



# UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO



---

**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

## **CARACTERIZACIÓN DE COLESTEROL Y LIPOPROTEÍNAS DE ALTA DENSIDAD EN VACAS F1 DURANTE EL POSPARTO TEMPRANO.**

Servicio Profesional que presenta:

**RAÚL SÁNCHEZ AYALA**

Para obtener el título de:

**MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

### **ASESORES:**

Dr. José Herrera Camacho

#### **Co-asesor**

MC. Karlos Edmundo Orozco Duran

**Morelia, Michoacán, México; Noviembre, 2013.**

---



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE  
SAN NICOLÁS DE HIDALGO**



---

**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**CARACTERIZACIÓN DE COLESTEROL Y LIPOPROTEÍNAS  
DE ALTA DENSIDAD EN VACAS F1 DURANTE EL  
POSPARTO TEMPRANO.**

Servicio Profesional que presenta:

**RAÚL SÁNCHEZ AYALA**

Para obtener el título de:

**MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**Morelia, Michoacán, México; Noviembre, 2013.**

---

## Agradecimiento y Dedicatoria

Dedico este proyecto de vida a todas las personas que estuvieron siempre a mi lado, de forma incondicional y desinteresada, que me apoyaron y guiaron de forma correcta para finalizar esta meta y verla cristalizar en un nuevo logro de vida.

### A mis padres

- **Agustín Sánchez Hernández**, quien lamentablemente murió con la esperanza de ver a su hijo con una carrera terminada.
- **Gregoria Ayala Arreola**, quiero agradecerle eternamente por el apoyo moral y económicamente me ha brindado en toda mi vida, a pesar de las circunstancias que se presentaron. Sin embargo, logro tomar el control de la familia y la pudo guiar por el buen camino.

### A mis hijos (a)

- **Dariana, Ariadne Zoe y Raúl**, les dedico este trabajo con la esperanza de que los motive y logren aún más, de lo que su padre pudo hacer. Ya que el estudio es el único medio con el que logran mejor calidad de vida y satisfacción personal.

### A mis asesores

- **Dr. José Herrera Camacho**, quiero agradecerle lo importante que ha sido en vida, por su aprendizaje que me ha aportado, apoyo moral, su amistad y por el tiempo que aportó para concluir este trabajo.
- **M.C. Karlos Edmundo Orozco Duran**, por su apoyo incondicional en brindarme asesoría a este trabajo, por su amistad que ha demostrado desde que lo conozco.

## RESUMEN

Con la finalidad de caracterizar los niveles plasmáticos de colesterol (COL) y lipoproteínas de alta densidad (LAD) durante las primeras 8 semanas posparto en vacas de carne, se realizaron muestreos séricos cada semana a partir del parto en 12 vacas F1 (Brahman X Pardo Suizo) con un rango de peso vivo de 400-450 kg y una condición corporal de 2 – 2.5 puntos (escala 1= emaciada a 5=obesa). Las vacas se alimentaron con un complemento concentrado y forraje (rastrajo de maíz, sorgo y heno de avena) a cada una se le suministraron 9.500 kg de materia seca hasta cubrir sus requerimientos de pesos vivo y lactancia de manera individual. Las hembras se mantuvieron en amamantamiento continuo durante el periodo de muestreo. Las muestras sanguíneas se sometieron a un doble análisis de COL y LAD mediante espectrometría se analizó la absorbancia, cada muestra se corrió por triplicado y los resultados se analizaron mediante un procedimiento de medidas repetidas con efectos mixtos. Se encontró normalidad en la distribución de los valores para COL y LAD durante las 8 semanas (SEM), encontrándose valores superiores para COL, en comparación con LAD en todos los muestreos. COL= SEM1 122.5±32.8, SEM2 123.2±37. SEM3 135.2±39, SEM 4 142±41.3, SEM5 140.3±37.3, SEM6 154.6±43.6, SEM7 168.3±41.9, SEM8 142.4±34.6. En el caso de LAD el comportamiento fue similar, encontrándose una disminución en la SEM5 y volviendo a elevarse hasta la SEM8. LAD= SEM1 72.7±14.3, SEM2 69.9±19.11, SEM3 73.3±26.3, SEM4 84.9±39.9, SEM5 74.6±23.9, SEM6 82.4±31.8, SEM7 86.4±25.9 Y SEM8 89.9±24.0. Se concluye que existió una mayor concentración plasmática de COL, respecto a LAD; sin embargo, los dos metabolitos lipídicos presentaron un aumento constante hasta la semana 5 posparto, volviendo recuperarse hasta la semana 8 posparto en vacas F1, lo que puede implicar información importante para determinar el grado de balance energético negativo.

