



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS Y FORESTALES

PROGRAMA INSTITUCIONAL DE MAESTRIA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

ÁREA TEMÁTICA: PRODUCCIÓN Y SALUD ANIMAL

TESIS:

**EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN DE DOS TIPOS DE ÁCIDOS
GRASOS SOBRE EL REINICIO DE LA ACTIVIDAD OVÁRICA Y
METABOLITOS DE LÍPIDOS EN VACAS F1 (*Bos Taurus x Bos indicus*)
DURANTE EL POSPARTO TEMPRANO**

PRESENTA:

M.V.Z. ROBERTO HUANTE CATALÁN

Tarímbaro, Michoacán. Julio de 2010.



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS Y FORESTALES

PROGRAMA INSTITUCIONAL DE MAESTRIA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

EFFECTO DE LA SUPLEMENTACION DE DOS TIPOS DE ACIDOS GRASOS SOBRE EL REINICIO DE LA ACTIVIDAD OVARICA Y METABOLITOS DE LIPIDOS EN VACAS F1 (*Bos Taurus x Bos indicus*) DURANTE EL POSPARTO TEMPRANO

TESIS QUE PRESENTA:

M.V.Z. ROBERTO HUANTE CATALÁN

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

COMITÉ TUTORAL:

DR. JOSÉ HERRERA CAMACHO
MC. ANTONIO GARCÍA VALLADARES
MC. ALEJANDRA MINERVA MARÍN AGUILAR
DR. FEDERICO ESCOBEDO AMEZCUA
DR. BENJAMÍN GÓMEZ RAMOS

Tarímbaro, Michoacán. Julio de 2010.



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
Programa Institucional Maestría en Ciencias Biológicas

DR. HÉCTOR EDUARDO MARTÍNEZ FLORES
COORDINADOR GENERAL DEL PROGRAMA INSTITUCIONAL DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
P R E S E N T E

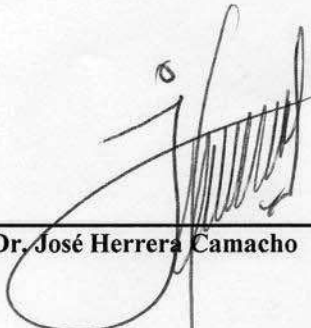
Por este conducto nos permitimos comunicarle que después de haber revisado el manuscrito final de la Tesis Titulada: "Efecto de la suplementación de dos tipos de ácidos grasos sobre el reinicio de la actividad ovárica y metabolitos de lípidos en vacas F1 (*Bos taurus* x *Bos indicus*) durante el posparto temprano" presentado por el M.V.Z. ROBERTO HUANTE CATALÁN, consideramos que reúne los requisitos suficientes para ser publicado y defendido en Examen de Grado de Maestro en Ciencias.

Sin otro particular por el momento, reiteramos a usted un cordial saludo.


A T E N T A M E N T E

Morelia, Michoacán, a 14 de junio de 2010

MIEMBROS DE LA COMISIÓN REVISORA



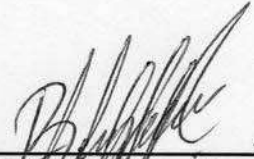
Dr. José Herrera Camacho



M.C. Alejandra Minerva Marín Aguilar



M.C. Antonio García Valladares



Dr. Benjamín Gómez Ramos



Dr. Federico Escobedo Amezcua

DECLARATORIA

El presente trabajo se desarrollo en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia y el Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, bajo la dirección del Dr. José Herrera Camacho y Co-Dirección del MC. Antonio García Valladares y asesoría de las profesores que aparecen en la contraportada del presente documento.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el sustento financiero concedido, para la realización de estudios de maestría, número de becario 257482.



Al Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología por el apoyo otorgado en el marco de la Convocatoria Coecyt 2009, “Investigación Aplicada a Sectores Estratégicos para el Desarrollo”



“Tesis apoyada por el Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología del Gobierno del Estado de Michoacán”

A la Coordinación de la Investigación Científica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, por el financiamiento otorgado para la realización del proyecto.



“El pesimista se queja del viento, el optimista espera que cambie, el realista ajusta las velas”
William George Ward.

“La verdadera sabiduría está en reconocer la propia ignorancia”
Sócrates.

“Daría todo lo que sé, por la mitad de lo que ignoro”
René Descartes.

DEDICATORIA

Se puede culminar con lo asignado, cuando uno pone todo el ahínco en ello. Es así, que dedico este trabajo con mucho amor a Dios, por haberme concedido la vida, serenidad, certeza, fortaleza, paciencia, sabiduría y discernimiento, para llegar a la conclusión satisfactoria en otra etapa de mi vida.

Con mucho cariño y respeto a mis padres: Roberto y María Antonieta, por su apoyo incondicional, momentos felices, enseñanzas ejemplares, visión e inspiración de nuevas metas, valores inculcados, y sobre todo por hacer de mí, fuerte por carácter, sostenido por formación, sensible por temperamento y humano por nacimiento. Gracias por todo, los quiero mucho.

A mi familia: mis hermanas, Cinthia, María Fernanda y María Jimena, por ser compañeras y amigas en todo momento; mis sobrinos Kalid y Kamil, por sus alegrías que contagian mi corazón y hacen tan fácil la vida.

A toda mi familia: mis abuelitos (as), especialmente a mi abuelita Edelmira, que aún la tengo con vida; tíos (as), primos (as), sobrinos (as) y sus respectivos cónyuges, que a pesar de la distancia, me ofrecen su apoyo, con una exhortación siempre a lo mejor.

A mis compañeros, amigos y a todas las personas que me quieren, en especial a mi gran amor, Alejandra Gabriela, por ser una parte muy importante en mi vida, con momentos difíciles y muy felices, pero sobre todo por su dedicación con amor y ternura para conmigo, muchas gracias nena y como dices tú, rezo por que en otra vida nos volvamos a encontrar. Te amo hermosa.

A mis asesores, en especial al Dr. José Herrera Camacho, por su dedicación, tiempo y paciencia en el transcurso de la elaboración de este trabajo, que es también suyo, profusas gracias.

Al apoyo técnico del MC. Salvador Padilla Arellanes, MC. Nayda Luz Bravo Hernández y a los integrantes del servicio social Julio-Diciembre 2009.

El autor del presente trabajo Roberto Huante Catalán,
nació el 12 de Febrero de 1984 en la Ciudad de Acapulco,
Guerrero, México.



Formación Académica

Estudios primarios: Instituto Guajardo. Generación: 1990-1996. Acapulco, Guerrero.

Estudios secundarios: Instituto Guajardo. Generación: 1996-1999. Acapulco, Guerrero.

Estudios de bachillerato: Instituto Guajardo. Bachillerato Ciencias de la Salud. Generación: 1999-2002. Acapulco, Guerrero.

Estudios profesionales: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Generación: 2002-2007. Morelia, Michoacán.

Estudios de posgrado: Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, en el Programa Institucional de Maestría en Ciencias Biológicas, Área Temática: Producción y Salud Animal, Marzo 2008 – Febrero 2010, Morelia, Michoacán.

Cursos de educación continua recibidos:

Diploma del centro cultural de lenguas por haber cubierto satisfactoriamente los niveles de inglés: básico, intermedio y avanzado. 480 hrs. enero 2009. Morelia, Michoacán.

Diploma de la Secretaría de Educación en el Estado de Michoacán, bajo la Dirección del Centro de Capacitación para el Trabajo, conforme al plan de estudios de capacitación en vigor de: inglés básico, intermedio y avanzado. 900 hrs. 17 de julio de 2009. Morelia, Michoacán.

Diploma del seminario denominado: Espectroscopia de Ultravioleta-Visible y su aplicación en los diferentes campos de la química, 27 de noviembre de 2009. Morelia, Michoacán.

Asistencia a Reuniones y Congresos

XXV Congreso Nacional AMMVEPE “Congreso de plata”. 26 al 29 de mayo de 2004. Acapulco, Guerrero.

XI Congreso Veterinario de León 2006. 6 al 9 de Septiembre de 2006. León, Guanajuato.

2do. Simposio de Actualización Profesional Merial en el marco del XI Congreso Veterinario de León 2006. 8 de Septiembre de 2006. León, Guanajuato.

Curso de Actualización en Oftalmología en perros y gatos. 5 al 7 de Marzo de 2007. Morelia, Michoacán.

Curso de reconocimiento de las principales enfermedades exóticas de los animales, los sistemas y planes de emergencia. 28 al 30 de Mayo de 2007. Morelia, Michoacán.

V Foro Regional para la conservación y manejo productivo del venado cola blanca. 22 al 24 de Agosto de 2007. Morelia, Michoacán.

Seminario “Introducción al manejo del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en el marco del V Foro Regional para la conservación y manejo productivo del venado cola blanca. 25 de Agosto de 2007. Morelia, Michoacán.

XII Congreso Veterinario de León 2007. 5 al 8 de Septiembre de 2007. León, Guanajuato.

3er. Simposio de Actualización Profesional Merial en el marco del XII Congreso Veterinario de León 2006. 7 de Septiembre de 2007. León, Guanajuato.

Simposio Pedigree Curso de Reproducción en caninos y felinos en el marco del XII Congreso Veterinario de León 2006. 8 de Septiembre de 2007. León, Guanajuato.

I Congreso Regional de Buiatría. 21 y 22 de Septiembre de 2007. Morelia, Michoacán.

10° Congreso Internacional de Medicina y Zootecnia en perros, gatos y otras mascotas. 18 al 21 de Octubre de 2007. Acapulco, Guerrero.

Apoyo en la organización y asistencia en el 1er. Foro de Investigación del Programa Institucional de Maestría en Ciencias Biológicas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 17 de Junio de 2008. Morelia, Michoacán.

4to. Congreso Estatal de Ciencia y Tecnología del Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología en Michoacán. 30 y 31 de Octubre de 2008. Morelia, Michoacán.

Curso para Asesores en Ganadería Orgánica por Bioagricert. 25 al 27 de Noviembre de 2008. Morelia, Michoacán.

II Congreso Regional de Buiatría. 28 y 29 de Noviembre de 2008. Morelia, Michoacán.

4to. Encuentro Estatal de Vinculación 2009. Primer Foro Tecnológico: Proyectos Exitosos, del Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología en Michoacán. 24 y 25 de Septiembre de 2009. Morelia, Michoacán.

5to. Congreso Estatal de Ciencia y Tecnología del Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología en Michoacán. 12 y 13 de Noviembre de 2009. Morelia, Michoacán.

Trabajos presentados en Reuniones y Congresos

Coautor de la Ponencia: Programa de Asesoría y Consultoría de los Becarios PROMAF para los Ganaderos en Michoacán, en el marco del 3er. Encuentro Estatal de Vinculación 2008: “*Financiamiento para el Desarrollo a través de la Vinculación*”. 24 y 25 de Septiembre de 2008. Morelia, Michoacán.

Ponencia: Variación de peso vivo en vacas F1 (*Bos taurus x Bos indicus*) suplementadas con dos tipos de ácidos grasos en e posparto temprano y ganancia de peso de becerros, en el marco del

1er. Foro Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas y Agropecuarias. 4 al 6 de Noviembre de 2009. Uruapan, Michoacán.

Coautor del trabajo: Análisis de la Actividad Hemaglutinante de Capitaneja (*Verbesina crocata*) utilizando sangre de diferentes animales, dentro del marco del 5to. Congreso Estatal de Ciencia y Tecnología del Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología en Michoacán. 12 y 13 de Noviembre de 2009. Morelia, Michoacán.

Presentación de: “CAMBIO DE PESO VIVO POSPARTO EN VACAS F1 (*Bos taurus x Bos indicus*) SUPLEMENTADAS CON DOS TIPOS DE ACIDOS GRASOS Y GANANCIA DE PESO DE BECERROS. Resultados preliminares”, en la modalidad cartel en la XXXVII Reunión Anual de la Asociación Mexicana de Producción Animal A.C., llevado a cabo en Chihuahua, Chihuahua del 25 al 27 de Noviembre de 2009.

Actividades laborales

Servicio social: En la Clínica Veterinaria de la Universidad Michoacana, en el Área de Laboratorio Clínico, del periodo de Agosto 2006 - Febrero 2007, realizando distintos estudios para el diagnóstico de enfermedades animales, como son: Urianálisis, Coproparasitoscópico, Pruebas de Elisa, Hemogramas, Químicas sanguíneas, Citologías, Cultivo Micológico y Raspados Cutáneos.

Integrante de las Becas a Profesionistas Recién Egresados en la Línea de Acción: PRIMER EMPLEO PARA RECIEN EGRESADOS DE INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN AGRICOLA SUPERIOR, del FOMAGRO, Subprograma PROMAF 2007, al amparo del Convenio de Concertación No. MICH-BECA033-270607, suscrito con el Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO), a través de la Gerencia Estatal Michoacán, en el periodo de Julio de 2007 a Marzo de 2008.

Acreditación como prestador de servicio profesional con INCA Rural en el curso “Asesoría técnica y Consultoría Profesional” desde el 4 de Abril del 2008.

Técnico Identificador Autorizado SINIIGA con clave 4461 desde el 11 de Marzo del 2010.

INDICE

	Página
RESUMEN	1
I. INTRODUCCIÓN GENERAL	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1 Parámetros reproductivos y productivos en bovinos de carne	5
2.2 Balance energético negativo en ganado bovino de carne	6
2.3 Lípidos	8
2.3.1 Funciones de lípidos	10
2.3.2 Hidrólisis de los lípidos	10
2.3.3 Digestión de lípidos	10
2.3.4 Absorción de los lípidos	11
2.3.5 Metabolismo de lípidos	13
2.3.6 Lipólisis	14
2.3.7 Lipogénesis	16
2.4 Endocrinología de la reproducción	17
2.5 Mecanismo endocrino del reinicio de la actividad ovárica (RAO) en ganado bovino de carne	20
2.6 Importancia de los ácidos grasos esenciales en la reproducción	20
2.7 Grasas saponificadas en la dieta del ganado bovino de carne	21
2.7.1 Efecto de la grasa saponificada en el rumen	21
2.7.2 Su efecto de la grasa saponificada en el reinicio de la actividad ovárica en bovinos	22
2.8 Ruta de la biosíntesis del colesterol	23
2.8.1 Conversión del ácido acético en ácido mevalónico	24
2.8.2 Conversión del mevalonato en escualeno	25
2.8.3 Conversión del escualeno en colesterol	25
2.9 Regulación de la biosíntesis del colesterol	26
2.10 Síntesis de ésteres de colesterol	27
2.11 Formación de otros esteroides	27
2.12 Esteroidogénesis y síntesis de progesterona	28
2.13 Metabolitos de lípidos en ganado bovino de carne (colesterol y lipoproteínas de alta densidad) y hormona progesterona	29
III. JUSTIFICACIÓN	30
IV. EXPERIMENTO 1:	31
CAMBIO DE PESO VIVO POSPARTO EN VACAS F1 (<i>Bos taurus x Bos indicus</i>) SUPLEMENTADAS CON DOS TIPOS DE ACIDOS GRASOS Y GANANCIA DE PESO DE BECERROS.	
Resumen	31
Introducción	32
Materiales y Métodos	33
Resultados y Discusión	36
Conclusiones	38
Literatura citada	38

V. EXPERIMENTO 2:	43
EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN DE DOS TIPOS DE ÁCIDOS GRASOS SOBRE EL REINICIO DE LA ACTIVIDAD OVÁRICA EN VACAS F1 (<i>Bos taurus x Bos indicus</i>) DURANTE EL POSPARTO TEMPRANO.	
Resumen	43
Introducción	44
Materiales y Métodos	45
Resultados y Discusión	49
Conclusión	52
Literatura citada	53
VI. EXPERIMENTO 3:	58
METABOLITOS DE LIPIDOS EN VACAS F1 (<i>Bos taurus x Bos indicus</i>) SUPLEMENTADAS CON DOS TIPOS DE ÁCIDOS GRASOS EN EL POSPARTO TEMPRANO.	
Resumen	58
Introducción	59
Materiales y Métodos	61
Resultados y Discusión	63
Conclusión	67
Literatura citada	67
VII. DISCUSIÓN GENERAL	71
VIII. CONCLUSION GENERAL	71
IX. LITERATURA GENERAL	72
X. ANEXOS	77

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

	Página
Tabla 1. Ácidos grasos comúnmente hallados en los lípidos	9
Tabla 2. Ingredientes de la dieta (porcentaje en base seca) y aporte nutricional de la dieta utilizada	35, 47 y 62
Figura 1. Esquema general del metabolismo de lípidos.	14
Figura 2. Resumen de la β -oxidación de los lípidos en los mamíferos	15
Figura 3. Pasos principales de la biosíntesis de diferentes metabolitos a partir de acetilcoenzima A	16
Figura 4. Cambios de peso vivo de vacas F1 suplementadas con dos tipos de ácidos grasos durante el posparto temprano	37
Figura 5. Ganancia de peso vivo de becerros de vacas F1 suplementadas con dos tipos de ácidos grasos en el posparto temprano	38
Figura 6. Concentración sérica de la progesterona en vacas suplementadas con dos tipos de ácidos grasos en el posparto temprano	50
Figura 7. Concentraciones séricas de COL en vacas suplementadas con dos tipos de ácidos grasos en el posparto temprano	64
Figura 8. Concentraciones séricas de HDL en vacas F1 suplementadas con dos tipos de ácidos grasos en el posparto temprano	65

RESUMEN

Se realizó una investigación, bajo una serie de tres experimentos, en los cuales se determinó el cambio de peso vivo (PV) y ganancia de peso en becerros, el reinicio de actividad ovárica (RAO), y la concentración sérica de colesterol (COL) y lipoproteínas de alta densidad (HDL), en vacas F1 suplementadas con dos tipos de ácidos grasos durante el posparto temprano. Se emplearon veinte vacas *Bos taurus x Bos indicus*, de 400-450 kg y condición corporal de 2 – 2.5 puntos. Los animales fueron distribuidos aleatoriamente en dos grupos, ambos grupos suplementados con 300 g^d⁻¹, uno de ácidos grasos poliinsaturados saponificados (PUFA=10) y el otro con ácidos grasos saturados (SFA=10), durante 10 semanas a partir de la primera semana posparto y con una dieta similar para ambos grupos de mantenimiento, considerando un PV de 450 kg, con una producción láctea de 5 kg por día, sin ganancia diaria de peso y con amamantamiento del becerro a libre acceso sin periodos de ordeño (NRC, 1984). El PV de vacas y becerros fue registrado semanalmente a partir del parto y hasta el término de la suplementación grasa. Las muestras sanguíneas fueron colectadas a partir del 3 día posparto, dos veces por semana, hasta obtener 20 muestras consecutivas, para el caso del RAO y para el caso de las concentraciones séricas de COL y HDL, colectadas una vez por semana, a partir de 7 días posparto hasta obtener 10 colectas consecutivas. En ambos casos, colectados en tubos vacutainer con anticoagulante mediante punción de la vena coccígea, todas las muestras colectadas fueron centrifugadas y almacenadas en congelación para su posterior determinación. Se determinó la progesterona por medio de un radioinmunoensayo de fase sólida; las concentraciones de COL y HDL, se determinaron mediante el uso de un kit colorimétrico comercial de reacción enzimática y los cambios de color se midieron en un espectrofotómetro ultravioleta. El RAO fue considerado como el tiempo en el cual las vacas presentaron concentraciones séricas de progesterona ≥ 1 ng/ml y se mantuvieron o aumentaron durante dos semanas consecutivas (Grajales

y Hernández, 2008). La ganancia de PV semanal promedio de las vacas fue de 3.67 ± 1.42 y 2.97 ± 1.43 Kg para el grupo PUFA y SFA, respectivamente, sin ninguna diferencia significativa ($P > 0.05$). En los becerros, la ganancia de PV semanal promedio fue de 3.99 ± 0.32 y 4.55 ± 0.30 kg (PUFA y SFA respectivamente), sin ninguna diferencia significativa ($P > 0.05$), representando una ganancia promedio de 570 gd^{-1} , en el grupo PUFA y 650 gd^{-1} en el grupo SFA. Las concentraciones séricas de progesterona no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos ($P > 0.05$) registrándose una media \pm ee de 0.065 ± 0.013 y 0.054 ± 0.013 ng/ml (grupo PUFA y SFA, respectivamente). Los resultados de COL y HDL no tuvieron diferencias significativas entre los tratamientos ($P > 0.05$), COL (142.58 ± 15.50 y 163.23 ± 15.92 , grupo PUFA y SFA; respectivamente) y HDL (78.03 ± 7.75 y 84.68 ± 8.03 , grupo PUFA y SFA; respectivamente). En conclusión, la suplementación grasa en este trabajo, no afectó los cambios en el PV de las vacas ni de los becerros, el reinicio de actividad ovárica ni las concentraciones séricas de COL y HDL en las vacas F1 durante el posparto temprano.

Palabras clave: Posparto temprano, peso vivo, reinicio de la actividad ovárica, COL, HDL.

I. INTRODUCCIÓN GENERAL

En México, como en la región templada de Michoacán, en la mayoría de las explotaciones ganaderas de bovinos de carne existen varios factores como: el uso poco racional de pastizales nativos, la dependencia del temporal para el abastecimiento de forrajes; nulo control de empadres y selección de vientres, escasa suplementación animal, además de un inexistente control del tipo administrativo-contable (Lara *et al.*, 1994; Pérez y Ordaz, 1996). Siendo la dependencia del temporal para el abastecimiento de forrajes, por su pobre cantidad y calidad; y la escasa suplementación animal que afectan el óptimo desempeño productivo y reproductivo del hato.

El período posparto de la vaca es de suma importancia ya que los requerimientos de energía son fundamentales para la reproducción, además de las demandas energéticas que tiene para la producción de leche y/o amamantamiento, dado que la biodisponibilidad de energía debe ser suficiente y existir las reservas destinadas a permitir un comportamiento reproductivo adecuado, de lo contrario, el estado de balance energético negativo se presenta durante las primeras tres semanas de lactación y ésta altamente correlacionado con el intervalo a primera ovulación posparto, que generalmente ocurre alrededor de los 30 días después (Spain, 1996; Butler, 2000).

