^b	,579 ^b	,684 ^b

a. Variable de agrupación: Tratamiento

b. No corregido para empates.

Anexo 16. Pruebas de normalidad y homogeneidad para la variable tamaño folicular

Pruebas de normalidad				
	Tratamiento	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Tamaño Folicular	T1	,962	70	0,031
	T2	,974	70	0,148

Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error ^a			
Variable dependiente: Tamaño Folicular			
F	df1	df2	Sig.
2,192	1	138	0,141

Prueba la hipótesis nula que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.

a. Diseño : Interceptación + TRAT



Anexo 17. ADEVA de la variable tamaño folicular durante el período posparto.

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Foliculo_prom	Entre grupos	10,196	1	10,196	9,636	0,006
	Dentro de grupos	19,045	18	1,058		
	Total	29,241	19			
Fol_11	Entre grupos	10,018	1	10,018	1,027	,324
	Dentro de grupos	175,640	18	9,758		
	Total	185,658	19			
Fol_19	Entre grupos	,528	1	,528	,110	,744
	Dentro de grupos	86,138	18	4,785		
	Total	86,666	19			
Fol_27	Entre grupos	28,346	1	28,346	4,046	0,050
	Dentro de grupos	126,104	18	7,006		
	Total	154,449	19			
Fol_35	Entre grupos	6,452	1	6,452	,771	,392
	Dentro de grupos	150,688	18	8,372		
	Total	157,140	19			
Fol_43	Entre grupos	7,485	1	7,485	,641	,434
	Dentro de grupos	210,178	18	11,677		
	Total	217,662	19			
Fol_51	Entre grupos	3,815	1	3,815	,474	,500
	Dentro de grupos	144,950	18	8,053		
	Total	148,765	19			
Fol_60	Entre grupos	34,822	1	34,822	5,829	0,027
	Dentro de grupos	107,520	18	5,973		
	Total	142,342	19			



Anexo 18. Pruebas de normalidad y homogenidad para la variable tamaño de cuerpo lúteo.

Pruebas de normalidad				
	Tratamiento	Estadístico	Shapiro-Wilk gl	Sig.
Tamaño cuerpo lúteo	T1	0,942	27	0,136
	T2	0,942	27	0,139

Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error^a			
Variable dependiente: Tamaño del cuerpo lúteo			
F	df1	df2	Sig.
5,436	1	52	0,024
Prueba la hipótesis nula que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.			
a. Diseño : Interceptación + TRAT			

**Anexo 19.** ADEVA del tamaño del cuerpo lúteo durante el posparto.

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
CL_Prom	Entre grupos	,001	1	,001	,000	,995
	Dentro de grupos	359,410	18	19,967		
	Total	359,410	19			
CL_19	Entre grupos	,133	1	,133	,002	,968
	Dentro de grupos	212,667	3	70,889		
	Total	212,800	4			
CL_27	Entre grupos	28,033	1	28,033	2,354	,176
	Dentro de grupos	71,467	6	11,911		
	Total	99,500	7			
CL_35	Entre grupos	322,048	1	322,048	20,392	,001
	Dentro de grupos	142,133	9	15,793		
	Total	464,182	10			
CL_43	Entre grupos	16,900	1	16,900	,471	,512
	Dentro de grupos	287,200	8	35,900		
	Total	304,100	9			
CL_51	Entre grupos	2,407	1	2,407	,112	,749
	Dentro de grupos	128,933	6	21,489		
	Total	131,340	7			
CL_60	Entre grupos	1,225	1	1,225	,019	,893
	Dentro de grupos	506,375	8	63,297		
	Total	507,600	9			

Anexo 20. Pruebas de normalidad y homogeneidad de la variable progesterona

Pruebas de normalidad				
	Tratamiento	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
progesterona	T1	0,563	70	0,000
	T2	0,623	70	0,000

Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error^a			
Variable dependiente: Progesterona			
F	df1	df2	Sig.
6,358	1	138	0,013
Prueba la hipótesis nula que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.			
a. Diseño : Interceptación + TRAT			

Anexo 21. Prueba de U Mann Whitney para los niveles de progesterona sérica durante el posparto.

	Estadísticos de prueba^a							
	P4_Prom	P4_11	P4_19	P4_27	P4_35	P4_43	P4_51	P4_60
U de Mann-Whitney	31,000	47,500	43,000	26,000	30,000	41,000	49,000	38,000
W de Wilcoxon	86,000	102,500	98,000	81,000	85,000	96,000	104,000	93,000
Z	-1,437	-,189	-,529	-1,815	-1,512	-,680	-,076	-,907
Sig. asintótica (bilateral)	,151	,850	,597	,070	,131	,496	,940	,364
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,165 ^b	,853 ^b	,631 ^b	,075 ^b	,143 ^b	,529 ^b	,971 ^b	,393 ^b

a. Variable de agrupación: Tratamientos_T

b. No corregido para empates.



Anexo 22. Pruebas de correlación entre la progesterona y el tamaño de cuerpo lúteo

Pruebas de correlación			CL_Prom	Tratamientos_T
tau_b de Kendall	P4_Prom	Coeficiente de correlación	,366*	,277
		Sig. (bilateral)	,025	,151
		N	20	20
Rho de Spearman	P4_Prom	Coeficiente de correlación	,481*	,330
		Sig. (bilateral)	,032	,156
		N	20	20

Anexo 23. Pruebas de normalidad y homogenidad del intervalo parto-primer celo

Pruebas de normalidad				
	Tratamientos_T	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Dia_celo	T1	,818	10	,024
	T2	,891	10	,172

Prueba de homogeneidad de varianzas				
Dia_celo				
Estadístico de Levene	df1	df2	Sig.	
9,725	1	18	,006	



Anexo 24. Prueba de U de Mann Whitney para el intervalo parto - primer celo

Estadísticos de prueba^a	
	Dia_celo
U de Mann-Whitney	21,000
W de Wilcoxon	76,000
Z	-2,195
Sig. asintótica (bilateral)	,028
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,029 ^b

a. Variable de agrupación: Tratamientos
 b. No corregido para empates.

Anexo 25. Pruebas de correlación entre los indicadores metabólicos y el intervalo parto-primer celo

Pruebas de correlación		Tratamientos	Glucosa	Colesterol	Celo posparto
Ta_b de Kendall	Coeficiente de correlación	-,424*	-,085	-,133	1,000
	Sig. (bilateral)	,028	,603	,417	.
	N	20	20	20	20
Rho de Spearman	Coeficiente de correlación	-,503*	-,058	-,204	1,000
	Sig. (bilateral)	,024	,809	,388	.
	N	20	20	20	20

**Anexo 26.** Prueba de U Mann Whitney para la variable condición corporal durante el posparto

		Estadísticos de prueba^a							
		ConCorp	CC_11	CC_19	CC_27	CC_35	CC_43	CC_51	CC_60
U de Mann-Whitney		8,500	20,000	20,000	22,000	10,000	23,000	21,000	22,000
W de Wilcoxon		63,500	75,000	75,000	77,000	65,000	78,000	76,000	77,000
Z		-3,150	-2,690	-2,690	-2,413	-3,174	-2,122	-2,327	-2,338
Sig. asintótica (bilateral)		0,002	0,007	0,007	0,016	0,002	0,034	0,020	0,019
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]		,001 ^b	,023 ^b	,023 ^b	,035 ^b	,002 ^b	,043 ^b	,029 ^b	,035 ^b

a. Variable de agrupación: Tratamientos

b. No corregido para empates.