## ÍNDICE

<b>I. INTRODUCCIÓN GENERAL.....</b>	<b>4</b>
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>6</b>
2.1 GANADERIA BOVINA EN MÉXICO.....	6
2.2 PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y REPRODUCTIVOS EN BOVINOS DE CARNE	8
2.3 PUERPERIO .....	8
2.4 LACTANCIA .....	9
2.5 BALANCE ENERGÉTICO NEGATIVO POSPARTO EN GANADO BOVINO DE CARNE.....	9
2.6 PERFIL METABOLICO.....	11
2.7 INDICADORES METABÓLICOS EN LAS VACAS DURANTE EL POSPARTO ...	12
2.7.1 ÁCIDOS GRASOS NO ESTERIFICADOS .....	12
2.7.2 TRIGLICÉRIDOS.....	12
2.7.3 INSULINA.....	13
2.7.4 GLUCOSA.....	14
2.7.5 B-HIDROXIBUTIRATO .....	15
2.7.6 LIPOPROTEÍNAS .....	15
2.7.6.1 QUILOMICRONES.....	15
2.7.6.2 LIPOPROTEÍNAS DE MUY BAJA DENSIDAD .....	16
2.7.6.3 LIPOPROTEÍNAS DE BAJA DENSIDAD.....	16
2.7.6.4 LIPOPROTEÍNAS DE ALTA DENSIDAD .....	16
2.7.7 COLESTEROL.....	17
2.7.7.1 RUTA DE LA BIOSÍNTESIS DEL COLESTEROL.....	18
2.7.7.2 REGULACIÓN DE LA BIOSÍNTESIS DEL COLESTEROL .....	18
2.7.7.3 SÍNTESIS DE ÉSTERES DE COLESTEROL .....	18
2.8 METABOLISMO DE LOS LIPIDOS EN LOS RUMIANTES .....	19
2.9 DIGESTIÓN DE LÍPIDOS .....	21
2.10 ABSORCIÓN DE LOS LÍPIDOS .....	22
HIPÓTESIS .....	23
OBJETIVO .....	23
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>24</b>

<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>27</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>30</b>
<b>VI. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>31</b>
<b>VII. ANEXOS .....</b>	<b>38</b>

---

## ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Figura 1. Cambios semanales en la concentración de colesterol (COL) y lipoproteínas de alta densidad (LAD) durante el posparto en vacas F1.....	29
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

## I. INTRODUCCIÓN GENERAL

El periodo posparto es una etapa fisiológica de importancia productiva y metabólica en las vacas de cría, ya que es uno de los periodos más sensibles desde el punto de vista energético-nutricional, en dicho estado ocurre el periodo de transición, que se presenta alrededor de 21 días antes del parto y termina a las 3 semanas posparto (Calsamiglia, 2001) dicho periodo se caracteriza por una disminución en el consumo de alimento, y por un aumento acelerado de los requerimientos nutricionales de la vaca, generándose un desbalance entre los requerimientos nutricionales y los nutrientes consumidos llevando al animal a un *status* conocido como balance energético negativo (BEN) que generalmente se presenta durante el puerperio y se puede prolongar durante gran parte de la lactancia, si no se llegan a satisfacer las demandas nutricionales de las hembras (Marín, 2006; Galvis *et al.*, 2007; Fernández, 2009).