Algunos estudios en ganado lechero (Marín *et al.*, 2007) como ganado de carne (Aranda *et al.*, 2002) han demostrado que la inclusión de grasa y especialmente la rica en ácidos grasos poliinsaturados, favorece el desarrollo folicular (Herrera *et al.*, 2001), disminuye la duración del anestro posparto y reduce el intervalo entre partos (Williams, 1996; Thomas *et al.*, 1997). En años posteriores, Vann *et al.*, (2002) reportaron un incremento en las concentraciones sanguíneas de

colesterol y lipoproteínas de alta densidad en vaquillas de carne suplementadas con aceite de soya, al mismo tiempo que observaron una ganancia de peso vivo y condición corporal.

Para disminuir el anestro posparto se requieren de las condiciones óptimas de varios factores metabólicos y endocrinos que se interrelacionan entre sí (Francisco *et al.*, 2003), entre los cuales las concentraciones de colesterol y lipoproteínas de alta densidad, junto con la progesterona, están asociados a esta respuesta reproductiva (Ceballos *et al.*, 2002; Ramírez *et al.*, 2006). Dichos metabolitos de lípidos pueden ser alterados en su concentración sanguínea por la suplementación grasa (Lammoglia *et al.*, 2000; Hess, 2003); donde la calidad y cantidad de ácidos grasos en la dieta determinará el grado de afectación en dichas concentraciones (Miller *et al.*, 2000).

El presente documento integra tres estudios que describen el efecto de la suplementación con dos tipos de ácidos grasos sobre el cambio de peso vivo y ganancia de peso de becerros, así como en el reinicio de la actividad ovárica y metabolitos de lípidos en vacas F1 (*Bos taurus x Bos indicus*) durante el posparto temprano.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

En la región templada de México, se tiene un inventario que consta de 7.25 millones de cabezas y contribuye con cerca de 229 mil ton de carne a la producción nacional. La explotación está orientada al sistema vaca-becerro, para el envío de crías al mercado nacional o internacional, dependiendo de su clasificación. Se aprovechan pastizales nativos, complementados en algunos casos con subproductos agrícolas, por lo que las ganancias de peso promedio son de 700-800 g. También se realizan engordas intensivas con granos y alimentos balanceados, para el abasto regional y de la Zona Metropolitana de la ciudad de México. La genética del hato está compuesta por animales criollos cruzados con cebuínos y razas europeas, de las cuales sobresalen la Suizo Pardo, Angus y Beefmaster (ASERCA, 1995a). En la mayoría de las explotaciones de esta región, la disponibilidad de los recursos se limita al uso poco racional de pastizales nativos y la dependencia del temporal para el abastecimiento de forrajes; nulo control de empadres y selección de vientres, escasa suplementación animal, siendo además inexistente cualquier control del tipo administrativo-contable (Lara *et al.*, 1994; Pérez y Ordaz, 1996).

2.1 Parámetros reproductivos y productivos en bovinos de carne.

Dada la situación anterior, los parámetros reproductivos en bovinos de carne, se ha estimado un intervalo entre partos de 600 a 620 días, con una producción de becerros destetados 48 – 52 por cada 100 vientres (FIRA, 1994b; ASERCA, 1995b) y con un peso al destete que oscila de los 130 – 150 kg de peso vivo (PV) (ASERCA, 1995b). En algunos municipios del estado de Michoacán, se tienen datos similares, que van desde los 651.6 – 936 días el intervalo entre partos y becerros de 150 kg al año de edad (Salas y Canela, 2002; Molina *et al.*, 2004). El reinicio de la actividad ovárica

posparto es el factor que más influye en la duración del intervalo entre partos (Castillo *et al.*, 1997), cuyo origen de esos intervalos entre partos prolongado, como lo marcan algunos autores, se debe principalmente al efecto estacional sobre la disponibilidad y calidad de los forrajes. Esta disminución de forrajes y pobre calidad en nutrientes, hace que el animal entre en un balance energético negativo (Negative Energy Balance, NEBAL, por sus siglas en inglés).

2.2 Balance energético negativo en ganado bovino de carne.

El balance energético negativo (NEBAL) se define como la diferencia entre la energía neta consumida por el animal y la requerida para su mantenimiento y producción (Galvis *et al.*, 2005). La energía disponible para el animal, incluye la que proviene de la nutrición y la almacenada en los tejidos corporales, principalmente la del tejido adiposo. La energía utilizada varía en cada animal y depende de la edad y del estado fisiológico; y es utilizada para el mantenimiento de la homeostasis y necesidades fisiológicas como las de crecimiento y reproducción (Blache, 2003; Gallardo *et al.*, 2004). De este modo, diferentes factores afectan el NEBAL, entre los que se cuentan los referentes al consumo de materia seca y su valor energético, y los atribuidos a las necesidades del animal (Galvis *et al.*, 2005).

Alrededor de las dos semanas preparto, la vaca reduce el consumo de materia seca, aproximadamente en un 30% (Dann *et al.*, 1999). Esta reducción sumada a las necesidades fetales y a la síntesis de calostro, se produce un considerable NEBAL en el animal (Galvis *et al.*, 2005), que inicia pocos días antes del parto y generalmente alcanza su punto máximo o nadir alrededor de 2 semanas después (Butler, 2000). Goff y Horst (1997), mencionan que el ganado vacuno tiene la

capacidad de compensar el déficit alimentario de energía a través de la movilización de grasa corporal, dados por una disminución en los niveles de glucosa e insulina en sangre. Dicha movilización resulta en un aumento en los NEFAs (Non-Esterificate Fatty Acids, por sus siglas en inglés) en sangre que son utilizados por el hígado (Rasby *et al.*, 1992).

En diversos estudios, los NEFAs en sangre son indicativos de un NEBAL, que se presenta durante las primeras tres semanas de lactación y ésta altamente correlacionada con el intervalo a primera ovulación posparto, que generalmente ocurre alrededor de los 30 días después (Spain, 1996; Butler, 2000). Siendo esta una situación, una relación inversa entre el balance de energía y tiempo para la reanudación de la actividad ovárica después del parto; los resultados de la ingesta inadecuada de nutrientes es la pérdida de peso y condición corporal y, finalmente, la ausencia o el cese de la conducta sexual (Montiel y Ahuja, 2005).

Las modificaciones en el balance de energía, pueden repercutir en cualquiera de los tres niveles del eje hipotálamo-hipófisis-gónadas, así como en los mecanismos reguladores de retroalimentación (Butler, 2000). Estudios realizados por Barton y Carroll (1992) y Chandler (1997) mencionan que un NEBAL deprime la liberación del factor liberador de las hormonas gonadotrópicas en el hipotálamo y la posterior liberación de hormona luteinizante (LH) en la hipófisis; lo cual afecta el patrón normal de liberación de LH requerido para la maduración de folículos, ovulación y formación del cuerpo lúteo, reduciendo la eficiencia reproductiva de las vacas e incrementando la duración del intervalo entre partos.

2.3 Lípidos

Los lípidos son biomoléculas orgánicas formadas básicamente por carbono e hidrógeno y generalmente también oxígeno, pero en porcentajes mucho más bajos. Además pueden contener también fósforo, nitrógeno y azufre. Se pueden dividir en tres tipos:

- 1) Simples: Grasas y ceras.
- 2) Compuestos: Fosfolípidos (Lecitina, Cefalina y Esfingomielina) y Glicolípidos (Glucolípidos y galactolípidos).
- 3) Derivados: Ácidos grasos, Alcoholes (Esteroides) y Hidrocarburos (Shimada, 2003).

Se muestran a continuación los ácidos grasos comunes hallados en los lípidos (Tabla 1) y en donde el sufijo denota su estado de saturación: -anoico, saturado; -enoico, un doble enlace; -dienoico, dos enlaces dobles; -trienoico, tres enlaces dobles; -tetraenoico, cuatro enlaces dobles; etc. (Maynard *et al.*, 1986).

Tabla 1. Ácidos grasos comúnmente hallados en los lípidos.

Ácidos	Fórmula		Punto de fusión °C
	empírica	Símbolos	
Saturados:			
Butírico (butanoico)	C ₄ H ₈ O ₂	C4:0 ^a	-4.3
Caproico (hexanoico)	C ₆ H ₁₂ O ₂	C6:0	-2
Caprílico (octanoico)	C ₈ H ₁₆ O ₂	C8:0	16.5
Cáprico (decanoico)	C ₁₀ H ₂₀ O ₂	C10:0	31.4
Laúrico (dodecanoico)	C ₁₂ H ₂₄ O ₂	C12:0	44
Mirístico (tetradecanoico)	C ₁₄ H ₂₈ O ₂	C14:0	58
Palmítico (hexadecanoico)	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	C16:0	63
Estearico (octadecanoico)	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	C18:0	71.5
Insaturados:			
Palmitoleico (hexadecenoico)	C ₁₆ H ₃₀ O ₂	C16:1 ^{Δ9b}	1.5
Oleico (octadecenoico)-5.	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	C18:1 ^{Δ9}	C18:1ω9 ^c 16.3
Linoleico (octadecadienoico)	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	C18:2 ^{Δ9,12}	C18:2ω6 -5.0
Linolénico (octadecatrienoico)	C ₁₈ H ₃₀ O ₂	C18:3 ^{Δ9,12,15}	C18:3ω3 -11.3
Araquidónico (eicosatetraenoico)	C ₂₀ H ₃₂ O ₂	C20:4 ^{Δ5,8,11,14}	C20:4ω6 -49.5

^a C4:0; cuatro átomos de carbono; 0 dobles enlaces.

^b Denota que el ácido graso tiene un doble enlace que comienza en el noveno átomo de carbono, empezando con el carbono carboxílico.

^c Designación usada para ácidos grasos insaturados. La ω denota el primer átomo de carbono del doble enlace contando a partir del metilo terminal. Posiciones similares, agrupan ácidos grasos insaturados en familias e indican, por ejemplo, que C20:4ω6 fue sintetizado a partir de C18:2ω6 (Maynard *et al.*, 1986).

2.3.1 Funciones de los lípidos.

Son componentes estructurales de las membranas, son depósitos de reserva intracelulares de energía metabólica, es también una forma de transporte de combustible metabólico y son agentes de protección de las paredes celulares de muchas bacterias (Lehninger, 1972).

2.3.2 Hidrólisis de los lípidos.

Generalmente los triglicéridos son hidrolizados antes de ser degradados por enzimas micolíticas para formar ácidos grasos y glicerol. Estos entran después a la circulación y los ácidos grasos son transportados por el plasma como un complejo con albúmina mediado por la colina. La molécula de glicerol no se utiliza directamente por los tejidos corporales, dado que en el hígado se hidroliza en dióxido de carbono al agua o se sintetiza en glucosa. No obstante, su utilización depende del estado nutricional y los requerimientos de carbohidratos del animal (Bone, 1983).

2.3.3 Digestión de lípidos

Los glicerolípidos microbianos y cantidades pequeñas de ácidos grasos volátiles, son los principales lípidos presentes en el quimo que llega al duodeno procedente de abomaso. La micela se forma con lecitina o lisolecitina, por la lipasa y la fosforilasa pancreáticas. Las grasas protegidas, se cubren con algún ingrediente como una pasta de oleaginosa, que a su vez está tratada con calor o un bacteriostático como formaldehído.

2.3.4 Absorción de los lípidos

El glicerol y los ácidos grasos de menos de 10 átomos de carbono se absorben por vía portal, mientras que los monoglicéridos y ácidos grasos de cadenas más largas, pasan a la circulación linfática en mamíferos. Son seis hechos fisiológicos para la absorción de grasas:

- 1) La presencia de microvellosidades intestinales
- 2) La existencia de las alfa y alfa' lipasas pancreáticas
- 3) El hecho de que los monoglicéridos pueden absorberse intactos
- 4) La formación de la micela
- 5) La resíntesis del triglicérido
- 6) La formación del quilomicrón (Lehninger, 2003).

El intestino recibe ácidos grasos endógenos y exógenos, los cuales son esterificados para formar triglicéridos, fosfolípidos y ésteres de colesterol. Todos estos compuestos forman complejos con ciertas proteínas para dar lugar a las lipoproteínas que son secretadas a la linfa del intestino y son transportadas a través de la sangre (Espinoza, 1995).

La función principal de las lipoproteínas del plasma, es el transporte de los lípidos desde el intestino y el hígado hacia los tejidos periféricos. Las lipoproteínas son complejos moleculares solubles en los fluidos del sistema vascular (plasma y linfa), y en los fluidos del intestino y liquido folicular. De acuerdo con su tamaño y densidad, las lipoproteínas se han dividido en cuatro

principales clases: quilomicrones, lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL), lipoproteínas de baja densidad (LDL) y lipoproteínas de alta densidad (HDL) (Espinoza, 1995).

Los **quilomicrones** son las lipoproteínas más grandes y menos densas. Se sintetizan y secretan por el intestino delgado después de que los rumiantes han consumido grasas. La función principal de esta lipoproteína rica en triglicéridos, es transportar los ácidos grasos de la dieta hacia los tejidos para que sean depositados como lípidos para la síntesis de grasa de la leche o para que sean oxidados y generen energía (Espinoza, 1995).

Las **VLDL** (Very Low Density Lipoproteins, por sus siglas en inglés), son partículas que representan una forma para el transporte de triglicéridos desde el intestino delgado hasta los tejidos periféricos a través de los vasos sanguíneos y linfáticos. Esta lipoproteína se caracteriza por su alta concentración en triglicéridos, elevado contenido de fosfolípidos un deficiente contenido de ésteres de colesterol (Espinoza, 1995).

Las **LDL** (Low Density Lipoproteins, por sus siglas en inglés), en rumiantes, son el producto final de la degradación intravascular de las VLDL y están implicadas en la distribución del colesterol e los tejidos. Estas representan el 10% del total de las lipoproteínas en plasma. Las LDL están compuestas de colesterol (48%), fosfolípidos (27%), triglicéridos (15%) y colesterol libre (10%) (Espinoza, 1995).

Las **HDL** (High Density Lipoproteins, por sus siglas en inglés), representan más del 80% de las lipoproteínas totales. Su función principal es transportar el colesterol a los tejidos para la esteroidogénesis primaria (hígado, testículos, ovarios y glándula mamaria). En rumiantes son sintetizadas y secretadas por el hígado y el intestino delgado. Estas partículas son las más implicadas en el sistema de transporte del colesterol que retorna el exceso del mismo de las células periféricas hacia el hígado a través de la excreción de la bilis y la síntesis de nuevas partículas de VLDL (Espinoza, 1995).

En el interior de las células epiteliales del retículo endoplásmico ocurre la resíntesis de triglicéridos y la formación de una estructura llamada quilomicrón, constituida por ésteres de colesterol (8%), fosfolípidos (7%), colesterol (2%) y lipoproteínas (2%), que rodean a los triglicéridos, haciéndolos así hidrosolubles para su transporte en la circulación.

2.3.5 Metabolismo de lípidos

La energía se almacena como glucógeno o grasa. Los lípidos se depositan como triglicéridos en el tejido adiposo o en órganos como el hígado, para su empleo posterior (Figura 1). La cantidad de energía es mayor en comparación con las proteínas y los glúcidos (9 vs 4 Mcal/kg, respectivamente) (Shimada, 2003).

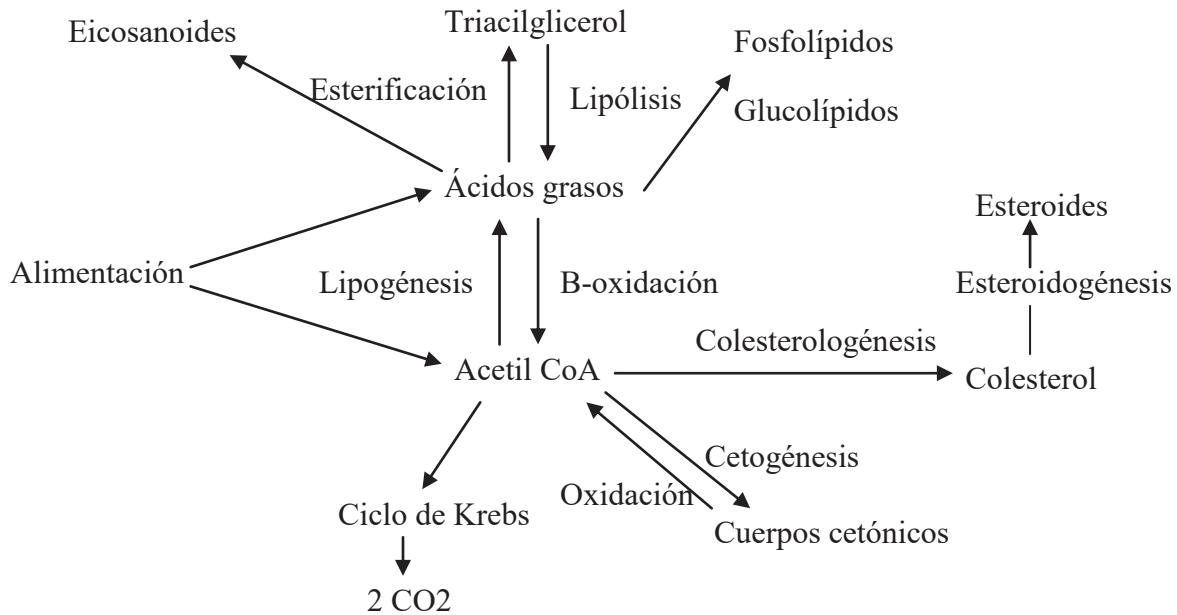


Figura 1. Esquema general del metabolismo de lípidos (Swenson y Reece, 1999).

2.3.6 Lipólisis

El catabolismo se inicia con la hidrólisis de los triglicéridos del tejido adiposo, lo que libera glicerol y ácidos grasos libres no esterificados; estos últimos forman un complejo con la albúmina sérica y al volverse hidrosolubles, se transportan por vía sanguínea a los tejidos donde se oxidan en las mitocondrias celulares mediante el mecanismo llamado beta-oxidación, previa activación en el citoplasma a la forma acil coenzima A (Shimada, 2003).

La transformación de un ácido graso libre en su tioéster es un proceso que requiere energía en forma de ATP. El proceso consiste en sustituir dos átomos de carbono, para transformar el tioéster original de 16 carbonos en uno de 14 carbonos, más una molécula de acetil CoA; el proceso se repite

eliminando dos carbonos y sintetizando una acetil CoA en cada vuelta, de tal manera que el resultado final en siete vueltas es la producción total de ocho moléculas de acetil CoA, al oxidarse completamente en el ciclo de Krebs, libera 12 moléculas de ATP, Por otro lado, en el sistema de transporte de electrones, cada molécula de FADH₂ y NADH producen 2 y 3 de ATP, respectivamente, por lo que la producción total de adenosina trifosfato es de la fosforilación oxidativa de 7NADH produce 21 ATP, la de 7FADH₂, 14 ATP y 8 A CoA produce 96 (Figura 2); restando los 2 ATP equivalentes necesarios para la formación del acil-CoA, la oxidación completa de una molécula de palmitoil produce 129 ATPs (Shimada, 2003).

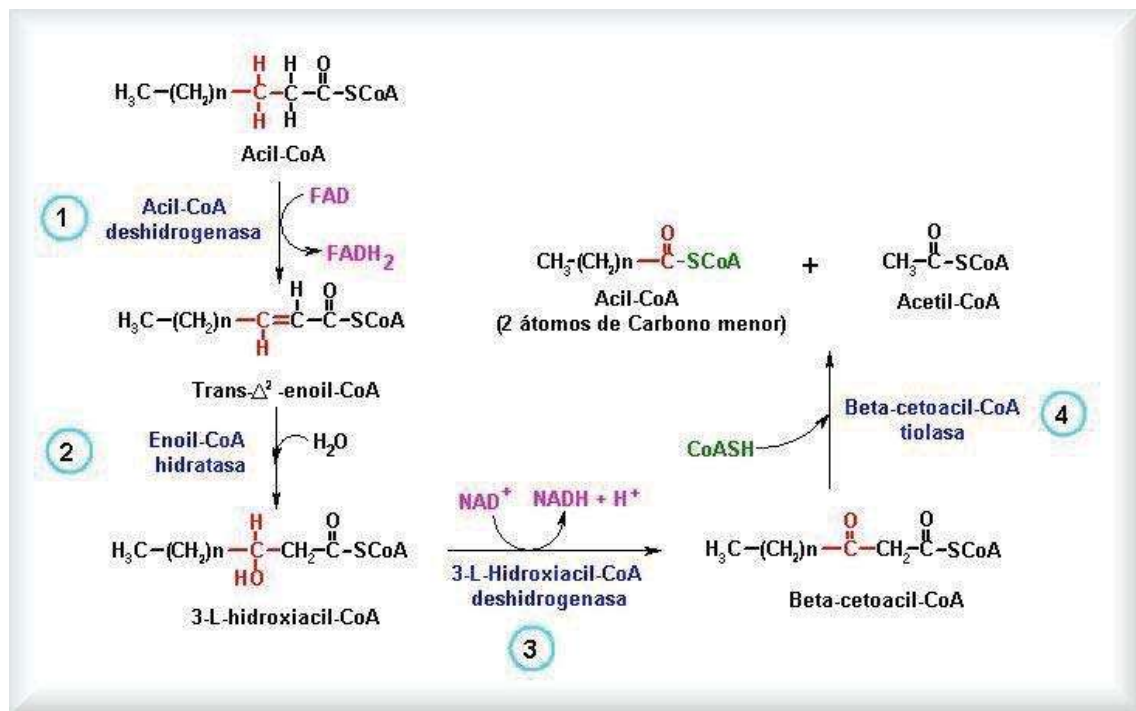


Figura 2. Resumen de la β -oxidación de los lípidos en los mamíferos (Vázquez, 2003).

2.3.7 Lipogénesis

El exceso de glucosa se convierte en ácido pirúvico por la ruta de la glucólisis y después en Acetil Co A, compuesto parte de la síntesis de los ácidos grasos. Estos últimos se convierten en triglicéridos y se depositan en el tejido adiposo y en el hígado, para su empleo posterior (Shimada, 2003). La síntesis de los ácidos grasos (Figura 3) se efectúa en el tejido adiposo, el hígado y la glándula mamaria, y es de dos tipos, la llamada de *novo* que tiene lugar fuera de la mitocondria, y la denominada de elongación, que es intramitocondrial; en la primera se forman ácidos grasos de hasta 16 átomos de carbonos (palmítico) y en la segunda ácidos de mayor tamaño. El proceso de síntesis de un ácido graso (como el palmítico), requiere un precursor inicial producido a partir de la acetil coenzima A y siete moléculas de malonil coenzima A, provenientes de otras tantas acetil coenzimas A (Lehninger, 2003).