El posparto implica una alta demanda energética en las vacas, la cual no es posible cubrir, debido al tipo de alimentos que consume el ganado (forrajes) y a la capacidad diaria de consumo de los animales, por esta razón se ven obligadas a movilizar sus reservas corporales de grasa para mantener la producción de leche, lo cual se refleja en una disminución de su peso vivo y condición corporal (Martínez *et al.*, 2010; Santos, 2009; Romero *et al.*, 2007)

La ingesta de energía es un factor determinante en el desempeño productivo, ya que al mejorar el *estatus* nutricional de la hembra, aumenta la producción láctea y se propician las condiciones para que ocurra el reinicio de la actividad ovárica posparto (El-Shahat y Abo-El maaty, 2010).

Sin embargo, desde el punto de vista práctico resulta difícil determinar el BEN en las hembras, por lo que se han desarrollado distintas metodologías para obtener un panorama del metabolismo energético de las hembras rumiantes durante el posparto, en este sentido el perfil sérico de algunos metabolitos relacionados con el *status* energético de los animales han sido de gran utilidad (Sagaon, 2003; Vargas, 2009).

Dentro de los indicadores metabólicos que se han estudiado, se encuentran los metabolitos de lípidos, los cuales indican la movilización de las reservas corporales de energía en la hembra, que están constituidas por ácidos grasos y colesterol principalmente (Ramírez *et al.*, 2006; Romero *et al.*, 2007; Vargas, 2009; García, 2012).

Las lipoproteínas son las moléculas responsables de la distribución de colesterol, hacia los tejidos periféricos, a través del torrente sanguíneo, así como los ácidos grasos no esterificados (Lammoglia *et al.*, 2000; Hess, 2003).

El perfil de metabolitos lipídicos y la estimación de los cambios de peso y condición corporal de la hembra, constituyen en su conjunto, una valiosa herramienta de trabajo en la estructuración de programas de manejo nutricional de las vacas, así como para el diagnóstico de desórdenes metabólicos que comprometen su productividad (Álvarez, 2001; Sagaon, 2003; Caldeira *et al.*, 2007; Aguilar, 2012).

En este sentido estudios sobre el perfil de COL y LAD en las vacas durante el posparto temprano, son importantes para poder estimar el *status* metabólico y la utilización de la energía en forma de grasas en la etapa fisiológica de mayor importancia energética como es el posparto.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 GANADERIA BOVINA EN MÉXICO

En México, la ganadería bovina es una de las principales actividades agropecuarias, relevante por la variedad de productos obtenidos, como la carne, leche, pieles y otros subproductos (Tinoco, 2010).

De acuerdo con el censo agrícola, ganadero y forestal de 2007, en México existen alrededor de 1.13 millones de unidades de producción de ganado bovino, 10.3% ubicadas en Veracruz, 7.7% en Chiapas, 7.4% en Oaxaca, 6.5% en Guerrero, 6.1% en el Estado de México, 5.5% en Jalisco y el resto en las demás entidades del país (INEGI, 2007).

Hasta el año 2011 se estimó una población de ganado bovino de 33 millones de cabezas, de las cuales se estima que entre 8 y 9 millones son sacrificadas anualmente para el abasto de carne. En el caso de la leche, datos oficiales indican una producción anual de 11 millones de toneladas de litros de leche para el año 2012 (SIAP, 2012). Situación que muestra la importancia económica y social de la actividad.

La ganadería bovina mexicana se encuentra distribuida en diferentes regiones agroecológicas. En la región templada, el ganado bovino para carne se mantiene gran parte del año en áreas de pastos y arbustos, teniendo acceso a superficies con residuos de cosechas agrícolas y esquilmos, en general los pastos son de buena calidad y el tipo de ganado utilizado es de tipo *Bos taurus* (Vargas, 2009).

Por otra parte el sistema de vaca-cría de las áreas tropicales y sub tropicales generalmente se maneja en condiciones extensivas, por lo que su dieta principal se basa en forrajes introducidos y nativos que son de baja calidad nutricional, debido a la digestibilidad de los mismos. Dicha ganadería está constituida básicamente por animales cebú y sus cruza con las razas europeas. Estos animales híbridos han demostrado una gran adaptación a las condiciones existentes en el trópico; como la resistencia a la garrapata, tolerancia a temperaturas elevadas y a las fluctuaciones de disponibilidad de forrajes, sin embargo, sus índices productivos son relativamente bajos, debido a que presentan una madurez sexual tardía, largos periodos de anestro posparto y una marcada estacionalidad en la producción de becerros (Amezcuca *et al.*, 2003).