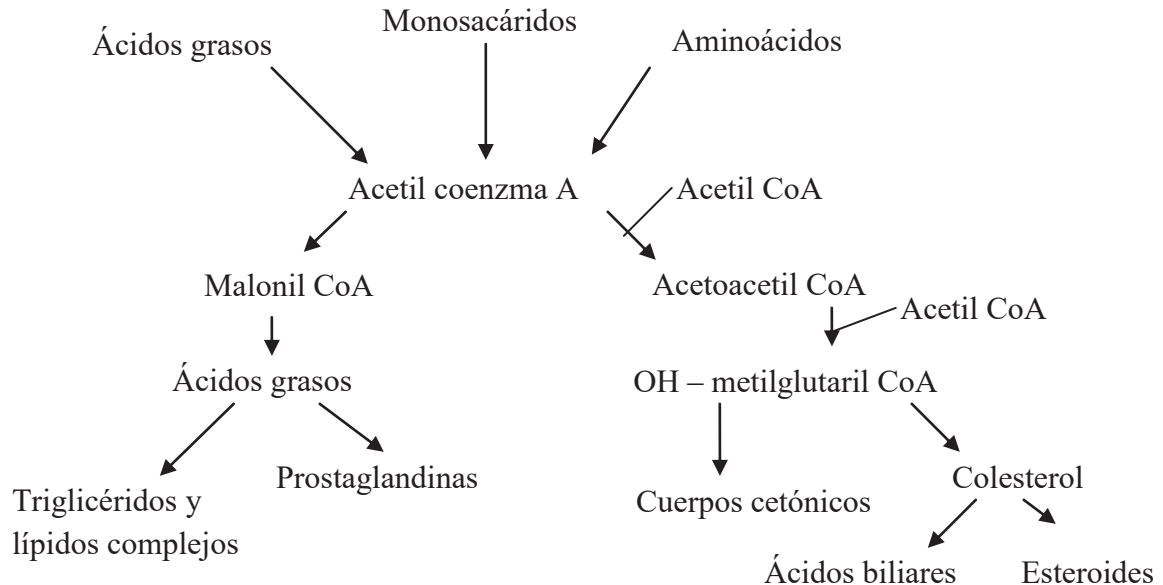


Figura 3. Pasos principales de la biosíntesis de diferentes metabolitos a partir de acetilcoenzima A (Shimada, 2003).

2.4 Endocrinología de la reproducción.

Durante el ciclo estral, el ovario desarrolla las dos glándulas endocrinas, el folículo y el cuerpo lúteo (CL). La primera etapa de la foliculogénesis incluye la proliferación mitótica de las células germinales primordiales (oogonias), la cual inicia poco después de que dichas células migran hacia el ovario fetal durante las primeras fases del desarrollo embrionario. Todas las oogonias que inician las etapas tempranas de meiosis se transforman en oocitos primarios, los cuales son rodeados de una capa simple de células granulosas para formar folículos primarios (Buffet y Bouchard, 2001).

Una vez que los folículos primordiales inician su desarrollo en la etapa posnatal, éstos tendrán dos posibles destinos; uno, si el medio hormonal es el apropiado, continuarán su desarrollo y eventualmente liberarán un óvulo maduro en el oviducto en un proceso denominado ovulación. Dos, otros folículos, los cuales incluyen la mayoría (99.9%), nunca ovulan y se degradan mediante un proceso genéticamente controlado referido como atresia, apoptosis o muerte celular programada. El desarrollo folicular está asociado al desarrollo de un grupo de folículos en diferentes fases de crecimiento, de los cuales un número específico, dependiendo de la especie, es seleccionado para continuar su desarrollo (Buffet y Bouchard, 2001; Eppig, 2001; Erickson y Shimasaki, 2001; Richards *et al.*, 2002).

Un folículo maduro contiene tres tipos de células, de la teca, de la granulosa y el oocito. Las células de la teca conforman la capa externa del folículo y se divide a su vez en dos tipos celulares: una capa externa fibrosa (teca externa) y una capa interna altamente vascularizada (teca interna). Las células de la granulosa son el mayor constituyente celular del folículo y realizan importantes

funciones nutritivas y endocrinas. Al centro del folículo se localiza el oocito, el cual concentra la información genética de la hembra. Finalmente, existe una cavidad o antro, rellena de fluido folicular, la cual es evidente en folículos maduros (Buffet y Bouchard, 2001; Erickson y Shimasaki, 2001; Richards *et al.*, 2002).

Las oleadas características del desarrollo folicular observadas durante el ciclo estral de los mamíferos, están asociadas no solamente a cambios morfológicos y funcionales en las células de la teca y granulosa, sino también a cambios en el sistema vascular y en el sistema nervioso del folículo en desarrollo. El desarrollo folicular puede dividirse en tres etapas:

- 1) Reclutamiento: etapa durante la cual un grupo de folículos en desarrollo inician un crecimiento acelerado,
- 2) Selección: etapa en la cual sólo ciertos folículos son seleccionados para continuar su desarrollo y,
- 3) Dominancia: etapa en la cual el folículo dominante refleja un rápido desarrollo, mientras que cesa el desarrollo de los folículos subordinados. (Lucy *et al.*, 1992; Buffet y Bouchard, 2001; Eppig, 2001; Erickson y Shimasaki, 2001; Richards *et al.*, 2002).

El establecimiento de la dominancia folicular está controlada por un número de mecanismos que actúan de manera coordinada. Entre éstos se incluye las alteraciones en las concentraciones periféricas de FSH, las cuales son reguladas por el folículo dominante mediante la secreción de estradiol e inhibina, así como también mediante la secreción intraovárica de ciertos factores (como la activina y los factores de crecimiento similares a la insulina [IGF, Insulin Growth Factors, por sus

siglas en inglés]) con capacidad de inhibir directamente el desarrollo de los folículos subordinados (Armstrong y Webb, 1997; Albertini *et al.*, 2001; Buffet y Bouchard, 2001; Erickson y Shimasaki, 2001).

Previo a la ovulación, el folículo está conformado por dos distintos tipos celulares. El *antrum* del folículo es una cavidad que contiene fluido folicular recubierto por una capa de células de la granulosa (CG), a la vez que las CG y el oocito están separados del resto del folículo por una membrana basal (MB); al exterior de la MB se localizan los grupos celulares teca interna (TI) y teca externa (TE). Mientras que las CG y TI sintetizan y secretan esteroides, las TE no son esteroideogénicos. Los capilares del tejido vascular que rodean los folículos están presentes tanto en la TI y la TE, pero están ausentes en la CG ya que la MB actúa como una barrera a la vascularización (Murphy, 2000; Reynolds *et al.*, 2000; Kotwicka *et al.*, 2002; Niswender, 2002; Webb *et al.*, 2002).

El pico preovulatorio de LH promueve una cascada de eventos que causan el rompimiento de la pared folicular y promueven la liberación del oocito durante la ovulación. Posterior a la ovulación, la TI y sus capilares asociados cruzan la degradada membrana basal e invaden la capa celular de la granulosa conforme los remanentes del tejido folicular se transforman en tejido lúteo. De esta forma, el CL tiene su origen de los remanentes de las células foliculares y se conforma de una población celular heterogénea altamente vascularizada, las cuales difieren tanto morfológica como fisiológicamente. En la mayoría de los mamíferos, las células lúteas derivadas de la granulosa se

denominan células lúteas largas, mientras que las células lúteas cortas son derivadas de la teca interna (Grazul-Bilska *et al.*, 1997; Murphy, 2000; Kotwicka *et al.*, 2002).

2.5 Mecanismo endocrino del reinicio de la actividad ovárica (RAO) en ganado bovino de carne

En el posparto, el retorno a la actividad ovárica en forma cíclica, está determinada por la recuperación del eje hipotálamo hipófisis ovario, mediada por un complejo de fenómenos hormonales, nutricionales y neurosensoriales debidos a la relación de la vaca con su ternero y con el medio ambiente (Williams *et al.*, 1996).

Cuando se encuentra un bloqueo ovulatorio lactacional causado por periodos de amamantamiento prolongados (que incluso en algunos casos superan el año), tal como lo menciona Galina *et al* (2001), Krohri (2001) y Gallegos y Ponciano (2002), indican que las vacas que amamantan a su becerro tienen periodos más prolongados de inactividad ovárica que aquellas a las que se les desteta el becerro al momento del parto.

2.6 Importancia de los ácidos grasos esenciales en la reproducción

En general, siempre se habla de tres ácidos grasos esenciales (AGE): linoleico (C18:2 ω 6), linolénico (C18:2 ω 3), y araquidónico (C20:4 ω 6). Ninguno de éstos pueden ser sintetizados por los tejidos de los mamíferos, pero los ácidos linoleico y linolénico pueden servir como precursores de un elevado número de ácidos grasos insaturados que se pueden agrupar en familias (ω 3 y ω 6). Estos se encuentran ampliamente distribuidos en fosfolípidos y ésteres de colesterol, los que constituyen

una parte significativa de todas las membranas celulares y sistemas de transporte lipídicos (Esminger *et al.*, 1990).

En la alimentación animal, las grasas y los aceites funcionan de manera parecida a los carbohidratos, en el sentido de que sirven como fuente de calor y energía, y para la formación de tejido adiposo. Sin embargo, debido a su mayor proporción de carbono e hidrógeno, las grasas y los aceites, liberan más energía que los carbohidratos al ser digeridas, aportando al oxidarse, aproximadamente 2.25 veces más calor o energía por kg que los carbohidratos (Esminger *et al.*, 1990).

Otra atribución que tienen los ácidos grasos sobre la reproducción, es que algunos autores mencionan que la suplementación grasa incrementa el número de folículos y aumenta el tamaño del folículo preovulatorio. Este incremento en tamaño, puede tener efectos benéficos sobre la calidad del ovocito y sobre el funcionamiento del cuerpo lúteo, y resultar en altas tasas de preñez y un aumento en la concentración de progesterona durante la fase lútea (Boland y Lonergan, 2003).

2.7 Grasas saponificadas en la dieta del ganado bovino de carne

2.7.1 Efecto de la grasa saponificada en el rumen

La integración de grasa en la dieta del ganado bovino de carne no es sencilla, ya que las grasas o aceites con un alto grado de insaturación pueden producir una disminución de la digestibilidad de la fibra por inhibición de la actividad microbiana, especialmente de la flora

celulolítica, lo que afectaría el funcionamiento ruminal; además de que la disponibilidad de ácidos grasos insaturados después del proceso de la fermentación ruminal se ve disminuida por el proceso de biohidrogenación (González y Bas, 2002). Al ser anaerobio, en el rumen, existe un exceso de hidrógeno, por lo que cualquier reservorio de iones hidrógeno es explotado por la población microbiana. Este consiste en unir cuatro átomos de hidrógeno a un átomo de carbono para formar metano (CH₄). Al encontrarse grasas insaturadas, se rompen los dobles enlaces para colocarse dos átomos de hidrógeno, lo que reduciría la proporción de metano producido (Chamberlain y Wilkison, 2002; Robinson *et al.*, 2002).

Por esta razón se han desarrollado las grasas protegidas (saponificadas, ya sea con sodio o potasio), cuyos objetivos son: protección de la microflora del rumen de forma que pueden ser consumidos niveles superiores de grasa sin provocar alteraciones digestivas y la protección de la grasa frente a las acciones de los microorganismos del rumen (Chamberlain y Wilkison, 2002).

2.7.2 Efecto de la grasa saponificada en el reinicio de la actividad ovárica en bovinos.

Las grasas en la dieta pueden influir en la reproducción de manera positiva por la alteración del folículo ovárico y la función del cuerpo lúteo a través la situación energética y el aumento de los precursores para la síntesis de hormonas reproductivas, como los esteroides y las prostaglandinas (Mattos *et al.*, 2000).

Cuando son consumidos por los animales, los PUFAs, particularmente el ácido linoleico, que se encuentra principalmente en las semillas oleaginosas, es desaturado (inserción de una doble ligadura) y alargado (adición de átomos de carbono) para formar el ácido araquidónico (C:20:4 ω 6).

En contraste, el ácido α -linolénico, contenido predominante en los forrajes (ej. pastos y leguminosas) y semillas oleaginosas selectas (semilla de lino), es desaturado y alargado hasta formar dos ácidos grasos que únicamente se encuentran en el aceite de pescado: ácido eicosapentaenoico (EPA; C20:5 ω 3) y ácido docosahexaenoico (DHA; C22:6 ω 3) (Ambrose y Kastelic, 2003; Funston, 2004). Una deficiente suplementación grasa afecta la disponibilidad de colesterol, principal precursor de las hormonas esteroideas, y que tiene su sitio de acción en el ovario primordialmente (Staples *et al.*, 1998).

2.8 Ruta de la biosíntesis del colesterol

La mayoría de los eslabones de la biosíntesis de la biosíntesis enzimática del colesterol son ahora conocidos con detalle gracias a importantes investigaciones por varios autores desde los años cuarentas, que prepararon una operación de investigación más detallada acerca de los mecanismos enzimáticos por los cuales: 1) el ácido acético se convierte en ácido mevalónico, 2) el ácido mevalónico se transforma en escualeno, y 3) el escualeno se convierte en colesterol (Lehninger, 2003).

2.8.1 Conversión del ácido acético en ácido mevalónico

El ácido mevalónico se forma por condensación de tres moléculas de acetil-CoA. El producto intermedio clave de este proceso es el β -hidroxi- β -metilglutaril-CoA (HMG-CoA), que se forma como sigue:



El β -hidroxi- β -metil-glutaril-CoA puede experimentar dos reacciones. Puede ser escindido para producir acetoacetato más acetil-CoA, ó puede también experimentar una reducción irreversible, en dos eslabones, de uno de sus grupos carboxilo a un grupo alcoholico, con pérdida concomitante de CoA, por la acción de la *hidroxi-metil-glutaril-CoA-reductasa*, para rendir mevalonato:



Esta compleja reacción constituye un importante punto de control en la biosíntesis del colesterol. Existe una segunda ruta de formación del ácido mevalónico. En principio es idéntica a la expuesta anteriormente, pero según ella, el acetil-CoA reacciona con el acetoacetil-ACP formando el β -hidroxi- β -metil-glutaril-ACP, que entonces es reducido a ácido mevalónico. Esta ruta se verifica en el citosol (Lehninger, 2003).

2.8.2 Conversión del mevalonato en escualeno

Esta secuencia de reacciones comienza con la fosforilación del mevalonato por el ATP, primeramente al éster 5-monofosfato, y después al 5-pirofosfato. Una tercera fosforilación en el átomo de carbono 3 rinde un producto intermedio muy inestable, que pierde ácido fosfórico y se descarboxila para formar *3-isopentenil-pirofosfato*, el cual se isomeriza a *3,3-dimetil-alil-pirofosfato*. Después, estos dos isoprenil-pirofosfatos isómeros se condensan entre sí, con eliminación de ácido pirofosfórico, formando el derivado monoterpénico *pirofosfato de geranilo*. A continuación reacciona otra molécula de isopentenil pirofosfato rindiendo el derivado sesquiterpénico *farnesil-pirofosfato*. Dos moléculas de este compuesto experimentan condensación por la acción de un enzima microsómico, rindiendo *preescualen-pirofosfato*, que es reducido por el NADPH⁺ para producir escualeno y pirofosfato (Lehninger, 2003).

2.8.3 Conversión del escualeno en colesterol

En la última etapa de la biosíntesis del colesterol, el escualeno experimenta un ataque por el oxígeno molecular, formando el *escualeno-2,3-epóxido*, reacción catalizada por la *escualeno-monooxigenasa (formadora de 2,3-epóxido)*. Entonces, el escualeno-2,3-epóxido experimenta su ciclación a *lanosterol*, que es el primer esteroide que se produce). En esta extraordinaria reacción, se producen una serie concertada de desplazamientos 1,2 de grupos metilo e hidruro a lo largo de la cadena del escualeno, que produce el cierre de los cuatro anillos; los desplazamientos de los grupos metilo han quedado establecidos gracias a unos experimentos practicados con isótopos. Estas reacciones tienen lugar en los microsomas, pero requieren la participación de dos proteínas del citosol. Una de ellas es la *proteína 1 portadora de esterol*, necesaria para ligar escualeno en

presencia de los cofactores fosfatidil-serina y FAD, con anterioridad a la interacción con la escualeno-monooxigenasa microsómica.

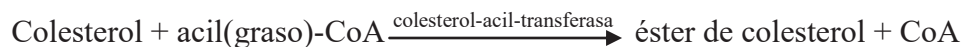
La conversión del lanosterol en colesterol implica la eliminación de tres grupos metilo (dos del átomo de carbono 4 y uno del carbono 14), la saturación del doble enlace de la cadena lateral, y el desplazamiento del doble enlace desde la posición 8-9 a la 5-6 del anillo B. Parece ser que existen dos rutas de conversión del lanosterol en colesterol, puesto que tanto el 7-deshidrocolesterol como el desmosterol, se convierten en colesterol con los altos rendimientos. La *proteína 2 portadora del esterol* se necesita para ligar el 7-deshidrocolesterol. Los esteroides de los hongos y de las plantas, tales como el ergosterol y el estigmasterol son sintetizados por mecanismos análogos a los indicados (Lehninger, 2003).

2.9 Regulación de la biosíntesis del colesterol

La biosíntesis del colesterol en el hígado resulta suprimida por el colesterol de la dieta alimenticia y por el ayuno, efecto que es producido por una disminución de la biosíntesis hepática de la *β -hidroxi- β -metil-glutaril-CoA-reductasa*. Sin embargo, el propio colesterol no parece ser un inhibidor. Se ha postulado que el verdadero inhibidor es una lipoproteína que contiene colesterol, un ácido biliar o bien una proteína específica que se ha encontrado en la bilis. El ayuno inhibe también la biosíntesis del colesterol, mientras que las dietas ricas en grasa aceleran el proceso (Lehninger, 2003).

2.10 Síntesis de ésteres de colesterol

La mayor parte del colesterol de los tejidos de los organismos superiores se halla en forma esterificada en su grupo 3-hidroxilo por ácidos grasos de cadena larga. El hígado contiene un enzima que forma ésteres de colesterol, según la siguiente reacción:



En el plasma sanguíneo se forman también ésteres del colesterol mediante la *fosfatidil-colesterol-acil-transferasa*, enzima que cataliza la transferencia de un grupo acilo de ácido graso desde la posición 2 de la fosfatidil-colina, al colesterol:



2.11 Formación de otros esteroides

El colesterol es el precursor de los esteroides fecales (colesterol, el coprostanol y el colestanol), de los ácidos biliares (ácido etanolamina-sulfónico) y de las hormonas esteroides animales. La producción de hormonas esteroides a partir del colesterol se verifica con una formación intermedia de pregnenolona, que contiene el núcleo del colesterol pero una cadena lateral de tan sólo dos carbonos. La pregnenolona es el precursor de la progesterona, que es la hormona progestativa de la placenta y del cuerpo lúteo (Lehninger, 2003).

2.12 Esteroidogénesis y síntesis de progesterona.

El sustrato para la esteroidogénesis es el colesterol, el cual bajo condiciones normales es sintetizado por el hígado y transportado en la forma de lipoproteínas hacia tejidos esteroidogénicos como la corteza adrenal, el folículo, el cuerpo lúteo y los testículos; bajo condiciones de hipolipoproteinemia, las células lúteas son capaces de sintetizar colesterol de acetato. Una vez formado el colesterol, éste es transportado a la mitocondria con un aparente involucramiento del citoesqueleto (Devoto *et al.*, 2000; Wuttke *et al.*, 2001; Devoto *et al.*, 2002, Kotwica *et al.*, 2002; Webb *et al.*, 2002).

El transporte de colesterol del citoplasma a la membrana interna de la mitocondria, es el evento limitante en la síntesis de P_4 así como el evento más estrechamente influenciado por el sistema de los segundos mensajeros. En efecto, tanto la proteína reguladora aguda de la esteroidogénesis (StAR) como los receptores periféricos del tipo benzodiazepines (PBR), están involucrados en el transporte del colesterol. Mientras que la StAR enlaza el colesterol en el citosol y lo transporta hacia la membrana mitocondrial, los PBR están involucrados en su paso de la membrana externa a la interna de la mitocondria (Niswender, 2002). Una vez dentro de la mitocondria, el colesterol es convertido a pregnenolona mediante la participación de la enzima Citocromo P-450-scc, para ser transportada al exterior de la mitocondria y convertida a progesterona por la enzima 3 β -hidroxisteroide deshidrogenasa/isomerasa (3 β -HSD), la cual está presente en el retículo endoplásmico liso (Wuttke *et al.*, 2001; Kotwica *et al.*, 2002; Niswender, 2002; Webb *et al.*, 2002).

2.13 Metabolitos de lípidos en ganado bovino de carne (colesterol y lipoproteínas de alta densidad) y hormona progesterona

El intestino delgado recibe ácidos grasos endógenos y exógenos, los cuales son esterificados para formar triglicéridos, fosfolípidos y ésteres de colesterol.

El ácido araquidónico está implicado en la regulación de la síntesis de esteroides, al incrementar la expresión de la proteína StAR, mediadora en la transferencia de colesterol (COL) desde el citosol hacia el interior de la membrana mitocondrial (Robinson *et al.*, 2002), por lo cual incrementa los niveles de P₄ en plasma sanguíneo (Niswender, 2002; Webb *et al.*, 2002).

III. JUSTIFICACIÓN

Por todo lo anterior, se realizó una investigación, bajo una serie de tres experimentos, en la que se evaluó la suplementación de dos tipos de ácidos grasos sobre la eficiencia reproductiva en ganado de carne, midiendo los cambios de peso vivo y ganancia de peso vivo de becerros; el reinicio de la actividad ovárica, y metabolitos de lípidos en vacas F1 (*Bos taurus x Bos indicus*) durante el posparto temprano.

IV. EXPERIMENTO 1

CAMBIO DE PESO VIVO POSPARTO EN VACAS F1 (*Bos taurus x Bos indicus*) SUPLEMENTADAS CON DOS TIPOS DE ACIDOS GRASOS Y GANANCIA DE PESO DE BECERROS.

Huante-Catalán R^{1*}, Gaona-Gaona H², Herrera-Camacho J¹, Marin-Aguilar MA², García Valladares A², Gómez-Ramos B², Escobedo-Amezcuca F³

¹*Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Km 9.5 Carretera Morelia-Zinapécuaro. Tarímbaro, Michoacán, México.* ²*Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Km 9.5 Carretera Morelia-Zinapécuaro. Tarímbaro Michoacán, México. CP 58880.* ³*Instituto Tecnológico del Valle de Morelia. Kilometro 6.5 carretera Morelia-Salamanca Francisco Jiménez núm. 89 (Nardo y Jacaranda). Morelia, Michoacán, México. CP. 58100. robertohuante84@hotmail.com*

RESUMEN

Se determinó el cambio de peso vivo (PV) posparto en vacas F1 suplementadas con dos tipos de ácidos grasos y ganancia de peso en becerros. Se emplearon veinte vacas *Bos taurus x Bos indicus*, de 400-450 kg y condición corporal de 2 – 2.5 puntos. Los animales fueron distribuidos aleatoriamente en dos grupos, ambos grupos suplementados con 300 gd⁻¹, uno de ácidos grasos poliinsaturados saponificados (PUFA=10) y el otro con ácidos grasos saturados (SFA=10), durante 10 semanas a partir de la primera semana posparto y con una dieta similar para ambos grupos (NRC, 1984). El PV de vacas y becerros fue registrado semanalmente a partir del parto y hasta el término

de la suplementación grasa. La ganancia de PV semanal promedio de las vacas fue de 3.67 ± 1.42 y 2.97 ± 1.43 Kg para el grupo PUFA y SFA, respectivamente, sin ninguna diferencia significativa ($P > 0.05$). En los becerros, la ganancia de PV semanal promedio fue de 3.99 ± 0.32 y 4.55 ± 0.30 kg (PUFA y SFA respectivamente), sin ninguna diferencia significativa ($P > 0.05$), presentando una ganancia promedio de 570 gd^{-1} , en el grupo PUFA y 650 gd^{-1} en el grupo SFA. En conclusión, la suplementación grasa durante el posparto no afecta los cambios en el PV en vacas F1 ni en los becerros.

Palabras clave: Aceite vegetal, lípidos, posparto temprano, peso vivo.

INTRODUCCION

La actividad ganadera de bovinos de carne en Michoacán, se enfrenta a diversas limitantes en su desempeño reproductivo y productivo. A lo largo de los años, se han establecido estrategias alimenticias para mejorar esta situación, principalmente el consumo de energía a través de grasa, ya sea antes, durante o después del parto para lograr la finalidad del hato ganadero (Butler y Elrod, 1995). Algunos estudios en ganado lechero (Marín *et al.*, 2007) como ganado de carne (Aranda *et al.*, 2002) han demostrado que la inclusión de grasa y especialmente la rica en ácidos grasos poliinsaturados, favorece el desarrollo folicular (Herrera *et al.*, 2001), disminuye la duración del anestro posparto y reduce el intervalo entre partos (Williams, 1996; Thomas *et al.*, 1997). En años posteriores, algunos autores reportaron un incremento en las concentraciones sanguíneas de colesterol y lipoproteínas de alta densidad en vaquillas de carne suplementadas con aceite de soya,

al mismo tiempo que observaron una ganancia de peso vivo y condición corporal (Vann *et al.*, 2002).

La ganancia de peso pre-destete de los becerros de carne es muy variable y fluctúa entre 200 y 700g/animal-día, con pesos promedio de 93 ± 17 kg a los cuatro meses y de 120-156 kg al destete (Pérez *et al.*, 2003). Estas bajas ganancias de peso son debidas en parte al mal manejo y escasa tecnología utilizada por el productor para la cría de becerros y cuidado de las vacas durante la lactancia (Pérez *et al.*, 2001). Por lo anterior, el objetivo general del presente experimento es que la suplementación de ácidos grasos poliinsaturados saponificados en las vaca F1 puede servir como una estrategia que permita mejorar el desempeño reproductivo y productivo durante el posparto temprano que la suplementación de ácidos grasos saturados. Los objetivos específicos del presente experimento fue determinar los cambios de peso vivo posparto en vacas F1 suplementadas con dos tipos de ácidos grasos y ganancia de peso de becerros.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del área de estudio: El estudio se llevo a cabo en el período comprendido de junio 2009 a enero de 2010, en el sector Bovinos de Carne de la FMVZ-UMSNH, localizada en la zona centro del estado de Michoacán de Ocampo. La región se localiza a $19^{\circ} 42' 10''$ de latitud Norte y $101^{\circ} 11' 32''$ de longitud Oeste, a una altura sobre el nivel del mar de 1921 metros. El clima se clasifica como templado con lluvias en verano. La temperatura promedio anual es de $26^{\circ} C$, la precipitación pluvial media es de 762.1 mm^3 (INEGI, 2004).

Animales y Alojamiento: Se utilizaron veinte vacas *Bos indicus x Bos taurus* (Brahman y Suiza) de 400-450 kg de PV y de condición corporal de 2 – 2.5 puntos (escala del 1 al 5, donde 1 (emaciada) y 5 (obesa) (Ayala *et al.*, 1990) próximas al parto, todos los animales se mantuvieron estabulados en corrales bajo techo.

Alimentación: Al momento del parto, las vacas fueron distribuidas de manera aleatoria en dos grupos para su alimentación, Grupo 1) suplementado con aceite vegetal saponificado con alrededor de 60.7% de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA; n=10) y Grupo 2) suplementación de aceite vegetal con 66.0% de ácidos grasos saturados (SFA; n=10). Los dos grupos de hembras fueron alimentados con la misma dieta (Tabla 2), y a cada una de ellas se les suministro 9.33 kg de materia seca (MS) equivalente a 12.46 Kg en base fresca (BF) (Pesti *et al.*, 1992) durante 10 semanas. En esta dieta se considero un peso vivo de 450 kg, con una producción de leche de 5 kg por día, sin ganancia diaria de peso (NRC, 1984), con amamantamiento del becerro a libre acceso sin periodos de ordeño. Los ácidos grasos poliinsaturados se sometieron a una saponificación mediante la técnica descrita por Béjar (2006) (Anexo 4), con el fin de proteger a los ácidos grasos poliinsaturados de la degradación ruminal.

Tabla 2. Ingredientes de la dieta (porcentaje en base seca) y aporte nutricional de la dieta utilizada.

Ingrediente	% BS	Nutriente	Aporte nutricional
Rastrojo de Maíz	63.38	Materia seca (%)	74.85
Melaza	15.0	Fibra cruda	22.0
Sorgo grano	9.93	Proteína cruda (%)	10.7
Soya	8.11	EM (Mcal/kg)	2.32
Aceite	3.21	Calcio (%)	0.53
Fosfato dicálcico	0.11	Fósforo (%)	0.21
Vitaminas	0.25		
Total	100.00		

Registro de peso vivo de vacas y becerros. Se realizó al momento del parto y semanalmente hasta obtener 11 registros consecutivos tanto de vacas como de becerros. El peso vivo se midió utilizando una báscula ganadera con escala de 1 a 2,000 kg, calibrada antes de cada pesaje. Los cambios de peso vivo durante el periodo de suplementación se consideraron como el porcentaje de cambio respecto a los valores presentados el día del parto.

Análisis estadístico: Los registros de peso vivo de vacas y becerros fueron sometidos a un análisis de varianza en un modelo mixto con medidas repetidas que incluyó como efecto fijo el tratamiento, como efecto aleatorio cada una de las vacas y los becerros y la medida repetida cada uno de los registros obtenidos semanalmente (Littell *et al.*, 1998). La comparación de las medias de peso fue analizada con la prueba de t-student. En todos los casos se utilizó el paquete estadístico SAS (SAS, 1996).

RESULTADOS Y DISCUSION

Cambios de peso vivo en vacas: El cambio de peso vivo en las vacas F1 durante el posparto (Figura 4) no fue significativamente diferente entre tratamientos ($P>0.05$), registrando una ganancia de PV promedio semanal en el grupo PUFA y SFA (3.67 ± 1.42 y 2.97 ± 1.43 , respectivamente). Por otra parte, se registró también una ganancia de PV promedio similar entre grupos en las semanas cinco y nueve. Los resultados obtenidos en el presente estudio coinciden con lo reportado por otros autores (Aguilar, 1997; Osorio y Aranda, 1997; Henao y González, 2008), lo que puede ser equivalente a una pérdida de un punto de condición corporal (Villa y Villagómez, 2000), situación que hace suponer que las vacas de este trabajo durante la primera semana de suplementación, en ambos tratamientos, estuvieron bajo un balance energético negativo moderado que les permitió estabilizar tempranamente la disminución de peso vivo.

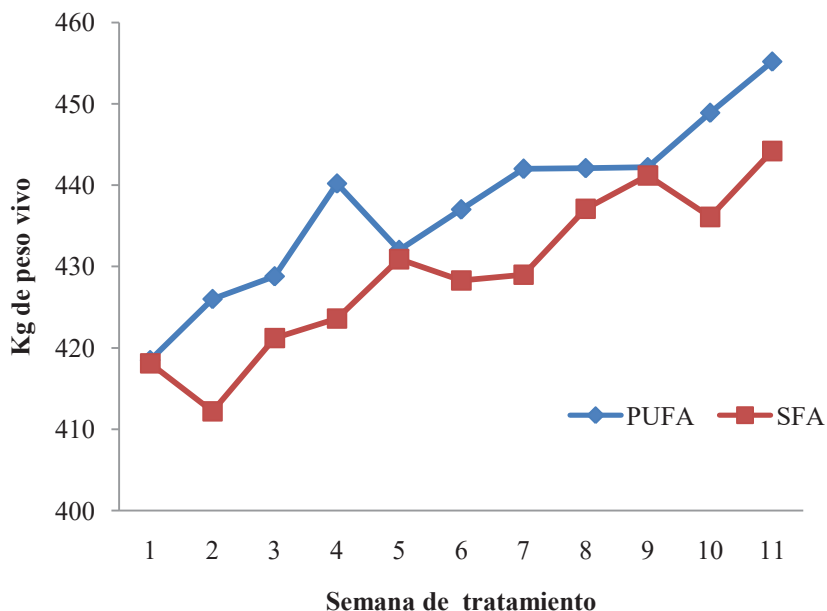


Figura 4. Cambios de peso vivo de vacas F1 suplementadas con dos tipos de ácidos grasos durante el posparto temprano ($P>0.05$).

Crecimiento de becerros: En los becerros, la ganancia semanal de PV promedio ($\text{media} \pm \text{ee}$), durante las 10 semanas del estudio (Figura 5) no tuvo diferencias significativas ($P>0.05$), siendo de 3.99 ± 0.32 y 4.55 ± 0.30 kg en el grupo PUFA y SFA, respectivamente; registrando una ganancia diaria de PV promedio de 570 y 650 gd^{-1} para PUFA y SFA, respectivamente, ganancia mayor a la reportada por otros autores (Hippen y Escobar, 1984) y de acuerdo con Aguilar (1997). Aunque este último trabajo se implementó el amamantamiento tradicional (AT), el cual consiste en dejar al becerro con su madre por espacio de siete a ocho h después del ordeño para que amamante a libre acceso (Villa y Villagómez, 2000; Pérez *et al.*, 2001); este tipo de amamantamiento aumenta la duración del intervalo parto primera ovulación (Lucy *et al.*, 1991; Jolly *et al.*, 1995; Mackey *et al.*, 1999), lo cual influye en el desempeño reproductivo del hato.

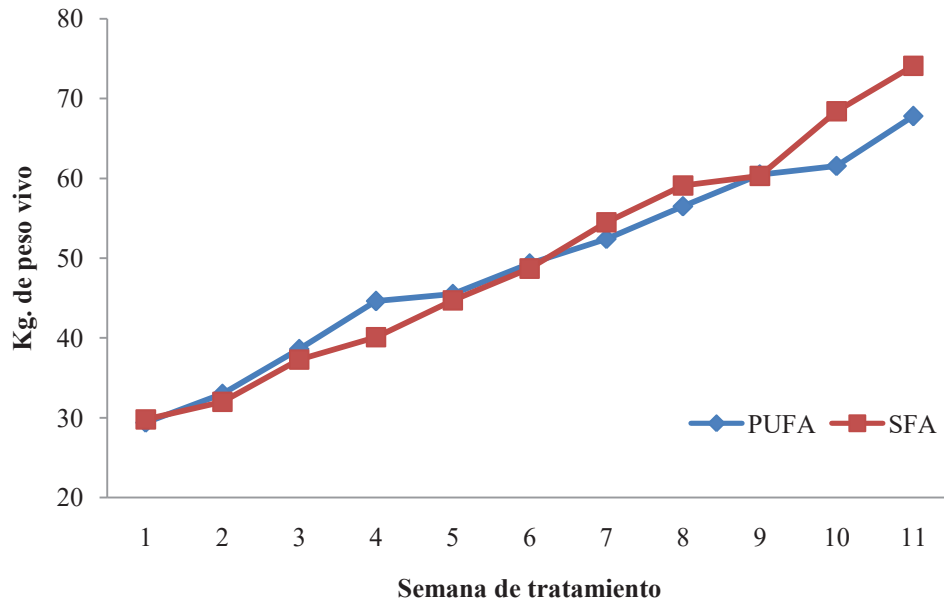


Figura 5. Ganancia de peso vivo de becerros de vacas F1 suplementadas con dos tipos de ácidos grasos en el posparto temprano ($P>0.05$).

CONCLUSIONES

1) No se observó diferencia significativa en los cambios de peso de las vacas durante el periodo de suplementación con dos fuentes de ácidos grasos. 2) La ganancia diaria de peso vivo de becerros mostró una tendencia a ser afectada por el tipo de suplementación grasa.

LITERATURA CITADA

Aguilar, P. C. F. 1997. Suplementación y productividad de vacas lactantes de doble propósito en praderas tropicales. *Agrociencia* 31: 391-396.

Aranda, A. I., Aké, L. J.R., Delgado, de L. R., Herrera, C. J. 2002. Resumption of ovarian activity postpartum, serum concentration of lipid metabolites and progesterone in cows supplemented with corn oil in the diet under tropical conditions. Proceedings of the Responding to the Increasing Global Demand for Animal Products. Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán, México. 202-203 pp.

Ayala, B. A. J., Delgado, L. R., Honhold, N., Magaña, M. J. 1990. El uso del puntaje en la medición de la condición corporal en rumiantes. En: Memoria de la 2^a Reunión de Producción Animal Tropical. Eds. CP/CEICADES-UADY/FMVZ. Mérida, Yucatán. México. 42-46 pp.

Béjar, U. A. 2006. Manual de prácticas de laboratorio de Química Orgánica I. Departamento de Química. FIQ-UMSNH. Morelia, Michoacán.

Butler, W. R., Elrod, C. C. 1995. Reproduction in high-yielding Dairy cows as related to energy balance and protein intake. Memorias del VI Congreso Internacional de Reproducción Bovina. México. 20-27 pp.

Castracane, V. D., Henson, M. C. 2002. When did leptin become a reproductive hormone? Seminars in Reproductive Medicine 20: 289-292.

Henao, R. G., González, C. V. 2008. Relación de la variación del peso vivo y de la condición corporal con la dinámica folicular posparto en vacas cebú primerizas. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín 61:4394-4399.

Herrera, C. J., Quintal, F. J. A., Kú, V. J. C., Aguayo, A. A. M., Williams, L. G. 2001. Dinámica folicular y concentración sérica de lípidos en ovejas Pelibuey suplementadas con ácidos grasos

poliinsaturados en la dieta. Memorias del II Congreso Latinoamericano de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos. Mérida, Yucatán, México.

INEGI. 2004. Secretaría de Desarrollo Social. Consejo Nacional de Población. Delimitación de las Zonas Metropolitanas de México. México, D. F.

Jolly, P.D., M.C- Dougall, S. M. C., Fitzpatrick, L. A., Macmillan, K. L., Entwistle, K. W. 1995. Physiological effects of undernutrition on postpartum anoestrus in cows. *Journal of Reproduction and Fertility* 49:477-492 (Suppl).

Littell, R. C., Henry, P. R., Ammerman, C. B. 1998. Statistical analysis of repeated measures data using SAS Procedures. *Journal of Animal Science* 76:1216-1231.

Lucy, M.C., Staples, C. R., Michel, F. M., Thatcher, W. W. 1991. Energy balance and size and number of ovarian follicles detected by ultrasonography in early postpartum dairy cows. *Journal of Dairy Science* 74:473-482.

Mackey, D.R., Sreenan, J. M., Roche, J. F., Diskin, M. G. 1999. Effect of acute nutritional restriction on incidence of anovulation and periovulatory estradiol and gonadotropin concentrations in beef heifers. *Biology of Reproduction* 61:1601-1607.

Marín, A. A. M., Tinoco, M. J. C., Herrera, C. J., Sánchez, G. L. G., Sánchez, P. V. M., Solorio, R. J. L., García, V. A. 2007. Reinicio de la actividad ovárica y nivel de metabolitos de lípidos en vacas lecheras suplementadas con aceite vegetal durante el posparto temprano. *Interciencia* 32:180-184.

National Research Council. 1984. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. 6a ed. National Academy Press. Washington, D. C.

Osorio, A. M., Aranda, I. E. 1997. Cambio de peso vivo y producción de leche de vacas de doble propósito en el trópico. *X Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria*. Villahermosa, Tabasco, México. 121-125 pp.

Pérez, H. P., López, O. S., Álvarez, A. C., Ortega, J. E., Rojo, R. R., Gallegos, S. J. 2003. Necesidades de Investigación y Transferencia de Tecnología en la Ganadería Bovina de Doble Propósito. En *Fisiología de la Reproducción en Rumiantes*. 1ª ed. Colegio de Posgraduados. México. 91-104 pp.

Pérez, H. P., Sánchez, del R. C., Gallegos, S. J. 2001. Anestro posparto y alternativas de manejo del amamantamiento en vacas de doble propósito en trópico. *Investigación Agraria: Producción y Sanidad Animal* 16:235-248.

Pesti, G. M., Miller, B. R., Hargrave, J. 1992. *User-Friendly Feed Formulation, Done Again (UFFDA)*. University of Georgia. USA.

SAS. Statistical Analysis System Institute. 1996. *SAS/STAT User's Guide: Version 6.0 Statistics*. SAS Institute, Inc., Cary, North Carolina.

Thomas, M. G., Bao, B., Williams, G. L. 1997. Dietary fats varying in their fatty acid composition differentially influence follicular growth in cows fed isoenergetic diets. *Journal of Animal Science* 75: 2512-2519.

Vann, R., Tucker, S., Ray, R., Baker, F. 2002. Reproductive efficiency can be influenced through cholesterol profiles in beef heifers fed a high fat cube. The University of Georgia, CAES. Department of Animal and Dairy Science. 2001/2002. Annual Report. 151-156.

Villa, G. A., Villagómez, A. E. 2000. Influencia de la dieta y el amamantamiento en el balance energético, la condición corporal, la producción láctea, el metabolismo y el desempeño reproductivo en vacas de doble propósito. En *Curso Internacional de reproducción Bovina*. UNAM. México. 167-215 pp.

Williams, G. L. 1996. Influence of dietary fat intake and metabolism on follicular growth in cattle. *Reproduction in Domestic Animals* 31: 539-542.

V. EXPERIMENTO 2

EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN DE DOS TIPOS DE ÁCIDOS GRASOS SOBRE EL REINICIO DE LA ACTIVIDAD OVÁRICA EN VACAS F1 (*Bos taurus x Bos indicus*) DURANTE EL POSPARTO TEMPRANO.

Huante-Catalán R^{1*}, Herrera-Camacho J¹, Marín-Aguilar MA², García Valladares A², Gómez-Ramos B², Escobedo-Amezcuca F³

¹*Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Km 9.5 Carretera Morelia-Zinapécuaro. Tarímbaro, Michoacán, México.* ²*Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Km 9.5 Carretera Morelia-Zinapécuaro. Tarímbaro Michoacán, México. CP 58880.* ³*Instituto Tecnológico del Valle de Morelia. Kilometro 6.5 carretera Morelia-Salamanca Francisco Jiménez núm. 89 (Nardo y Jacaranda). Morelia, Michoacán, México. CP. 58100. robertohuante84@hotmail.com*

RESUMEN

Se determinó el reinicio de actividad ovárica en vacas F1 suplementadas con dos tipos de ácidos grasos mediante los niveles séricos de hormona progesterona, donde el reinicio de la actividad ovárica fue considerado como el tiempo en el cual las vacas presentaron concentraciones séricas de progesterona ≥ 1 ng/ml y se mantuvieron o aumentaron durante dos semanas consecutivas (Grajales y Hernández, 2008). Se emplearon veinte vacas *Bos taurus x Bos indicus*, de 400-450 kg y condición corporal de 2 – 2.5 puntos. Los animales fueron distribuidos aleatoriamente en dos grupos, ambos grupos suplementados con 300 g d⁻¹, uno de ácidos grasos poliinsaturados

saponificados (PUFA=10) y el otro con ácidos grasos saturados (SFA=10), durante 10 semanas a partir de la primera semana posparto y con una dieta similar para ambos grupos (NRC, 1984). Las muestras sanguíneas fueron colectadas a partir del 3 día posparto, dos veces por semana, hasta obtener 20 muestras consecutivas, en tubos vacutainer con anticoagulante mediante punción de la vena coccígea. Las muestras fueron centrifugadas y almacenadas en congelación para su posterior determinación de la progesterona por medio de un radioinmunoensayo de fase sólida. El reinicio de la actividad ovárica fue considerado como el tiempo en el cual las vacas presentaron concentraciones plasmáticas de progesterona ≥ 1 ng/ml y se mantuvieron o aumentaron durante dos semanas consecutivas. Los resultados de las concentraciones séricas de progesterona no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos ($P > 0.05$) registrándose una media \pm ee de 0.065 ± 0.013 y 0.054 ± 0.013 ng/ml (grupo PUFA y SFA, respectivamente). En conclusión, la suplementación grasa no afectó el reinicio de actividad ovárica en vacas F1 en el posparto temprano.

Palabras clave: Reinicio de la actividad ovárica, posparto temprano, vacas de carne, eficiencia reproductiva.