La limitación de ciertos nutrientes como la energía, el nitrógeno disponible en el rumen y los aminoácidos contribuyen a una productividad animal inferior a lo deseado (Titgemeyer y Loëst, 2001; Amezcuca *et al.*, 2003).

Uno de los problemas que limita la productividad de la ganadería de doble propósito en climas tropicales son las deficiencias de los suelos y los forrajes en macro y micro minerales, tales como el fosforo, calcio, selenio, cloro, sodio, magnesio, cobre y cobalto. La deficiencia de estos minerales ocasiona grandes trastornos metabólicos y fisiológicos en los rumiantes, dichos trastornos dificultan el aprovechamiento de los escasos nutrientes con los que cuenta el forraje, reflejándose significativamente en la producción del ganado bovino (Bouda *et al.*, 1997).

## 2.2 PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y REPRODUCTIVOS EN BOVINOS DE CARNE

El área tropical de México abarca 51'278,600 hectáreas, que corresponde al 26.2 % del territorio nacional; de estas, 18, 952, 300 (37 %) se dedican a la producción pecuaria, donde pastorean aproximadamente 12 millones de bovinos (40 por ciento del inventario nacional), que producen el 28 y 39 % de la leche y carne que se consume en México. La mayor parte de estos productos provienen de las 3'900,000 vacas que se explotan bajo el sistema de “doble propósito” en esta área (Koppel *et al.*, 1999); a pesar de la importancia numérica y de los volúmenes de producción de los bovinos de doble propósito en el trópico mexicano, sus índices productivos son bajos, teniendo una producción de leche de 700 a 100 litros por vaca<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup>, con un intervalo entre partos de 17 meses (Quiceno y Mateus, 2007).

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). 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 (Castillo *et al.*, 1997; Molina *et al.*, 2004; Salas y Canela, 2002).

## 2.3 PUERPERIO

El puerperio, es la fase inmediata después del parto, es un proceso fisiológico de modificaciones que ocurren en el útero durante el cual este órgano se recupera de la gestación, retomando su forma y tamaño, preparándose para el retorno a la actividad

reproductiva. Las modificaciones que se suceden consisten en el restablecimiento de la forma del cérvix; disminución del volumen uterino; involución caruncular y reparación endometrial; ciclo de eliminación de loquios; flora bacteriana, y mecanismo de defensa y reinicio de la actividad ovárica (Méndez, 2010).

Durante el puerperio, en las vacas resulta normal que se presente un desequilibrio energético, el cual obliga a la hembra a realizar un ajuste metabólico, que involucra la movilización de sus reservas corporales (grasa) y cambios en las concentraciones plasmáticas de algunos metabolitos de lípidos involucrados en el proceso de lactogénesis (Ceballos *et al.*, 2002).

## **2.4 LACTANCIA**

Al inicio de la lactación se presentan alteraciones marcadas en la distribución de los nutrientes y en el metabolismo general de la hembra bovina. Con base en los cambios de la concentración sanguínea de hormonas tiroideas durante la lactación y su asociación con la producción de leche, se ha propuesto que dichas hormonas pueden tener un papel importante en el mantenimiento del gasto de energía en funciones de alta prioridad, como la lactación (Amezcuca *et al.*, 2003).

## **2.5 BALANCE ENERGÉTICO NEGATIVO POSPARTO EN GANADO BOVINO DE CARNE**

El balance energético negativo (Negative Energy Balance, NEBAL, por sus siglas en inglés) 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 difiere en cada animal y depende de la edad y del estado fisiológico; ya que varía la forma que 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 contenido de materia seca, la digestibilidad y el valor energético y proteico de la ración, así como la capacidad de consumo y niveles de alimentación ofrecidos a los animales (Galvis *et al.*, 2005).