INTRODUCCIÓN

La actividad ganadera en México, específicamente el estado de Michoacán, se ve limitada entre muchos factores, por un intervalo entre partos de 24 meses (Molina *et al.*, 2004), con lo cual se afecta directamente el beneficio de una explotación de bovinos productores de carne por no mantener al hato dentro de los índices reproductivos óptimos. En los últimos años se han

desarrollado estrategias alimenticias, la inclusión de grasa es uno de ellas (particularmente los ácidos grasos poliinsaturados), que pueden influir positivamente el crecimiento folicular, la función lútea y el comportamiento reproductivo del ganado de carne, independientemente del efecto calórico (Vann *et al.*, 2002).

Además del aporte energético de grasa en la dieta, otros autores los han relacionado también con un incremento en las concentraciones plasmáticas de metabolitos de lípidos como las lipoproteínas de alta y baja densidad, además del colesterol (Herrera *et al.*, 2001) que actúa como el principal sustrato para la síntesis de hormonas esteroideas, como la progesterona en el cuerpo lúteo (Bao *et al.*, 1997) e incrementando consecuentemente las concentraciones de la hormona en el plasma sanguíneo (Kuran *et al.*, 1999; Aranda *et al.*, 2002), modificando así, la actividad del eje hipotálamo-hipófisis-gónadas (Thomas *et al.*, 1997), facilitando la primera ovulación posparto que refleja la reanudación de la condición hormonal y reinicio de la actividad ovárica posparto, por lo que una suplementación a base de grasa puede resultar adecuada para obtener una respuesta favorable sobre el reinicio de la actividad reproductiva en el posparto temprano de la vaca de carne (Bottger *et al.*, 2002). El objetivo de este experimento fue determinar el efecto de la suplementación de dos tipos de ácidos grasos sobre el reinicio de la actividad ovárica en vacas F1 (*Bos taurus x Bos indicus*) durante el posparto temprano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del área de estudio: El estudio se llevo a cabo en el período comprendido de junio 2009 a enero de 2010, en el sector Bovinos de Carne de la FMVZ-UMSNH, localizada en la zona

centro del estado de Michoacán de Ocampo. La región se localiza a 19° 42' 10" de latitud Norte y 101° 11' 32" de longitud Oeste, a una altura sobre el nivel del mar de 1921 metros. El clima se clasifica como templado con lluvias en verano. La temperatura promedio anual es de 26° C, la precipitación pluvial media es de 762.1 mm³ (INEGI, 2004).

Animales y Alojamiento: Se utilizaron veinte vacas *Bos indicus x Bos taurus* (Brahman y Suiza) de 400-450 kg de PV y de condición corporal de 2 – 2.5 puntos (escala del 1 al 5, donde 1 (emaciada) y 5 (obesa) (Ayala *et al.*, 1990) próximas al parto, todos los animales se mantuvieron estabulados en corrales bajo techo.

Alimentación: Al momento del parto, las vacas fueron distribuidas de manera aleatoria en dos grupos para su alimentación durante 10 semanas, Grupo 1) suplementado con aceite vegetal saponificado con alrededor de 60.7% de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA; n=10) y Grupo 2) suplementación de aceite vegetal con 66.0% de ácidos grasos saturados (SFA; n=10). Los dos grupos de hembras fueron alimentados con la misma dieta (Tabla 2), y a cada una de ellas se les suministro 9.33 kg de materia seca (MS) equivalente a 12.46 Kg en base fresca (BF) (Pesti *et al.*, 1992). En esta dieta se considero un peso vivo de 450 kg, con una producción de leche de 5 kg por día, sin ganancia diaria de peso (NRC, 1984), con amamantamiento del becerro a libre acceso sin periodos de ordeño.

Los ácidos grasos poliinsaturados se sometieron a una saponificación mediante la técnica descrita por Béjar (2006) (Anexo 4), con el fin de proteger a los ácidos grasos poliinsaturados de la degradación ruminal.

Tabla 2. Ingredientes de la dieta (porcentaje en base seca) y aporte nutricional de la dieta utilizada.

Ingrediente	% BS	Nutriente	Aporte nutricional
Rastrojo de Maíz	63.38	Materia seca (%)	74.85
Melaza	15.0	Fibra cruda	22.0
Sorgo grano	9.93	Proteína cruda (%)	10.7
Soya	8.11	EM (Mcal/kg)	2.32
Aceite	3.21	Calcio (%)	0.53
Fosfato dicálcico	0.11	Fósforo (%)	0.21
Vitaminas	0.25		
Total	100.00		

Colección de muestras sanguíneas: Las muestras de sangre (5-7 ml) para la determinación de concentración sérica de progesterona, fueron colectadas dos veces por semana (07:00 h), en tubos vacutainer (Bekton & Dickinson) con anticoagulante (EDTA al 10%) mediante punción de la vena

coccígea, a partir de 3 días posparto hasta que se obtuvieron 20 colectas consecutivas en el periodo experimental. Las muestras fueron centrifugadas por 15 minutos a 3000 rpm a una temperatura de -4°C , para la obtención de plasma, las cuales fueron almacenadas en congelación (-20°C) para su posterior determinación de la concentración sérica de progesterona.

Determinación de progesterona: La concentración sérica de progesterona fue determinada por medio de radioinmunoensayo de fase sólida (Coat-A-Count Progesterona, Diagnostic Products Corporation, Los Angeles, CA, USA), diseñado para la medición directa y cuantitativa de progesterona en suero o plasma, estrictamente para uso de diagnóstico in vitro (Anexo 1), en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Reinicio de la actividad ovárica. El reinicio de la actividad ovárica fue considerado como el tiempo en el cual las vacas presentaron concentraciones plasmáticas de progesterona $\geq 1\text{ng/ml}$ y se mantuvieron o aumentaron durante dos semanas consecutivas (Grajales y Hernández, 2008).

Análisis estadístico: Los resultados del reinicio de actividad ovárica fueron analizados mediante la prueba de χ^2 . Los resultados obtenidos de la concentración plasmática de progesterona se analizaron mediante un análisis de varianza en un modelo mixto con medidas repetidas que incluía como efecto fijo el tratamiento, como efecto aleatorio cada una de las vacas, y la medida repetida cada una de las muestras colectadas semanalmente (Littell *et al.*, 1998). En todos los casos se utilizó el paquete estadístico SAS (SAS, 1996).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de concentración sérica de la progesterona (P_4) (Figura 6) no mostraron diferencias significativas ($P>0.05$), registrando niveles séricos promedios de 0.065 ± 0.013 y 0.054 ± 0.013 ng/ml (gupo PUFA y SFA respectivamente).

Estos valores de P_4 del presente estudio son similares a otra investigación reciente realizado por Yimer *et al.*, (2010), estos autores reportan que las vacas con cruce de Brahaman y Angus, tuvieron valores similares de P_4 en plasma sanguíneo durante los días 1 al 66 y de acuerdo a la clasificación de Petersson *et al.*, (2006) y Shrestha *et al.*, (2004), mencionan que el 62.5% de las vacas se encontraban dentro del grupo ciclo ovárico anormal, dentro del subgrupo cese de ciclo ovárico, posiblemente estos bajos niveles de P_4 se debieron por el efecto de succión o la interacción madre-cría que se conoce como un motivo de retraso en periodo de anestro en vacas de carne en comparación con vacas lecheras (Yavas y Walton, 2000).

El reinicio de la actividad ovárica se considero como el tiempo en el cual las vacas presentaron concentraciones plasmáticas de $P_4 \geq 1$ ng/ml y se mantuvieron o aumentaron durante dos semanas consecutivas (Grajales y Hernández, 2008), por lo que se asume y de acuerdo a los resultados de la presente investigación, ninguna de las vacas de ambos tratamientos reinicio su actividad ovárica.

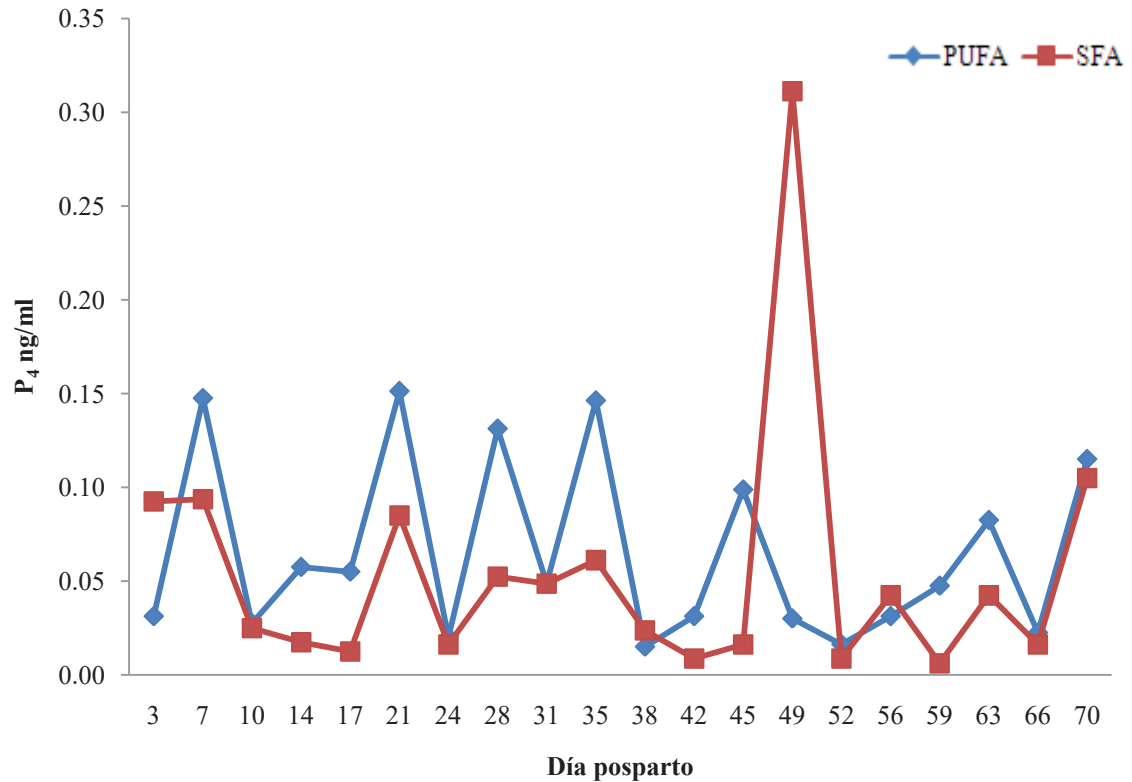


Figura 6. Concentración sérica de la progesterona en vacas suplementadas con dos tipos de ácidos grasos en el posparto temprano ($P>0.05$).

Algunos autores como Sepulveda *et al* (2001) y Marín *et al.*, (2007), encontraron que las vacas lecheras adultas reiniciaron su actividad ovárica a los 23 ± 5 días posparto. Al igual que otros autores, Fahey *et al* (2002), encontraron un reinicio de actividad ovárica a los 61.2 ± 5.2 y 57.1 ± 5.3 días (con y sin suplementación grasa respectivamente). Otros autores como Villagómez *et al* (2003), trabajando con vacas Indobrasil suplementadas con grasas protegidas (jabones de calcio de ácidos grasos), encontraron que tuvieron menores intervalos del parto a la primera ovulación y al primer estro posparto, en comparación con las que recibieron la dieta testigo.

El mecanismo por el cual la suplementación grasa reduce el intervalo anestro posparto, no es del todo claro; sin embargo, la información existente, indica que puede ser mediante dos mecanismos, uno promoviendo la actividad ovárica a través del desarrollo de folículos capaces de lograr la ovulación o bien por un ajuste en los requerimientos energéticos suficientes para provocar la liberación de LH y en consecuencia la ovulación (Mattos *et al.*, 2000).

La magnitud en la deficiencia energética afecta los procesos de crecimiento y desarrollo folicular principalmente en la primera ovulación posparto; lo que ocurre por combinación de eventos relacionados con el balance energético negativo y que se caracteriza por cambios en la concentración de hormonas y metabolitos circulantes, así como interacción entre los centros del cerebro con el hipotálamo y la pituitaria, dando como resultado que la vaca con un balance energético muy severo es muy probable que permanezca en anestro (Lucy *et al.*, 1990).

El crecimiento y desarrollo folicular se da en respuesta a un proceso cíclico que comienza en el hipotálamo a recibir señales hormonales y nerviosas, lo que lo lleva a secretar GnRH, la cual estimula a la pituitaria anterior para que se lleve a cabo la síntesis y secreción de FSH que a nivel de ovarios estimulan el crecimiento folicular y, en consecuencia, la secreción de estrógenos, los cuales se incrementan a medida que los folículos crecen (Lucy *et al.*, 1990).

Los estrógenos, en el folículo preovulatorio, promueven el incremento de receptores a LH y actúan además sobre el hipotálamo para que libere GnRH, la cual actúa sobre la pituitaria

estimulando la síntesis y secreción de LH; esta hormona actúa sobre el ovario, induciendo a la ovulación del folículo y posterior formación del cuerpo lúteo, donde se sintetizan y secreta progesterona, que actúa sobre el hipotálamo para que secrete más GnRH, y este a su vez estimule la síntesis y secreción de más LH (Lucy *et al.*, 1990). El cuerpo lúteo, es lisis por la secreción endometrial de $\text{PGF}_{2\alpha}$ se reduce la secreción de progesterona y nuevamente se incrementa la síntesis y secreción de FSH, para reiniciar el ciclo (Correa, 2002).

Por otra parte, algunos estudios han demostrado que la suplementación con grasa puede incrementar, la liberación de $\text{PGF}_{2\alpha}$, lo cual se ha postulado que funciona como un importante modulador en el reinicio de los ciclos estrales durante el posparto en ganado bovino (Lucy *et al.*, 1989), efecto que también ha sido observado en cerdas, estimulando o inhibiendo la secreción de dicha hormona (Chartrand *et al.*, 2003).

CONCLUSIÓN

Se concluye en el presente experimento que la suplementación con dos tipos de grasa no afectó el reinicio de actividad ovárica durante el posparto temprano, por no presentar valores séricos de hormona progesterona iguales o superiores de 1 ng/ml en dos semanas consecutivas. Por lo anterior se sugiere incrementar el nivel de suplementación grasa en posteriores investigaciones.

LITERATURA CITADA

Aranda, A. I., Aké, L. J.R., Delgado, de L. R., Herrera, C. J. 2002. Resumption of ovarian activity postpartum, serum concentration of lipid metabolites and progesterone in cows supplemented with corn oil in the diet under tropical conditions. Proceedings of the Responding to the Increasing Global Demand for Animal Products. Universidad Autónoma de Yucatán, México. 202-203 pp.

Ayala, B. A. J., Delgado, L.R., Honhold, N., Magaña, M. J. 1990. El uso del puntaje en la medición de la condición corporal en rumiantes. En: Memoria de la 2ª Reunión de Producción Animal Tropical. Eds. CP/CEICADES-UADY/FMVZ. Mérida, Yucatán. México. 42-46 pp.

Bao, B., Thomas, M. G., Williams, G. L. 1997. Regulatory roles of high density and low density lipoproteins in cellular proliferation and secretion of progesterone and insulin-like growth factor I by enriched cultures of bovine small and large luteal cells. Journal of Animal Science. 75: 3235-3245.

Béjar, U. A. 2006. Manual de prácticas de laboratorio de Química Orgánica I. Departamento de Química. FIQ-UMSNH. Morelia, Michoacán.

Bottger, J. Hess, B., Alexander, B., Hixon, D., Woodard, L., Funston, R. Hallford, D., Moss, G. 2002. Effects of supplementation with high linoleic or oleic cracked safflower seeds on postpartum reproduction and calf performance of primiparous beef heifers. Journal of Animal Science. 80:2023-2030.

Chartrand R., Matte J.J., Lessard M., Chouinard P.Y., Giguere A., Laforest J.P. 2003. Effect of dietary fat source on systemic and intrauterine synthesis of prostaglandins during early pregnancy in gilts. Journal of Animal Science 81:726-734.

Correa C.H.J. 2002. La vaca en transición: metabolismo y manejo nutricional. Universidad Nacional de Colombia. Departamento de Producción Animal. Seminario nacional de lechería especializada: Bases nutricionales y su impacto en la productividad.1-55 pp.

Dhuyvetter, D. V., Caton, J. S. 1996. Manipulation of reproduction and lactation with supplementation in beef cattle. In Proc.3rd Grazing Livest. Nutr. Conf., M. B. Judkins and F. T. McCollum, III, ed. Proceeding, Western Section, American Society of Animal Science. 47:83-93 Suppl.1.

Fahey, J., Mee, J. F., O'Callaghan, D. O., Murphy J. J. 2002. Effect of calcium salt of fatty acids and calcium salt of methionine hydroxy analogue on reproductive responses and milk production in Holstein-Friesian cows. *Animal Science* 74:145-154.

Grajales, H., Hernández, A. 2008. Niveles séricos de progesterona durante los días 0, 5, 10, 15 y 20 del ciclo estral en novillas Simmental x Cebú, Holstein x Cebú, Romosinuano y Cebú, bajo las condiciones del trópico cálido -húmedo Colombiano. *Livestock Research for Rural Development*. 20 (3).

Herrera, C. J., Quintal, F. J. A., Kú, V. J. C., Aguayo, A. A. M., Williams, L. G. 2001. Dinámica folicular y concentración sérica de lípidos en ovejas Pelibuey suplementadas con ácidos grasos poliinsaturados en la dieta. *Memorias del II Congreso Latinoamericano de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos*. Mérida, Yucatán, México.

Hess, B. W., Lake, S. L., Scholljegerdes, E. J., Weston, T. R., Nayigihugu, V., Molle, J. D. C., Moss, G. E. 2005. Nutritional controls of beef cow reproduction. *Journal of Animal Science*. 83:E90-106.

INEGI. 2004. Secretaría de Desarrollo Social. Consejo Nacional de Población. Delimitación de las Zonas Metropolitanas de México. México, D. F.

Keisler, D. H., Lucy, M. C. 1996. Perception and interpretation of the effects of undernutrition on reproduction. *Journal of Animal Science*. 74:1–17 (Suppl. 3).

Kuran, M., Onal, A. G., Robinson, J. J., Mackie, K., Speake, B. K., McEvoy, T. G. 1999. A dietary supplement of calcium soaps of fatty acids enhance luteal function in sheep. *Journal of Animal Science*. 69: 385- 393.

Littell, R. C., Henry, P. R., Ammerman, C. B. 1998. Statistical analysis of repeated measures data using SAS Procedures. *Journal of Animal Science* 76:1216-1231.

Lucy, M. C. 1990. Effects of calcium salts of longchain fatty acids, growth factors, and energy balance on ovarian follicular dynamics in postpartum dairy cows. PhD. Thesis. University of Florida. Florida, USA.

Lucy M.C., Thatcher W., Michel F.J., Staples C.R. 1989. Effect of dietary calcium soaps of long chain fatty acids (Megalac) on plasma prostaglandin F metabolite (PGFM), LH, energy balance and follicular populations in early postpartum dairy cattle. *Journal of Animal Science* 67:385-389.

Molina, M. V. M., Gutiérrez, V. E., Herrera, C. J. 2004. Caracterización de la ganadería bovina en la región de Tierra Caliente Michoacán. XXVIII Congreso Nacional de Buiatría. Morelia, Michoacán.

National Research Council. 1984. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 6a ed. National Academy Press. Washington, D. C.

Pesti, G. M., Miller, B. R., Hargrave, J. 1992. User-Friendly Feed Formulation, Done Again (UFFDA). University of Georgia. USA.

Petersson, K.J., Gustafsson, H., Strandberg, E. and Berglund, B., 2006. Atypical Progesterone Profiles and Fertility in Swedish Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. 89, 2529–2538.

Randel, R. D. 1990. Nutrition and postpartum rebreeding in cattle. *Journal of Animal Science*. 68:853–862.

SAS. Statistical Analysis System Institute. 1996. SAS/STAT User's Guide: Version 6.0 Statistics SAS Institute, Inc., Cary, North Carolina.

Sepúlveda N.G., Risopatrón J., Oberg J., Neumann A. 2001. Suplementación pre y post parto en ovejas: Efectos sobre la pubertad y actividad reproductiva de sus hijas. Facultad de ciencias agropecuarias y forestales, centro de biotecnología de la reproducción. Temuco, Chile.

Short, R. E., Adams, D. C.. 1988. Nutritional and hormonal interrelationships in beef cattle reproduction. *Canadian Journal of Animal Science*. 68:29–39.

Shrestha, H.K., Nakao, T., Suzuki, T., Higaki, T. and Akita, M., 2004. Effects of abnormal ovarian cycles during pre-service period postpartum on subsequent reproductive performance of high-producing Holstein cows. *Theriogenology*. 61, 1559–1571.

Thomas, M. G., Bao, B., Williams, G. L. 1997. Dietary fats varying in their fatty acid composition differentially influence follicular growth in cows fed isoenergetic diets. *Journal of Animal Science* 75: 2512-2519.

Vann, R. S., Tucker, R. R., Baker F. 2002. Reproductive efficiency can be influenced through cholesterol profiles in beef heifers fed a high fat cube. The University of Georgia, CAES. Department of Animal and Dairy Science. 2001/2002 Annual Report. 151-156.

Villagómez, A. M. E., Zárate, M. J., Arellano, M. H., Delio, H. V., Fajardo, G. J. 2003. Efecto de la estación y la inclusión de grasas saponificadas sobre el anestro posparto y la función tiroidea de vacas cebú. *Técnica Pecuaria en México*. 41:239-250.

Wettemann, R. P., Lents, C. A., Ciccioli, N. H., White, F. J., Rubio, I. 2003. Nutritional- and suckling-mediated anovulation in beef cows. *Journal of Animal Science*. 81 (E. Suppl. 2):E48-E59.

Yavas, Y., Walton, J.S., 2000. Postpartum acyclicity in suckled beef cows: A review. *Theriogenology*. 54, 25–55.

Yimer, N., Rosnina, Y., Wahid, H., Saharee, A. A., Yap, K. C., Ganesamurthi, P. 2010. Ovarian activity in beef and dairy cows with prolonged postpartum period and heifers that fail to conceive. *Tropical Animal Health and Production*. 42:607–615

VI. EXPERIMENTO 3

METABOLITOS DE LIPIDOS EN VACAS F1 (*Bos taurus* x *Bos indicus*) SUPLEMENTADAS CON DOS TIPOS DE ÁCIDOS GRASOS EN EL POSPARTO TEMPRANO.