Se ha reportado que dos semanas antes del parto, 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, propicia las condiciones para que inicie el NEBAL durante el parto y continúe en el posparto (Galvis *et al.*, 2005), el cual, de acuerdo con algunos autores, inicia pocos días antes del parto y generalmente alcanza su punto máximo alrededor de 2 semanas después (Butler, 2000). De acuerdo con Calsamiglia (2001), el ganado vacuno tiene la capacidad de compensar el déficit alimentario de energía a través de la movilización de grasa corporal, dicho mecanismo se activa al existir una disminución en los niveles de glucosa e insulina en sangre, lo que resulta en un aumento en los NEFAs (Non-Esterificate Fatty Acids, por sus siglas en inglés) en sangre que son utilizados por el hígado como fuente de energía (Marín, 2006).

En diversos estudios, los NEFAs en sangre son indicativos de un NEBAL, que se presenta durante las primeras tres semanas de lactación y están altamente correlacionados con el intervalo a primera ovulación posparto, que generalmente ocurre entre 30-45 días después (Spain, 1996; Butler, 2000). Siendo esta 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 resulta en la pérdida de peso y condición corporal, una disminución en la producción diaria de leche, así como la ausencia o el cese de la conducta sexual (Molina, 2003; 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 Blache (2003) y Marín (2006) mencionan que a mayores concentraciones séricas de COL y LAD, el efecto detrimental del NEBAL disminuye durante el posparto temprano y estos incrementos en los niveles, se puede lograr modificando la cantidad de energía en la dieta haciendo más eficiente la producción del ganado bovino.

## 2.6 PERFIL METABOLICO

El perfil metabólico es un conjunto de determinaciones de laboratorio que permiten la caracterización de un individuo o grupo de ellos y tiene por objeto aportar un diagnóstico para estudiar y comprender la naturaleza de los trastornos metabólicos (Aguilar, 2012).

Los perfiles metabólicos se desarrollaron hace aproximadamente 30 años en Compton, Inglaterra, diseñados y descritos por Payne *et al.* (1970). Donde a partir de un análisis de plasma sanguíneo permite evaluar algunos componentes como colesterol, glucosa, ácidos grasos, proteínas metabólicas (lipoproteínas, quilomicrones, leptina, insulina y glucagón) que de acuerdo a las condiciones de nutrición y status nutricional, permiten obtener información relacionada con la nutrición, el metabolismo y la salud de cada hembra, pudiéndose identificar algunas

situaciones de riesgo que pueden incidir en el desempeño del hato ganadero, como es la cetosis y otros síndromes metabólicos (Caldeira *et al.*, 2007; Aguilar, 2012).

## **2.7 INDICADORES METABÓLICOS EN LAS VACAS DURANTE EL POSPARTO**

### **2.7.1 ÁCIDOS GRASOS NO ESTERIFICADOS**

Las NEFAs, son ácidos grasos no esterificados resultan de la lisis de los triglicéridos en la grasa de los animales, éstos ácidos grasos libres son empleados para satisfacer los requerimientos energéticos de los animales, durante el NEBAL (Molina, 2003). Se ha documentado que durante las primeras semanas de lactación se incrementa la actividad lipolítica, dicha situación está relacionada con el gasto energético de la producción de leche (McNamara, 1991; Molina, 2003).

La movilización de las reservas corporales resulta en un aumento en las NEFAs en sangre; esta se duplica en plasma entre los días -17 y +2 del parto, y el contenido de triglicéridos en el hígado se triplica el día del parto, respecto a 28 días preparto (Calsamiglia, 2001; Molina, 2003).

### **2.7.2 TRIGLICÉRIDOS**

Los triglicéridos (TG) son ésteres de los ácidos grasos conjugados con glicerol. Son los principales componentes de los depósitos en el tejido adiposo y predominan en la

grasa de la leche. Los TG plasmáticos son los principales precursores de los ácidos grasos de cadena larga de la grasa de la leche y su concentración en sangre disminuye en la medida que se produce un déficit energético, pero aumenta al producirse la movilización de grasas. Una parte de los ácidos grasos libres son re-esterificados a triglicéridos, y en caso de que no resulten necesarios para gasto energético son enviados de nuevo a los tejidos extrahepáticos dentro de los asociados a lipoproteínas para ser almacenados en tejido adiposo. En situaciones de déficit energético, los TG que llegan al hígado se oxidan para la liberación de energía, aumentando sus concentraciones en el tejido hepático en función de la cantidad de lípidos movilizada (Grummer, 1993). La concentración de triglicéridos varía con la etapa de la lactancia, debido a su utilización por la glándula mamaria para la lactogénesis (González *et al.*, 2000; Álvarez, 2001).

### 2.7.3 INSULINA

La insulina es una hormona polipeptídica formada por 51 aminoácidos, producida y secretada por las células  $\beta$  de los islotes de Langerhans del páncreas (Pinos y Sánchez, 2001).

Diversos estudios han tratado de relacionar las concentraciones de insulina en sangre con el nivel nutricional y la actividad reproductiva. La insulina participa en el metabolismo de carbohidratos, grasas y proteínas. El efecto más importante de la insulina es fomentar el transporte de glucosa hacia casi todas las células del cuerpo, en especial las musculares, adiposas y hepáticas. La insulina, también regula el metabolismo de las proteínas al incrementar el transporte de los aminoácidos a través de las membranas celulares para la síntesis de proteínas. Además, la insulina puede promover el acoplamiento eléctrico entre neuronas simpáticas, modular la entrada de monoaminas en células neurales, incrementar la liberación y el retorno de

catecolaminas y estimular el transporte de iones a través de las membranas (Pinos y Sánchez, 2001).

## 2.7.4 GLUCOSA

La glucosa es un monosacárido con fórmula molecular  $C_6H_{12}O_6$ . Es una hexosa, es decir, contiene 6 átomos de carbono, y es una aldosa, esto es, el grupo carbonilo está en el extremo de la molécula (Andresen, 2001).

La glucosa es el primer representante del metabolismo energético. En el organismo animal todos los tejidos requieren de un mínimo de glucosa; sin embargo, en órganos como el cerebro, corazón y glándula mamaria se requieren concentraciones altas para el funcionamiento normal de dichos órganos. Los primeros antecedentes con relación a la evaluación del metabolismo energético en bovinos hacen referencia a la determinación de la concentración de glucosa en muestras de sangre. La glicemia es regulada por un mecanismo complejo de control endocrino, lo que permite que mantener niveles de glucosa constante, independientemente de factores asociados a la dieta. Sin embargo, se pueden encontrar animales hipoglicémicos, principalmente en el inicio de la lactancia porque los animales pueden no estar aptos para enfrentar el déficit energético que ocurre en este periodo. Los valores de referencia para la glucosa en el ganado van de 2.5 a 4.6 mmol/L (Andresen, 2001; Vargas, 2009).

La glucosa aumenta dramáticamente antes del parto y muestra una caída posterior al mismo. Este aumento se debe a un incremento en los glucocorticoides y el glucagón, que agotan las reservas hepáticas de glucógeno. Al recuperarse dichas reservas ocurre un aumento de glucosa hacia la segunda semana postparto, a pesar de que

aumenta la demanda de glucosa para la síntesis de lactosa por la ubre después del parto (Andresen, 2001).

### **2.7.5 B-HIDROXIBUTIRATO**

El  $\beta$ -hidroxibutirato ( $\beta$ HB) es un producto fisiológico del metabolismo de los glúcidos y lípidos. Sus precursores son las grasas y los ácidos grasos de la dieta, así como los depósitos de grasa del animal. Los ácidos grasos de cadena larga, liberados en la movilización de reservas de grasa, son convertidos en el hígado en acetoacetato y después en  $\beta$ HB, el cual puede ser una fuente de energía para la síntesis de la grasa en la leche. El valor de referencia de los cuerpos cetónicos en preparto es  $<0.5$  mmol/L y en la lactancia  $<1.0$  mol/L (González *et al.*, 2000; García, 2012).