Huante-Catalán R^{1*}, Herrera-Camacho J¹, Marín-Aguilar MA², García Valladares A², Gómez-Ramos B², Escobedo-Amezcuca F³

¹*Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Km 9.5 Carretera Morelia-Zinapécuaro. Tarímbaro, Michoacán, México.* ²*Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Km 9.5 Carretera Morelia-Zinapécuaro. Tarímbaro Michoacán, México. CP 58880.* ³*Instituto Tecnológico del Valle de Morelia. Kilometro 6.5 carretera Morelia-Salamanca Francisco Jiménez núm. 89 (Nardo y Jacaranda). Morelia, Michoacán, México. CP. 58100. robertohuante84@hotmail.com*

RESUMEN

Se determinó la concentración sérica de colesterol (COL) y lipoproteína de alta densidad (HDL) en vacas F1 suplementadas con dos tipos de ácidos grasos. Se emplearon veinte vacas *Bos taurus* x *Bos indicus*, de 400-450 kg y condición corporal de 2 – 2.5 puntos. Los animales fueron distribuidos aleatoriamente en dos grupos, suplementados con 300 g d⁻¹, uno de ácidos grasos poliinsaturados saponificados (PUFA=10) y el otro con ácidos grasos saturados (SFA=10), durante 10 semanas a partir de la primera semana posparto y con una dieta similar. Las muestras de sangre fueron

colectadas una vez por semana, en tubos vacutainer con anticoagulante mediante punción de la vena coccígea, a partir de 7 días posparto hasta que se obtuvieron 10 colectas consecutivas. Las muestras fueron centrifugadas y almacenadas en congelación para su posterior determinación. La determinación de COL y HDL, se realizó mediante el uso de un kit colorimétrico comercial de reacción enzimática, los cambios de color se midieron en un espectrofotómetro ultravioleta. Los resultados de COL y HDL no tuvieron diferencias significativas entre los tratamientos ($P > 0.05$) Colesterol (142.58 ± 15.50 y 163.23 ± 15.92 , grupo PUFA y SFA; respectivamente) y HDL (78.03 ± 7.75 y 84.68 ± 8.03 , grupo PUFA y SFA; respectivamente). En conclusión, la suplementación grasa durante el posparto no afecta las concentraciones séricas de COL y HDL en vacas F1 en el posparto temprano.

Palabras clave: Ácidos grasos, colesterol, HDL, reinicio de actividad ovárica.

INTRODUCCIÓN

Los perfiles metabólicos de lípidos, se han utilizado para evaluar el grado de movilización grasa y la magnitud del desequilibrio energético (Ceballos *et al.*, 2002; Salas *et al.*, 2003), y podrán ser útiles para establecer las estrategias de alimentación que lleven a la vaca a una condición metabólica ideal para su pronto reinicio de la actividad ovárica en el posparto temprano.

La cantidad de lípidos consumidos en la dieta están relacionados con los cambios en las concentraciones sanguíneas de COL y pueden mejorar la biosíntesis lútea de P_4 , modular la

dinámica folicular y acelerar la actividad lútea en el posparto (Vann *et al.*, 2002); ya que el principal sustrato de la esteroidogénesis es el colesterol (COL), el cual, en condiciones normales es sintetizado por el hígado y transportado en forma de lipoproteínas hacia los tejidos esteroidogénicos como la corteza adrenal, el cuerpo lúteo, el folículo y los testículos (Bauchart y Leveux, 1985; Hawkins *et al.*, 1995).

Francisco *et al.* (2003), mencionan que para restablecer la función ovárica en el posparto temprano de la vaca se requieren de las condiciones óptimas de varios factores metabólicos y endocrinos que se interrelacionan entre sí. Algunos indicadores relevantes que podrían describir la situación metabólica de la vaca asociados a una respuesta reproductiva son: las concentraciones de COL, HDL, entre otras (Ceballos *et al.*, 2002; Ramírez *et al.*, 2006). Dichos metabolitos de lípidos, junto con la progesterona pueden ser alterados en su concentración sanguínea por la suplementación grasa (Lammoglia *et al.*, 2000; Hess, 2003); donde la calidad y cantidad de ácidos grasos determinará el grado de afectación en dichas concentraciones (Miller *et al.*, 2000).

De ahí que, el objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de la suplementación de dos tipos de ácidos grasos sobre metabolitos de lípidos en vacas F1 (*Bos taurus x Bos indicus*) durante el posparto temprano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del área de estudio: El presente estudio se llevó a cabo en el período comprendido de junio 2009 a enero de 2010, en el sector Bovinos de Carne de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, localizada en la zona centro del estado de Michoacán de Ocampo. La región se localiza a 19° 42' 10" de latitud Norte y 101° 11' 32" de longitud Oeste, a una altura sobre el nivel del mar de 1921 metros. El clima se clasifica como templado con lluvias en verano. La temperatura promedio anual es de 26° C, la precipitación pluvial media es de 762.1 mm³ (INEGI, 2004).

Animales y alojamiento: Se utilizaron 20 vacas *Bos indicus x Bos taurus*, de la raza Brahman y raza Suiza de 400-450 kg de peso vivo de condición corporal de 2 – 2.5 puntos (escala del 1 al 5, donde 1 (emaciada) y 5 (obesa) (Ayala *et al.*, 1990) próximas al parto. Todos los animales se mantuvieron estabulados en corrales bajo techo.

Alimentación: Al momento del parto, las vacas fueron distribuidas de manera aleatoria en dos grupos para su alimentación durante 10 semanas, Grupo 1) suplementado con aceite vegetal saponificado con alrededor de 60.7% de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA; n=10) y Grupo 2) suplementación de aceite vegetal con 66.0% de ácidos grasos saturados (SFA; n=10). Los dos grupos de hembras fueron alimentados con la misma dieta (Tabla 2), y a cada una de ellas se les suministro 9.33 kg de materia seca (MS) equivalente a 12.46 Kg en base fresca (BF) (Pesti *et al.*, 1992). En esta dieta se considero un peso vivo de 450 kg, con una producción de leche de 5 kg por día, sin ganancia diaria de peso (NRC, 1984), con amamantamiento del becerro a libre acceso sin

periodos de ordeño. Los ácidos grasos poliinsaturados se sometieron a una saponificación mediante la técnica descrita por Béjar (2006) (Anexo 4), con el fin de proteger a los ácidos grasos poliinsaturados de la degradación ruminal.

Tabla 2. Ingredientes de la dieta (porcentaje en base seca) y aporte nutricional de la dieta utilizada.

Ingrediente	% BS	Nutriente	Aporte nutricional
Rastrojo de Maíz	63.38	Materia seca (%)	74.85
Melaza	15.0	Fibra cruda	22.0
Sorgo grano	9.93	Proteína cruda (%)	10.7
Soya	8.11	EM (Mcal/kg)	2.32
Aceite	3.21	Calcio (%)	0.53
Fosfato dicálcico	0.11	Fósforo (%)	0.21
Vitaminas	0.25		
Total	100.00		

Colección de muestras sanguíneas: Las muestras de sangre (5-7 ml) para la determinación de concentración sérica de metabolitos de lípidos, colesterol (COL) y lipoproteínas de alta densidad (HDL), fueron colectadas una vez por semana (07:00 h), en tubos vacutainer (Bekton & Dickinson)

con anticoagulante (EDTA al 10%) mediante punción de la vena coccígea, a partir de 7 días posparto hasta que se obtuvieron 10 colectas consecutivas en el periodo experimental. Las muestras fueron centrifugadas por 15 minutos a 3000 rpm a una temperatura de $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$, para la obtención de plasma, las cuales fueron almacenadas en congelación ($-20\text{ }^{\circ}\text{C}$) para su posterior determinación de la concentración sérica de lípidos antes mencionados.

Determinación de metabolitos de lípidos: Las concentraciones séricas de COL y HDL fueron determinadas en el Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales de la UMSNH, mediante la utilización de un kit colorimétrico comercial de reacción enzimática para COL y HDL (Anexos 2 y 3, respectivamente). Los cambios de color se midieron en un espectrofotómetro ultravioleta (Kontrolab Easy Kem Vet, Version 1.0 e Lite).

Análisis estadístico: Los resultados obtenidos de los metabolitos de lípidos se analizaron mediante un análisis de varianza en un modelo mixto con medidas repetidas que incluía como efecto fijo el tratamiento, como efecto aleatorio cada una de las vacas, y la medida repetida cada una de las muestras colectadas semanalmente (Littell *et al.*, 1998). En todos los casos se utilizó el paquete estadístico SAS (SAS, 1996).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de COL (Figura 7) y HDL (Figura 8) no tuvieron diferencias significativas entre los tratamientos ($P > 0.05$) registrándose para cada tratamiento y metabolitos respectivos, los

siguientes: Colesterol (142.58 ± 15.50 y 163.23 ± 15.92 , grupo PUFA y SFA respectivamente) y HDL (78.03 ± 7.75 y 84.68 ± 8.03 , grupo PUFA y SFA respectivamente).

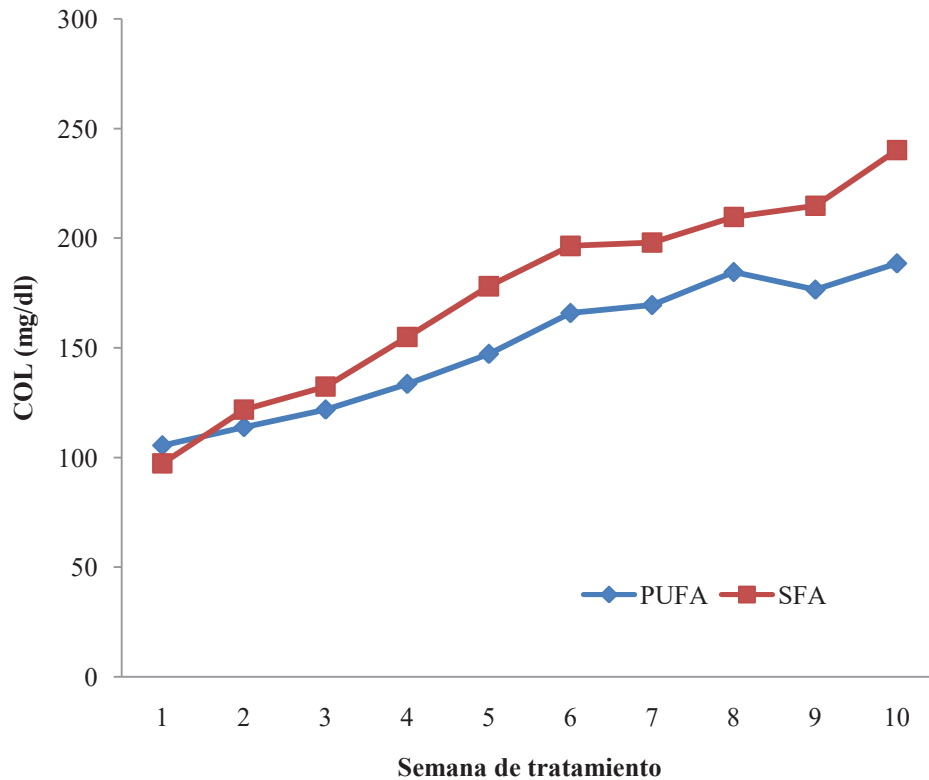


Figura 7. Concentraciones séricas de COL en vacas suplementadas con dos tipos de ácidos grasos en el posparto temprano ($P > 0.05$).

Estos datos fueron similares con lo estudiado por Camacho *et al.*, (2005), que mencionan resultados de colesterol con valores de 168.46 ± 32.15 para el grupo testigo y bajos en los dos grupos tratamiento de 205 ± 76.53 y 205 ± 76.92 , con una suplementación del 15 y 22.5% de copra.

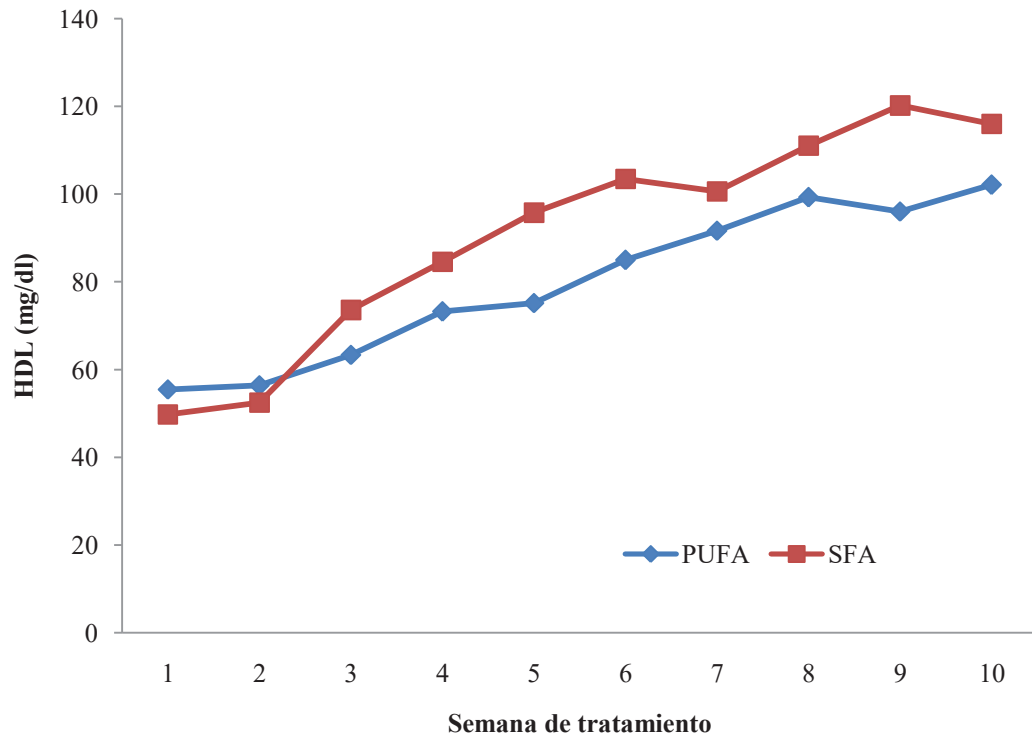


Figura 8. Concentraciones séricas de HDL en vacas F1 suplementadas con dos tipos de ácidos grasos en el posparto temprano ($P>0.05$).

Otros autores mencionan que los niveles de colesterol aumentó linealmente ($P=0.03$) a medida que se incrementó el sebo en la dieta con ensilado de maíz (189.3, 191.2 y 225.2 mg/dl para las dietas con 0%, 2% y 4% de sebo respectivamente) y con ensilado de alfalfa (226.3, 238.7 y 254.5 mg/dl para el 0%, 2% y 4% de sebo respectivamente). Así como Vargas *et al.*, (2009) con valores de $102.81\pm34.02 - 173.06\pm53.26$ para COL y $39.66\pm65.58 - 111.66\pm81.24$ para HDL, en diferentes municipios de Michoacán y en dos épocas del año.

En otro estudio, Aranda *et al.*, (2002), encontraron una respuesta menor a la observada en el presente trabajo, al suplementar vacas multíparas suplementadas con 4% de grasa del total de la

materia seca de la dieta, los autores mencionados encontraron una mayor concentración de colesterol en vacas suplementadas con grasa (125.12 mg/dl) respecto a las que no recibieron grasa en la dieta (83.84 mg/dl), así mismo no encontraron diferencias en la concentración media de HDL ni LDL.

Kuran *et al.*, (1999), mencionan que en ovejas suplementadas con jabones de calcio de ácidos grasos, existe una mayor cantidad de lipoproteínas de alta densidad, de baja densidad y colesterol, en el líquido folicular, que pueden actuar como reservas celulares de colesterol para la síntesis de hormonas esteroideas. En otros estudios indican que el consumo de grasas en rumiantes promueve un aumento en los niveles plasmáticos de lipoproteínas de baja densidad (De Luca, 2003). La suplementación de aceite vegetal incrementa de manera importante el transporte de lipoproteínas a partir del intestino delgado, sitio donde se sintetiza la mayor parte del colesterol a partir del acetato en rumiantes.

Las lipoproteínas son agentes esenciales para el transporte de colesterol necesario para la esteroidogénesis. Carroll *et al.* (1992), demostraron que niveles elevados de LDL y HDL aumentaban la secreción de progesterona por parte del cuerpo lúteo en el vacuno lechero. Además de participar en los aportes de colesterol, las lipoproteínas participan en la estimulación directa de la secreción de IGF-I por parte de las células luteales (Bao *et al.*, 1997).

CONCLUSIÓN

Se concluye que bajo este tipo de suplementación grasa saponificada y con la dieta de este experimento no tuvo ningún efecto significativo, sin afectar el perfil metabólico lipídico de las vacas F1 (*Bos taurus x Bos indicus*) en el posparto temprano.

LITERATURA CITADA

Ayala, B. A. J., Delgado, L. R., Honhold, N., Magaña, M. J. 1990. El uso del puntaje en la medición de la condición corporal en rumiantes. En: Memoria de la 2ª Reunión de Producción Animal Tropical. Eds. CP/CEICADES-UADY/FMVZ. Merida, Yuc. Mex. Pp. 42-46.

Bao, B., Thomas, M. G., Williams, G. L. 1997. Regulatory roles of high density and low density lipoproteins in cellular proliferation and secretion of progesterone and insulin-like growth factor I by enriched cultures of bovine small and large luteal cells. *Journal of Animal Science* 75:3235-3245.

Bauchart, D., Levieux, D. 1985. Lipoproteins plasmatiques du veau preruminant. *Reproduction and Nutrition Development*. 25:243.

Béjar, U. A. 2006. Manual de prácticas de laboratorio de Química Orgánica I. Departamento de Química. FIQ-UMSNH. Morelia, Michoacán.

Camacho, D. L. M., Cervantes, N. A., Pescador, S. N., Cipriano, S. M. 2005. Efectos de la suplementación con COPRA sobre la producción de leche, su composición y la concentración de metabolitos en plasma de ganado bovino doble propósito en pastoreo. *Revista Electrónica de Veterinaria*. ISSN 1695-7504, Vol. VI, nº 08.

Carroll, D. J., Grummer, R. R., Mao, F. C. 1992. Progesterone production by culture luteal cells in the presence of bovine low and high-density lipoproteins purified by heparin affinity chromatography. *Journal of Animal Science* 70:2516-2526.

Ceballos, A., Gómez, P., Vélez, M., Villa, N., López, L. 2002. Variación de los indicadores bioquímicos del balance de energía según el estado productivo en bovinos lecheros de Manizales, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 15 (1):13-25.

De Luca, J. L. 2003. Fisiopatología del hígado de las vacas de alta producción. Nota técnica de Laboratorios Burnet.

Francisco, C., Spicer, L., Payton, M. 2003. Predicting cholesterol, progesterone and days to ovulation using postpartum metabolic and endocrine measures. *Journal Dairy Science*. 86: 2852-2863.

Hawkins, D., Niswender, K., Oss, G., Moeller, C., Odde, K., Sawyer, H., Niswender, G. 1995. An increase in serum lipids increases luteal lipid content and alters the disappearance rate of progesterone in cows. *Journal of Animal Science*. 73:541-545.

Hess, B. 2003. Supplementing fat to the cow herd. Proceedings, The Range Beef Symposium XVII. December 9 to 11, 2003. Mitchell, Nebraska.

INEGI. 2004. Secretaría de Desarrollo Social. Consejo Nacional de Población. Delimitación de las Zonas Metropolitanas de México. México, D. F.

Kuran, M., Onal, A. G., Robinson, J. J., Mackie, K., Speake, B. K., Mc Evoy, T. G. 1999. A dietary supplement of calcium soaps of fatty acids enhance luteal function in sheep. *Journal of Animal Science* 69:385-393.

Lammoglia, M., Bellows, R., Grings, E., Bergman, J., Belows, S., Short, R., Hallford, D., Randel, D. 2000. Effects of dietary fat and sire breed on puberty, weight, and reproductive traits of F1 beef heifers. *Journal of Animal Science*. 78:2244-2252.

Littell, R. C., Henry, P. R., Ammerman, C. B. 1998. Statistical analysis of repeated measures data using SAS Procedures. *Journal of Animal Science*. 76:1216-1231.

Miller, G., Jarvis, J., McBean, L. 2000. Handbook of dairy foods and nutrition. P.70. 2th ed. National Dairy Council. Washington D. C. USA.

National Research Council. 1984. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 6a ed. National Academy Press. Washington, D. C.

Pesti, G. M., Miller, B. R., Hargrave, J. 1992. User-Friendly Feed Formulation, Done Again (UFFDA). University of Georgia. USA.

Ramírez, F., Pérez, R., Maldonado, M., Pavia, R., Mancilla, L. 2006. Relación entre pastoreo, metabolismo y reproducción en hembras bovinas en portuguesa. X Seminario, Manejo y utilización de pastos y forrajes en sistemas de producción animal. Abril 20 a 22, 2006. Luz-FCV. Maracaibo Venezuela. 165-173.

Salas, G., Gutiérrez, E., Ortega, R., Hernández, J. 2003. Non-esterified fatty acids and postpartum body conditions of Holstein cows in small scale production system. *Cuban Journal Agricultural Science*. 37 (2):137-141.

SAS. Statistical Analysis System Institute. 1996. SAS/STAT User's Guide: Version 6.0 Statistics SAS Institute, Inc., Cary, North Carolina.

Vann, R. S., Tucker, R. R., Baker F. 2002. Reproductive efficiency can be influenced through cholesterol profiles in beef heifers fed a high fat cube. The University of Georgia, CAES. Department of Animal and Dairy Science. 2001/2002 Annual Report. 151-156.

VII. DISCUSIÓN GENERAL

Como lo mencionan algunos autores como Aranda *et al.*, 2002, la grasa de la dieta puede influir sobre la concentración de colesterol y a través de éste, sobre las hormonas esteroideas antes del parto; además de influir sobre la población folicular posparto. También mencionan que la adición de grasa en la dieta aumenta la energía, reduce el balance energético negativo y tiene un efecto positivo sobre la capacidad reproductiva. Entre los principales efectos que representa la adición de grasa en la dieta son: A) mayor concentración plasmática de progesterona, B) Aumento en el tamaño del folículo preovulatorio, C) Incremento en el número de folículos ováricos, D) Control sobre la regresión del cuerpo lúteo y E) Mejora los índices de concepción y preñez.

Una revisión realizada por Galvis *et al.* (2005), pone de manifiesto que el papel de los lípidos en la eficiencia reproductiva del ganado, se relaciona no sólo con su utilización como sustrato energético para la síntesis de hormonas proteicas o como precursor de hormonas esteroideas, sino también con la disminución del efecto detrimental del NEBAL que se presenta durante el posparto temprano en el ganado.

VIII. CONCLUSION GENERAL

En la presente investigación se concluye que:

1) No se presentaron diferencias significativas en el PV de las vacas ni de los becerros, en el posparto temprano mediante la suplementación grasa de este estudio; sin embargo, el NEBAL fue

severo en las vacas de este estudio, por lo que les permitió no perder suficiente PV pero sin recuperar su peso ideal de las vacas como para representar una diferencia significativa.

2) De acuerdo a esta suplementación grasa en el presente estudio, no se tuvo un reinicio de actividad ovárica en vacas F1 durante el posparto temprano, por lo que se sugiere en investigaciones posteriores incrementar la suplementación grasa saponificada.

3) El colesterol y lipoproteínas de alta densidad no se vieron afectadas significativamente con la suplementación grasa del presente estudio en vacas F1 en el posparto temprano.

Aún cuando en la presente investigación no se tuvieron diferencias significativas en ninguna de las variables medidas, se sugiere en investigaciones posteriores incrementar la suplementación grasa saponificada, porque pueden existir factores adicionales involucrados que afecten la eficiencia reproductiva en vacas F1 durante el posparto temprano.

IX. LITERATURA GENERAL

ASERCA, 1995a. El Ganado Vacuno en México. *Claridades Agropecuarias* de Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Revista de Publicación Mensual. Número 23. Pág. 4-27. México.

ASERCA, 1995b. Panorama Internacional de la Ganadería. *Claridades Agropecuarias* de Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Revista de Publicación Mensual. Número 23. Pág. 20-28. México.

- Blache, D. 2003. Balance de energía y reproducción en rumiantes: procesos endocrinos y neuroendocrinos. III Curso Internacional de Fisiología de la Reproducción en Rumiantes. Pp. 151 – 167.
- Boland, M., Lonergan, P. 2003. Effect of nutrition on fertility in dairy cows. *Advances in Dairy Technology*. 15:19-33.
- Butler, W. R. 2000. Nutricional interactions with reproductive performance in dairy cattle. *Animal Reproduction Science*, 60-61:449-457.
- Castillo, J. H., Ruiz, Z. T., Olivera, M., Jiménez, C. 1997. Reactivación ovárica en vacas cebú Brahman con relación al peso y condición corporal. *Revista Colombiana de Ciencias Agropecuarias*. 10 (1): 12-18.
- Dann, H. M., Varga, G. A., Putnam, D. E. 1999. Improving energy supply to late gestation and early postpartum dairy cows. *Journal of Dairy Science* 82:1765-1778.
- Esminger, M. E., Oldfield, J. E., Heinemann, W. W. 1990. *Feeds and Nutrition*. 2nd. Ed. The Esminger publishing Co. California, USA.
- FIRA, 1994b. Elementos de Análisis de las Cadenas Productivas. Documento Técnico. México.
- Galina, C. S., Rubio, L., Basurto, H., Orihuela, A. 2001. Consequences of different suckling systems for reproductive activity and productivity of cattle in tropical conditions. *Applied Animal Behavior Science* 72: 255-262.
- Gallardo, M., Maciel, M., Cautrin, A., Burdisso, L. 2004. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. Santa Fe, Argentina.

Gallegos S. J., Ponciano, P. H. 2002. Estrategias de manejo del amamantamiento de vacas de doble propósito. En: Memorias del IX Curso Internacional de Reproducción Bovina. UNAM. México D.F. México. Pp 11-26.

Galvis, R. D., Múnera, E. A., Marín, A. M. 2005. Relación entre el mérito genético para la producción de leche y el desempeño metabólico y reproductivo en la vaca de alta producción. Medellín, Colombia. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. Vol. 18:3.

Krohri, C. C. 2001. Effects of different suckling systems on milk production, udder health, reproduction, calf growth and some behavioral aspects in high producing dairy cows (A review). *Applied Animal Behaviour Science*, 72: 271-280.

Lara, B. A., Salas, G. J. Ma., Suárez, D. H., Blanco, M. F., González, M. A., Narro, J. J. A., Carrera, H. P., De los Santos, J. J. 1994. Efectos de la apertura comercial sobre el Sistema de Producción Vaca-becerro en Zacatecas. En: Schwentesius, R. R., Gómez, C. M. A., Ledesma, M. J. C., Gallegos V. C. El TLC y sus Repercusiones en el Sector Agropecuario del Centro16 Norte de México. Pág. 201-214. CUESTAAM. Universidad Autónoma Chapingo. México.

Lehninger, A. L. 2003. Bioquímica. Las bases moleculares de la estructura y función celular. Cap. 24. Biosíntesis de los lípidos. 19 reimp. Ed. Omega. Barcelona, España. 671-703 pp.

Lucy, M. C., Savio, J. D., Bandiga, L., De La Sota, R. L., Thatcher, W. W. 1992. Factors that affect ovarian follicular dynamics in cattle. *Journal of Animal Science*. 70:3615-3626.

Mattos, R., Staples, C. R., Thatcher, W. W. 2000. Effects of dietary fatty acids on reproduction in ruminants. *Reviews of Reproduction*. 5, 38-45

Maynard, L. A., Loosli, J. K., Hintz, H. F., Warner, R. G. 1986. Nutrición Animal. 7 ed. Ed. McGraw Hill. México, D. F.

Molina, M. V. M., Gutiérrez, V. E., Herrera, C. J. 2004. Caracterización de la Ganadería Bovina en la Región de Tierra Caliente, Michoacán: Resultados Preliminares. Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios Especialistas en Bovinos, A.C. Memorias Científicas del XXVIII Congreso Nacional de Buiatria. Morelia, Michoacán, México. 12 – 14 Agosto.

Montiel, F., Ahuja, C. 2005. Body condition and suckling as factors influencing the duration of postpartum anestrus in cattle. *Journal of Animal Science* 85:1-26.

Pérez, B. Ma. T., Ordaz, S. J. C. 1996. Caracterización socioeconómica del sistema de cría de becerros en Balleza, Chihuahua. Tesis. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.

Robinson, R., Pushpakumara, P., Cheng, Z., Peters, A., Abayasekara, D., Wathes, D. 2002. Effects of dietary polyunsaturated fatty acids on ovarian and uterine function in lactating dairy cows. *Reproduction*. 124:119-131.

Salas, R. G., Canela, T. J. A. 2002. Parámetros reproductivos de la ganadería bovina en tierracaliente, Michoacán. En Memorias del XIII Encuentro en Investigación Veterinaria y Producción Animal (Memorias). UMSNH. Morelia, Mich. México. 50-53 pp.

Shimada, M. A. 2003. Nutrición animal. Ed. Trillas. México, D.F.

Spain, J. 1996. Optimal Body Condition Score at Calving For Production and Health. In: *Advances in Dairy Technology – Focus on the Future Proceedings of the 1996 Western Canadian Dairy Seminar*, Red Deer, Alberta. Volume 8.

Swenson, M. J., Reece, W. O. 1999. Fisiología de los animales domésticos de Dukes. 2 ed. Tomo 1. Ed. Limusa. México, D. F.

Vázquez, C. E. 2003. La β -oxidación de los acil-CoA ocurre en cuatro reacciones. Bioquímica y Biología molecular en línea. [Consulta: 9-Nov-2008]. <http://laguna.fmedic.unam.mx/~evazquez/0403/beta%20oxidacion1.html>.

X. ANEXOS

ANEXO 1

Coat-A-Count Progesterona

Utilidad del análisis: Coat-A-Count Progesterona es un radioinmunoensayo ¹²⁵I en fase sólida diseñado para la medición directa y cuantitativa de progesterona en suero o plasma. Está diseñado estrictamente para uso diagnóstico *in vitro* en el diagnóstico y tratamiento de desórdenes ováricos ó de placenta.

Referencia: TKPG1 (100 tubos), TKPG2 (200 tubos), TKPG5 (500 tubos), TKPGX (1000 tubos)

El estuche de 100 tubos contiene menos de 5 microcurios (185 kilobequerelios) de progesterona radioactiva ¹²⁵I; el estuche de 200 tubos contiene menos de 10 microcurios (370 kilobequerelios); el estuche de 500 tubos contiene menos de 25 microcurios (925 kilobequerelios); y el estuche de 1000 tubos contiene menos de 50 microcurios (1850 kilobequerelios).

Resumen y Explicación del Test

La progesterona es una hormona esteroide que juega un importante papel en la preparación y vigilancia del embarazo. Está sintetizada a partir del colesterol por medio de la pregnenolona y luego rápidamente metabolizada a pregnandiol, en gran parte, en el hígado.^{2,9,13} El ovario y la placenta son los sitios de mayor producción; pero una pequeña parte también es sintetizada por la corteza suprarrenal tanto en hombres como en mujeres.

Los niveles de progesterona circulante, que son característicamente bajos durante la fase folicular, aumentan intensamente durante la fase lútea de los ciclos menstruales, alcanzando un máximo de 5 a 10 días después del pico LH a mitad del medio ciclo.¹² A menos que se produzca el embarazo, se produce una aguda declinación hasta niveles foliculares, hasta aproximadamente 4 días antes del siguiente periodo menstrual. Este patrón confirma la utilización de las medidas de los niveles de progesterona como un método simple y fiable para detectar la ovulación.^{3,4,16}

Cada vez hay más literatura sobre trastornos de la fase lútea.^{5,8,11,17,18} Los niveles diarios de progesterona son considerados el medio más exacto para documentar una fase lútea alterada.^{5,8} Sin embargo, algunos investigadores han encontrado que tres muestras^{1,10} e incluso una sola muestra^{14,16} (si se planea bien), puede proporcionar una valiosa información sobre la fase lútea.

Las mediciones de progesterona en suero también han sido usadas para revisar la efectividad de la inducción de ovulación,¹⁶ para monitorizar la terapia de reemplazo de progesterona,⁶ y para detectar y evaluar a pacientes con riesgo de aborto durante las primeras semanas del embarazo.^{6, 15} Por otro lado, aunque los niveles de progesterona aumentan durante el embarazo, no son considerados como un criterio apropiado para monitorizar el bienestar fetal durante el tercer trimestre.⁹

Principio del análisis

El ensayo Progesterona Coat-A-Count Progesterona es un radioinmunoensayo de fase sólida, donde la progesterona marcada con I^{125} compite por un tiempo fijo con progesterona de la muestra del paciente por sitios de unión al anticuerpo. Debido a que el anticuerpo está inmovilizado en la pared de un tubo de polipropileno, la simple decantación del sobrenadante es suficiente para terminar con la competencia y aislar la fracción unida al anticuerpo de la progesterona marcada con I^{125} . La lectura del tubo en un contador gamma, proporciona entonces, un número que se convierte por medio de una curva de calibración, en una medida de la progesterona presente en la muestra del paciente.

No Extracción: Las determinaciones de progesterona con el método Coat-A-Count no requieren ni extracción ni predilución.

Reactivos a pipetear: 1

Tiempo total de incubación:

Procedimiento Básico: 3 horas a temperatura ambiente (15-28°C).

Procedimiento Alternativo: 1 hora a 37°C.

Cuentas totales de la iodación: aproximadamente 70 000 cpm

Advertencias y precauciones

Para uso diagnóstico *in vitro*.

Reactivos: Almacenar de 2-8°C en una cámara preparada para almacenar material radioactivo.

Desechar de acuerdo a la legislación en vigor.

No usar los reactivos después de su fecha de caducidad.

Algunos componentes suministrados en el kit pueden contener material de origen humano y/o otros componentes potencialmente peligrosos que necesiten ciertas precauciones.

Siga las precauciones universales y manipule todos los componentes como si fueran capaces de transmitir agentes infecciosos. Los materiales derivados de sangre humana han sido analizados y son negativos para sífilis; para anticuerpos frente al HIV 1 y 2; para el antígeno de superficie de hepatitis B y para los anticuerpos de hepatitis C.

Se ha usado Azida sódica, en concentraciones menores de 0,1 g/dl, como conservante. Para su eliminación, lavar con grandes cantidades de agua para evitar la constitución de residuos de azidas metálicas, potencialmente explosivas, en las cañerías de cobre y plomo.

Agua: Usar agua destilada o desionizada.

Radioactividad

Una copia de cualquier certificado de licencia de radioisótopos (específico o general) emitido a la aduana de los EEUU se registrará en los ficheros de Diagnostic Products Corporation antes de que se puedan enviar kits o componentes conteniendo material radioactivo. Estos materiales radioactivos pueden adquirirse por cualquier cliente con la licencia específica apropiada. Con una licencia general, estos materiales radioactivos pueden adquirirse solo por médicos, veterinarios en la práctica de la medicina veterinaria, laboratorios clínicos y hospitales - y estrictamente para la clínica *in vitro* o test de laboratorio que no conlleven la administración interna o externa de material radioactivo o su radiación a humanos u otros animales. Su adquisición, recepción, almacenaje, uso, transferencia y desecho están regulados y se expenderá una licencia (general o específica) de la Comisión Nuclear de EEUU o de un Estado con el NRC para su consiguiente control.

Manejar los materiales radioactivos de acuerdo a los requerimientos de su licencia general o específica. Para minimizar la exposición a la radiación, el usuario debe adherirse al cuarto conjunto de guías publicadas por el National Bureau of Standards con el nombre *Safe Handling of Radioactive Materials* (Handbook No. 92, issued March 9, 1964) Y en las consiguientes publicaciones de las autoridades Federales o Estatales.

Limpiar y descontaminar rápidamente las superficies afectadas. Evitar la generación de aerosoles. Eliminar los residuos sólidos radioactivos de acuerdo con los requerimientos de su licencia. Licencias generales (NRC Form 483) pueden eliminar sus residuos sólidos radioactivos como residuos no radioactivos, después de retirar las etiquetas. Licencias específicas (NRC Form 313) se

deben referir al Título 10, Código de Regulaciones Federales; Parte 20. Las licencias en Estados Asociados deben referirse a las normativas de su correspondiente Estado. Licencias generales pueden eliminar sus residuos líquidos radioactivos contenidos en este tipo de productos como cualquier otro material líquido, quitando las etiquetas de los contenedores y procesándolos como residuos sólidos. Licencias específicas pueden eliminar pequeñas cantidades de residuos líquidos radioactivos contenidos en este tipo de productos como cualquier otro material líquido. Refiérase a la normativa aplicable a su laboratorio.

Materiales Suministrados: Preparación Inicial

Tubos Recubiertos con Anticuerpos anti-Progesterona (TPG1)

Tubos de polipropileno recubiertos con anticuerpos de conejo anti-progesterona y empaquetados en bolsas con cierre.

Almacenar refrigerados y protegidos de la condensación, cerrando cuidadosamente las bolsas después de su uso. Estable a 2-8°C hasta la fecha de caducidad impresa en la bolsa. Color: terracota.

TKPG1: 100 tubos. TKPG2: 200 tubos. TKPG5: 500 tubos. TKPGX: 1000 tubos.

I¹²⁵ progesterona (TPG2)

105 ml de progesterona yodada, con conservante. Estable a 2-8°C durante 30 días después de abrir ó hasta la fecha de caducidad señalada en la etiqueta. Color: claro.

TKPG1: 1 vial. TKPG2: 2 viales. TKPG5: 5 viales. TKPGX: 10 viales.

Calibradores de Progesterona (PGC3-9)

Siete viales de calibradores de progesterona, listos para usar, en matriz de suero humano, con conservante. El calibrador cero A contiene 4,0 ml, mientras que los calibradores restantes, de B a G, cada uno contiene 2 ml. Almacenar refrigerado: estable a 2-8°C durante 30 días después de abrir o hasta la fecha de caducidad marcada en la etiqueta.

TKPG1: 1 juego. TKPG2: 1 juego. TKPG5: 2 juegos- TKPGX: 3 juegos.

Los calibradores representan, respectivamente 0, 0,1, 0,5, 2, 10, 20 Y 40 nanogramos de progesterona por mililitro (ng/ml), equivalentemente: 0, 0,3, 1,6, 6,4, 31,8, 63,6 Y 127,2 nanomoles por litro (nmol/l).

Materiales Requeridos pero no suministrados

Contador Gamma compatible con los tubos de 12x75 mm.

Vortex

Radioinmunoensayo

Tubos de polipropileno de 12x75 mm para usar como tubos NSB, disponibles en DPC.

Micropipetas: 100 µl Y 1 000 µl.

Baño María - capaz de mantener 37°C requerido sólo para el Procedimiento Alternativo. No son apropiados ni horno ni parrilla.

Rack de decantación - disponible en DPC.

Papel para gráfica logit-log - disponible en DPC (número de catálogo: ZP797)

Tres niveles de control del inmunoensayo, con matriz de suero humano, conteniendo progesterona como uno de más de los 25 constituyentes sujetos a ensayo, disponibles en DPC (número de catálogo: CON6).

Recogida de la muestra

El paciente no necesita estar en ayunas así como tampoco cualquier otro tipo de preparación. Obtener sangre por venopunción²³ en tubos secos, heparinizados o con EDTA y separar el suero o el plasma de las células.* Se debe anotar la hora de la extracción.

Los estudios muestran que la lipemia puede interferir con el ensayo, por lo que se debe usar una ultracentrífuga para aclarar las muestras lipémicas.

Las muestras hemolizadas podrían indicar una mala manipulación de la muestra antes de ser recibida por el laboratorio; en este caso, los resultados deben interpretarse con precaución.

Las muestras contaminadas debido a la administración de radioactividad al paciente no se deben usar.

Los tubos para recoger sangre de distintos fabricantes pueden producir valores diferentes, dependiendo del material del tubo y de los aditivos, incluyendo barreras de gel o barreras físicas, activados de la coagulación y/o anticoagulantes. El Progesterona Coat-ACount no ha sido analizado con todos los distintos tipos de tubos. Para obtener detalles sobre los tipos de tubos que se han analizado, consulte la sección de Tipos de Muestras Alternativas.

Volumen requerido: 100 μ l de suero o plasma por tubo.

Almacenamiento: 2-8°C durante 7 días²⁴, o hasta 3 meses congeladas a -20°C.²⁴

Antes del ensayo, llevar todas las muestras a temperatura ambiente (15-28°C) y mezclar por inversión. Alicuotar, si es necesario, para evitar la repetición de congelación y descongelación. *No* intentar la descongelación de muestras congeladas calentándolas en un baño de agua.

* Se han encontrado disminuciones en los niveles de progesterona en función del tiempo, en muestras de suero tomadas y almacenadas en Tubos con Gelosa.^{20,21,22}

Procedimiento básico del Radioinmunoanálisis

Todos los componentes deben llevarse a temperatura ambiente (15-28°C) antes de su uso.

1 Tubos de ensayo: Marcar cuatro tubos de ensayo de polipropileno (sin recubrir) 12x75 mm. Tubos T (cuentas totales) y NSB (unión no específica) en duplicado.

Al ser característicamente baja la unión no específica en el ensayo Coat-A-Count, los tubos NSB pueden ser omitidos sin comprometer la precisión y control de calidad del ensayo.

Tubos Recubiertos: Marcar con A (unión máxima) catorce Tubos Recubiertos con anticuerpos anti-Progesterona y de B a G por duplicado. Adicionalmente, marcar tubos recubiertos con anticuerpo, también por duplicado, para controles y muestras de pacientes.

Calibradores	ng/ml	nmol/l
A (MB)	0	0
B	0,1	0,3
C	0,5	1,6
D	2	6,4
E	10	31,8
F	20	63,6
G	40	127,2

2 Pipetear 100 μ l del calibrador cero A en los tubos NSB y A Y 100 μ l de cada uno de los calibradores B a G en tubos marcados correspondientemente. Pipetear 100 μ l de cada control y muestra de paciente en los tubos preparados.

Debido a que la progesterona tiene una tendencia de adsorción al plástico y aún más al vidrio, es importante recubrir la punta de la pipeta enjuagando unas cuantas veces en la muestra antes de hacer la transferencia. Es recomendable el uso de micropipeta con punta desechable, cambiando la punta entre muestra y muestra, para evitar la contaminación por arrastre.

Las muestras de pacientes susceptibles de contener concentraciones de progesterona mayores a la del calibrador más alto (40 ng/ml), deben ser diluídas con calibrador O antes de ser analizadas.

3 Añadir 1,0 ml I¹²⁵ Progesterona a cada tubo. Agitar en vórtex.

No se debe tardar más de 10 minutos en la dispensación del trazador. Los laboratorios equipados con dispensador "pipellor-diluter" pueden realizar los pasos 2 y 3 simultáneamente, pero se deben tomar precauciones para evitar arrastre de una muestra a otra. Dejar los tubos T a un lado para su conteo (paso 6); no requieren más procesamiento posterior.

4 Incubar durante 3 horas a temperatura ambiente (15-28°C).

5 Decantar.

Eliminar toda la humedad visible para mejorar la precisión. Decantar o aspirar el contenido de todos los tubos (excepto los tubos T) y dejar escurrir durante 2 o 3 minutos. Golpear los tubos contra papel absorbente para eliminar las gotas residuales.

6 Leer durante 1 minuto en un contador gamma.

Procedimiento alternativo

Se puede utilizar una incubación de 1 hora a 37°C en contextos donde es necesaria una respuesta rápida y donde la precisión en la parte baja de la curva no es crítica. El procedimiento es idéntico al Procedimiento Básico detallado arriba, excepto por la incubación modificada en el paso 4:

4 Incubar durante 1 hora a 37°C.

Utilizar un baño María; no son adecuados ni horno ni parrilla.

Cálculo de resultados

Para obtener resultados en términos de concentración a partir de una representación logit-Log de la curva de calibración, primero hay que calcular para cada pareja de tubos las cuentas medias por minuto corregidas con el NSB:

Cuentas netas = (Media CPM) menos

(Media NSB CPM)

Entonces, determinar la unión de cada pareja de tubos como un porcentaje de la unión máxima (MB), tomando las cuentas corregidas con el NSB de los tubos A como 100%:

Porcentaje de Unión = (Cuentas netas / Cuentas MB netas) x 100

(El cálculo puede simplificarse omitiendo la corrección de las uniones no específicas; las muestras dentro del rango de calibración van a dar virtualmente el mismo resultado cuando el porcentaje de unión es calculado directamente a partir de la media de las CPM).

Usando papel gráfico Logit-log, representar el porcentaje de unión en el eje vertical frente a la concentración en el eje horizontal (logarítmico) para cada calibrador no cero y dibujar la línea que pase por esos puntos aproximadamente. Los resultados de las muestras pueden ser leídos en la curva por interpolación.

Es una buena práctica inspeccionar los resultados para comprobar la concordancia entre los replicados, y realizar una gráfica de la curva de calibración (aunque los cálculos se realicen por ordenador) para ver la transformación más apropiada a usar y las posibles desviaciones en los puntos de calibración. También, recomendamos mantener un registro de los siguientes parámetros de la reducción de datos:

$T = \text{Cuentas totales (como cuentas por minuto)}$ $\%NSB = 100 \times (\text{Media cuentas NSB} / \text{cuentas totales})$ $\%MB = 100 \times (\text{Cuentas netas} / \text{Cuentas totales})$ y las "intersecciones" 20, 50 Y 80 por ciento, donde 20% = Concentración al 20 por ciento de unión, etc.

Otras aproximaciones, por ejemplo, logística 4-parámetros, también son aceptables. Ver Dudley AA, et al. "Guidelines for immunoassay data reduction". Clin Chem 1985;31 :1264-71.

Ejemplo:

Procedimiento Básico/ Procedimiento Alternativo

Sólo como ilustración. No se puede utilizar para calcular resultados. (Ver tablas "Procedimiento Básico" y "Procedimiento Alternativo")

Control de Calidad

Los controles (o pool es de suero), con al menos dos niveles de concentración de progesterona - bajo y alto - deberán ser sujetos a ensayo rutinariamente como muestras desconocidas.

Informar de los resultados de los pacientes sólo si los resultados de los controles para este ensayo están dentro de los criterios de aceptabilidad establecidos por su laboratorio.

Es una buena práctica de laboratorio registrar para cada ensayo los números de lote de los componentes usados, así como las fechas en las que fueron abiertos por primera vez y reconstituidos. También recomendamos el uso de gráficos diarios de los controles - como se describe, por ejemplo, en Westgard JO, et al. A multi-rule chart for quality control. Clin Chem 1981 ;27:493-501. Las muestras repetidas pueden servir como una herramienta de valor adicional para monitorizar la precisión interensayo, y que las parejas de los tubos del control pueden espaciarse a lo largo de la tanda de ensayo para verificar la ausencia de deriva significativa.

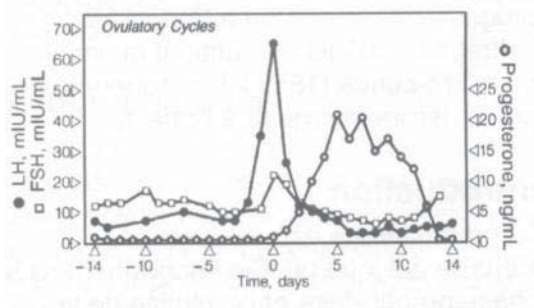
Valores Esperados: Suero

Los estudios de rango de referencia fueron llevados a cabo utilizando el kit de Progesterona Coat-A-Count. Las poblaciones fueron seleccionadas excluyendo a mujeres con problemas de fertilidad. Los resultados se muestran abajo en *ng/ml* y *nmol/l*. (Observar que las muestras de la fase lútea media constituyen un sub grupo del grupo fase lútea.)

Grupo de Referencia	Mediana ng/ml	Rango		<i>n</i>
		Absoluto ng/ml	Central 95% ng/ml	
Hombres	0,58		0,10-1,2	100
Mujeres				
Fase Folicular	0,41		0,15--1,4	95
Fase Lútea	6,8		1,6-21	85
Fase Lútea Media	13	5,2-23		32
Post Menopausia	0,27	0,11-0,90		20
Anticonceptivos				60
Orales	0,34	0,18-0,64		

Mujeres			
Embarazadas			
Primer Trimestre	21	7,4-71	20
Segundo Trimestre	46	18-106	20
Tercer Trimestre	77	41-110	20
Fase Folicular	1,3		0,48-4,5 95
Fase Lútea	22		5,1-67 85
Fase Lútea Media	41	17-73	32
Post Menopausia	0,86	0,35-2,9	20
Anticonceptivos			
Orales	1,1	0,57-2,0	60
Mujeres			
Embarazadas			
Primer Trimestre	67	24-226	20
Segundo Trimestre	146	57-337	20
Tercer Trimestre	245	130-350	20

Ciclo Menstrual: El rango de referencia para una mujer en edad fértil (no utilizando anticonceptivos) es una función de su lugar en el ciclo menstrual. Correspondientemente, a quince mujeres ovulando normalmente se les hizo un seguimiento a lo largo de un ciclo utilizando los kits DPC de radioinmunoensayo para FSH, LH y progesterona. Las mujeres gozaban de buena salud y tenían perfiles de FSH y LH normales. Se tomaron muestras en los días 0, 10, 13,14, 15, 17,20,22,24y28, contando a partir del último periodo menstrual. Se logro la normalización del pico de LH, designando para cada mujer el momento con el resultado de LH más alto como día cero. Los perfiles de progesterona así normalizados fueron entonces trazados: la gráfica de abajo describe los resultados medios de FSH, LH y progesterona obtenidos en estas muestras.



Los resultados indican que los valores de progesterona temporalmente aumentan considerablemente durante la mitad de la fase lútea del ciclo menstrual.

Embarazo: En el embarazo la tendencia general es que los valores aumenten. Hay una considerable variación interpersonal en los valores de progesterona, particularmente en grupos asociados con niveles elevados. (Observar que la medición de los niveles de progesterona es generalmente

considerado no apropiado para la monitorización del bienestar fetal en las últimas semanas del embarazo.⁹⁾

Estos límites han de considerarse sólo como una guía. Cada laboratorio deberá establecer sus propios intervalos de referencia.

Características analíticas

Ver la Tablas y Gráficas de los datos *representativos* del rendimiento del kit de progesterona Coat-A-Count. Los resultados de progesterona de las secciones mostradas abajo están expresados en ng/ml. A menos que esté indicado, los resultados de las siguientes secciones se obtuvieron con muestras de suero, utilizando el Procedimiento Básico.

Factor de Conversión: ng/ml x 3,18 -> nmol/l

Intervalo de calibración: 0,1 - 40 ng/ml (0,3 -127 nmol/l) Sensibilidad analítica

Procedimiento Básico: 0,02 ng/ml (0,06 nmol/l)

Procedimiento Alterno: 0,03 ng/ml (0,10 nmol/l)

Precisión intraensayo (dentro del mismo run): Las estadísticas se calcularon para las muestras a partir de los resultados de 20 pares de tubos en un solo ensayo. Los resultados son expresados en ng/mL.(Véase la tabla "Precisión intraensayo")

Precisión interensayo (entre diferentes run): La estadística fue calculada para las muestras a partir de los resultados de 20 pares de tubos en diferentes ensayos de la técnica. Los resultados se expresan en ng/mL. (Véase la tabla "Precisión interensayo".)

Especificidad: El antisuero Coat-A-Count Progesterona es altamente específico para progesterona, con una reactividad cruzada particularmente baja con otros esteroides de producción natural o drogas terapéuticas que puedan estar presentes en las muestras de los pacientes. (Véase la tabla "Especificidad".)

Linealidad: Las muestras fueron analizadas con varias diluciones. (Véase la tabla "Linealidad" para resultados representativos.)

Efecto deriva: Ninguno hasta aproximadamente 500 tubos. (Ver tabla "End-of-Run Effect").

Recuperación: Se han analizado las muestras cargadas 1 a 19 con cinco soluciones (44, 20, 100, 300 Y 500 ng/ml) de progesterona. (Ver la tabla "Recuperación" para resultados representativos.

Bilirrubina: La presencia de bilirrubina, en concentraciones hasta 200 mg/I, no tiene ningún efecto sobre los resultados en términos de precisión.

Hemólisis: La presencia de eritrocitos hasta concentraciones de 30 μ /ml no tiene efecto en los resultados, en lo concerniente a la precisión del ensayo.

Lipemia: Puede interferir con el ensayo. (Ver tabla "Lipemia").

Tipo de Muestra Alternativa: Para determinar si los anticoagulantes interfieren con el ensayo, se tomó sangre a 38 voluntarios en tubos vacutainer secos, heparinizados y con EDTA. Todas las muestras fueron sujetas a ensayo con el kit Progesterona Coat-A-Count. Por regresión lineal:

$$(\text{Heparina}) = 0,99 (\text{Suero}) - 0,03 \text{ ng/ml}$$

$$r = 0,997$$

$$(\text{EDTA}) = 0,98 (\text{Suero}) + 0,01 \text{ ng/ml}$$

$$r = 0,997$$

Medias:

12,8 ng/ml (Suero)

12,7 ng/ml (Heparina)

12,6 ng/ml (EDTA)

Los resultados muestran que el plasma heparinizado y el EDTA proporcionan virtualmente los mismos resultados que el suero con el ensayo Progesterona CoatA-Count.

Comparación de Método: Trescientas cuarenta muestras de suero de pacientes fueron sujetas a ensayo con el procedimiento Progesterona Coat-A-Count y con el kit de Progesterona IMMULITE de DPC, con concentraciones de progesterona que van desde aproximadamente 0,17 a 18 ng/mL. (Ver gráfica "Method Comparision".) Por regresión lineal:

$$(CAC) = 1,05 (IML) + 0,13 \text{ ng/ml}$$

$$r = 0,993$$

Medias:

2,1 ng/ml (Coat-A-Count)

1,9 ng/ml (IMMULITE)

Asistencia técnica

Póngase en contacto con el distribuidor nacional.

El Sistema de Calidad de Diagnostic Products Corporation está registrado para la ISO 13485:2003.

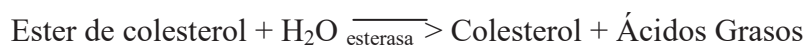
ANEXO 2**COLESTEROL Método CHOD-PAD**

Cat. No.

CH198 R1. Reactivo 1 x 100 ml**CH199** R1. Reactivo 2 x 100 ml**CH200** R1. Reactivo 6 x 30 ml**CH201** R1. Reactivo 6 x 100 mlCada juego de reactivos incluye **CAL. Patrón****PRINCIPIO** ^(1,2,3)

El colesterol se determina después de hidrólisis enzimática y oxidación. El indicador quinoneimina se forma a partir de peróxido de hidrógeno y 4-amino-antipirina en presencia de fenol y peroxidasa.

colesterol



colesterol



peroxidasa



MUESTRA

Suero, Plasma heparinizado o EDTA plasma.

COMPOSICIÓN DEL REACTIVO

Componentes	Concentración inicial de la solución
R1. Reactivo	
4-aminoantipirina	0.30 mmol/l
Fenol	6mmol/l
Peroxidasa	≥ 0.5 ml
Colesterol Esterasa	≥ 0.15 U/ml
Colesterol oxidasa	≥ 0.1 U/ml
Tampón Pipes	80 mmol/l:pH 6.8
Cal. Patrón	5.17 mmol/l (200 mg/dl)

PREPARACIÓN DE REACTIVO

R1. Reactivo

Listo para usar. Es estable hasta la fecha de caducidad cuando se conserva entre +2 y +8°C en ausencia de contaminación y protegido de la luz.

Cal. Patrón

Listo para usar. Estable hasta la fecha de caducidad cuando se conserva entre +2 y +8°C.

PROCEDIMIENTO

Longitud de onda: 500 nm; Hg 546 nm

Cubeta: 1 cm de espesor

Temperatura: 20-25°C/37°C

Medida: frente al reactivo blanco

Pipetear en la cubeta:

	Reactivo Blanco	Patrón	Muestra
Agua destilada	10 (ul)	-	-
Patrón	-	10 (ul)	-
Muestra	-	-	10 (ul)
Reactivo	1000 (ul)	1000 (ul)	1000 (ul)

Mezclar incubar durante 10 min a 20-25°C ó 5 min a 37°C. Medir la absorbancia de la muestra (A_{muestra}) frente al blanco antes de 60 min.

CALCULOS

1. Utilizando un patrón:

Conc. de colesterol = $\frac{A_{\text{muestra}}}{A_{\text{patrón}}} \times \text{conc. de patrón en la muestra.}$

$\frac{A_{\text{muestra}}}{A_{\text{patrón}}}$

2. Utilizando Factor:

Longitud de onda	mmol/l	mg/dl
Hg 546 nm	21.7 x ΔA	840 x ΔA
500 nm	14.3 x ΔA	553 x ΔA

VALORES DE REFERENCIA

Niveles de riesgo

Valor	Interpretación
< 5.17 mmol/l (200 mg/dl)	Colesterol en sangre deseado
5.17 – 6.18 mmol/l (200-239 mg/dl)	Colesterol en sangre limite-alto
≥ 6.20 mmol/l (240 mg/dl)	Colesterol en sangre alto

CONTROL DE CALIDAD

Para un control de exactitud y reproducibilidad: Multisuero normal y elevado ensayados.

Para un control de reproducibilidad: Multisuero; bajo, normal y elevado.

LINEARIDAD

El método es lineal hasta una concentración de colesterol de 19.3 mmol/l (750 mg/dl). Las muestras con concentraciones de colesterol superiores a ésta, deben ser diluidas 1 + 2 con NaCl al 0.9%.

Multiplicar el resultado por 3.

PRECAUCIONES

Únicamente para diagnóstico in vitro. No pipetear con la boca. Respetar las precauciones normales necesarias, que se requieren al manejar reactivos de laboratorio. El reactivo contiene azida sódica. Evitar su ingestión o el contacto con la piel y mucosas. En caso de contacto con la piel lavar inmediatamente el área afectada con agua abundante.

NOTA

Valores de hemoglobina hasta 200 mg/dl y de bilirrubina hasta 5 mg/dl. No interfieren en la prueba.

REFERENCIAS

1. Kassirer, J. P. New Eng. J. Med. 1971; 285;385
2. Tietz, N. W. Fundamentals of Clinical Chemistry W. B. Saunders Company, 1970 Philadelphia.
3. Young, D. S., Pestaner, L. C., Gibbermann. V. Clin. Chem. 1975; 21; 1D.

The logo for RANDOX, featuring the word "RANDOX" in a bold, italicized, sans-serif font with a metallic or textured appearance.

ANEXO 3**COLESTEROL HDL con Patrón**

Método de Precipitación con Ácido Fosfotúngstico

Cat. No.

CH203	R1. Reactivo Precipitante	4 x 80 ml
CH204A	R1. Reactivo Precipitante	1 x 80 ml
	Cal. Patrón	1 x 5 ml

HDL COLESTEROL

Las lipoproteínas de baja densidad (LDL y VLDL) y las fracciones de quilomicrones precipitan cuantitativamente al añadir ácido Fosfotúngstico en presencia de iones de magnesio. Después de centrifugar, la concentración de colesterol se determina en la fracción de HDL (lipoproteínas de alta densidad) que queda en el sobrenadante.

MUETRA

Suero, plasma heparinizado o con EDTA.

REACTIVOS

Componentes	Concentración de la Solución
R1. Acido Fosfotúngstico	0.55 mmol/l
Cloruro de Magnesio	25 mmol/l

PREPARACIÓN DE REACTIVOS:

1.- Macroensayos: Listo para usar. Sin diluir. Estable hasta la fecha de caducidad conservado entre +2 y +25°C

2.- Semi-Microensayos. Prediluir el reactivo precipitante en proporción 4+1 con agua bidestilada (diluir el contenido en el frasco de 80 ml con 20 ml de agua bidestilada). El reactivo diluido es estable hasta la fecha de caducidad conservado entre +2 y 25°C. El patrón está listo para su uso. Estable hasta la fecha de caducidad almacenado entre +2 y +8°C.

DETERMINACIÓN DE COLESTEROL HDL

Véase paquete adicional de colesterol CHOD-PAD Cat. CH198, CH199, CH200, CH201.

PROCEDIMIENTO:

El patrón no debe usarse en el paso de precipitación

1. Precipitación:

Pipetear en tubos para centrifuga:

	Macro	Semi-Micro
Muestra	500 ul	200 ul
Precipitante (R1)	1000 ul	-
Precipitante diluído (R1)	-	500 ul

Mezclar, incubar 10 min a temperatura ambiente. Centrifugar 10 min a 4000 rpm o 2 min a 1200 rpm.

Separar el sobrenadante y realizar la determinación de colesterol antes que transcurran 2 hrs.

2. Medida de Colesterol por el Método CHOD-PAD

Longitud de onda: 546 nm

Cubeta: 1 cm de paso de luz

Medición: Contra blanco de reactivo

Temperatura: 20-25°C ó 37°C

Pipetear en tubos de reacción:

	Blanco	Patrón	Muestra
Agua destilada	100 ul	-	-
Patrón	-	100 ul	-
Sobrenadante	-	-	100 ul
Reac de Colesterol	1000 ul	1000 ul	1000 ul

Mezclar, incubar 10 min de +15 a +25°C ó 5 min a 37°C. Medir la absorbancia de la muestra y del patrón contra el blanco de reactivos.

CÁLCULOS

Concentración de HDL-Colesterol

$$\text{mg/dl} = \frac{\text{A de la muestra}}{\text{A del patrón}} \times \text{conc del patrón}$$

A del patrón

PROCEDIMIENTOS

Macro

Semi-Micro

$$\text{mg/dl} = \frac{\text{A de la muestra}}{\text{A del patrón}} \times 150^*$$

$$\text{mg/dl} = \frac{\text{A de la muestra}}{\text{A del patrón}} \times 175^*$$

A del patrón

A del patrón

* Se considera la dilución en el paso de precipitación.

PROCEDIMIENTOS CON FACTOR

$$\text{HDL} = \text{Abs de muestra} - \text{Abs de blanco} \times F$$

	MACRO	MICRO
Long de onda	md/dl	mg/dl
500 nm	180	210
546 nm	274	320

LINEARIDAD:

El método es lineal hasta una concentración de HDL-colesterol de 200 mg/dl. Las muestras por arriba de ésta concentración deberán diluirse 1 + 2 con solución salina 0.9% y el resultado se multiplica por 3.

INTERPRETACIÓN CLÍNICA

	Sin riesgo	Riesgo Moderado	Riesgo Alto
Hombres	> 55 mg/dl	35-55 mg/dl	< 35mg/dl
Mujeres	> 65 mg/dl	45-65 mg/dl	< 45 mg/dl

CONTROL DE CALIDAD

Para un control de exactitud y precisión: Multisueros: Control de Lípidos, bajo, normal y alto.

NOTAS

Solo se deben utilizarse sobrenadantes claros. En caso de que la sedimentación haya sido incompleta (sobrenadante turbio) debido a concentraciones elevadas de triglicéridos la muestra debe diluirse 1 + 1 con solución salina fisiológica y el proceso de precipitación deberá ser repetido. El resultado se multiplica por 2.

REFERENCIAS

1. Assman G. Internist 1979; 20:559.
2. Friedewald, W. T. Et al Clin, Chem., 1972;18:449
3. Lopes-Virella, M. F. Et al, Clin, Chem 1977; 23:882.

The logo for RANDOX, featuring the word "RANDOX" in a bold, italicized, sans-serif font with a slight shadow effect.

ANEXO 4

SAPONIFICACIÓN DE UNA GRASA

I. OBJETIVOS

- a) Que el estudiante realice en el laboratorio la saponificación de una grasa.
- b) Que el estudiante compruebe la factibilidad del proceso de obtención de jabones.
- c) Que el estudiante conozca algunas propiedades de los lípidos.

II. MATERIAL

1 Vaso de precipitado de 500 ml

1 Embudo de separación.

1 Agitador

1 Capsula de porcelana

1 Baño María

1 Matraz Erlenmeyer de 125 ml

III. SUSTANCIAS

Aceite de palma ó coco

Hidróxido de sodio

Manteca de cerdo

Ácido clorhídrico concentrado

Ácido sulfúrico concentrado

Agua

IV. INFORMACIÓN

La manufactura del jabón es una de las síntesis químicas más antiguas cuando las tribus germanas de la época de Cesar hervían cebo de cabra con potasa que obtenían por lixiviación de las cenizas del fuego de leña, efectuaban la misma reacción química que la que realizan los fabricantes de jabón modernos en escala enorme: *La hidrólisis de los glicéridos*. Las grasas y aceites son triglicéridos. La principal diferencia entre ellos es que una grasa es un sólido a temperatura ambiente, mientras que un aceite es un líquido en las mismas condiciones. Generalmente las grasas provienen de los animales y los aceites suelen obtenerse a partir de las plantas. Por tanto, se usan los términos grasas y aceites vegetales.

Más observaciones generales acerca de las grasas y aceites involucran a las partes de ácido carboxílico del éster. Algunos de los ácidos son saturados mientras que otros no lo son, y la mayoría son compuestos de cadena recta. En los que son insaturados, los dobles enlaces generalmente son cis y rara vez trans. La mayoría de los ácidos contienen un número par de átomos de carbono por lo general de 12 a 20. Por esta razón, la mayoría de los ácidos que presentan 6 o más átomos de carbono en múltiplos pares reciben el nombre de ácidos grasos. Los glicéridos son una fuente útil y

barata de ácidos grasos al igual que de los alcoholes correspondientes, por ejemplo, la hidrólisis ácida o básica de un glicérido da lugar a ácidos carboxílicos directamente.

Lípidos

Abarcan un grupo heterogéneo de sustancias que se caracterizan químicamente por ser ésteres o amidas de ácidos grasos. Son insolubles en agua y solubles en solventes orgánicos, por ejemplo éter sulfúrico, éter de petróleo, cloroformo, benceno, etc.

V. PROCEDIMIENTO

En un vaso de precipitado de 1 L se calienta a baño maría, 15 g de aceite de palma o aceite de coco. Agitando constantemente añade 13 g de NaOH (o de potasio) disueltos en 26 ml de agua. Terminada la adición, continúe calentando durante 50 min. En seguida añade 500 ml de agua hirviendo, agite bien. Añada lentamente HCl concentrado hasta que se neutralice, continúe calentando y en el momento que flote sobre la superficie de la mezcla una masa aceitosa de color café, deje enfriar la suspensión. Separe la masa sólida formada, séquela suavemente entre dos hojas de papel filtro, funda la mezcla de ácidos en una cápsula pequeña y decántela para separar el agua que pudiera haber quedado atrapada.

Béjar, U. A. 2006. Manual de prácticas de laboratorio de Química Orgánica I. Departamento de Química. FIQ-UMSNH. Morelia, Michoacán.