### **2.7.6 LIPOPROTEÍNAS**

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 líquido folicular. De acuerdo con su tamaño y densidad, las lipoproteínas se han dividido en cuatro principales clases: quilomicrones, lipoproteínas de muy baja densidad (LMBD), lipoproteínas de baja densidad (LBD) y lipoproteínas de alta densidad (LAD) (Basoglu, 1998).

#### **2.7.6.1 QUILOMICRONES**

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 (Basoglu, 1998).

### **2.7.6.2 LIPOPROTEÍNAS DE MUY BAJA DENSIDAD**

Este tipo de lipoproteínas 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 (Galvis *et al.*, 1998).

### **2.7.6.3 LIPOPROTEÍNAS DE BAJA DENSIDAD**

Las Lipoproteínas de baja densidad (LBD o LDL; Low Density Lipoproteins, por sus siglas en inglés), en rumiantes, son el producto final de la degradación intravascular de las lipoproteínas de muy baja densidad, dichas moléculas están implicadas en la distribución del colesterol a los tejidos. Estas representan el 10% del total de las lipoproteínas en plasma. Las LBD están compuestas de colesterol, 48%; fosfolípidos, 27%; triglicérido, 15% y colesterol libre, 10% (Galvis *et al.*, 2007).

### **2.7.6.4 LIPOPROTEÍNAS DE ALTA DENSIDAD**

Las lipoproteínas de alta densidad (LAD o 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 importantes para el transporte del colesterol, las cuales regulan la biodisponibilidad del mismo en las células periféricas, así como en el tejido hepático, que posteriormente regula su contenido a través de la excreción biliar, y la síntesis de nuevas partículas de otros tipos de lipoproteínas (Basoglu, 1998).

### 2.7.7 COLESTEROL

El colesterol es el principal representante de los esteroides en el organismo animal, y es considerado esencial por las funciones que realiza, precursor de las hormonas esteroideas y de los ácidos biliares. Además, es un elemento estructural de las lipoproteínas. El rango de referencia de las concentraciones plasmáticas es de  $4.18 \pm 1.43$  mmol/L. Valores altos, por encima del nivel de referencia según la etapa del animal, indica un exceso de grasa en la dieta y por debajo de éste, posible alteración hepática (Álvarez, 2001).

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 (Galvis *et al.*, 2007).

### **2.7.7.1 RUTA DE LA BIOSÍNTESIS DEL COLESTEROL**

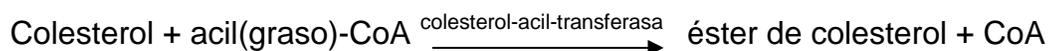
La mayoría de los eslabones de la biosíntesis de la biosíntesis enzimática del colesterol son ahora conocidos con detalle gracias a importantes investigaciones por varios autores desde los años 40's, que prepararon una operación de investigación más detallada acerca de los mecanismos enzimáticos por 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).

### **2.7.7.2 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  $\beta$ -hidroxi- $\beta$ -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).

### **2.7.7.3 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:

Fosfatidil-colina + colesterol  $\leftrightarrow$  lisofosfatidil-colina + éster de colesterol (Lehninger, 2003).

## 2.8 METABOLISMO DE LOS LIPIDOS EN LOS RUMIANTES

A nivel ruminal son cuatro los procesos que ocurren con los lípidos: hidrólisis, biohidrogenación, síntesis y saponificación de los ácidos grasos. Los procesos de hidrólisis, biohidrogenación y saponificación son procesos que se dan siempre, sin embargo, la síntesis depende de la cantidad de ácidos grasos consumidos (Relling y Mattioli, 2003).

Los microorganismos ruminales modifican sustancialmente los lípidos consumidos. El primer paso de la digestión de las grasas en el rumen consiste en procesos de hidrólisis por lipasas bacterianas (galactosidasas y fosfolipasas), ubicadas en la superficie de los microorganismos, por lo cual las bacterias, principalmente

*Anaerovibrio lipolytica*, necesitan adherirse a la superficie del alimento. Como principales productos de la hidrólisis se liberan ácidos grasos y glicerol, sumados a alcoholes aminados derivados de los fosfolípidos y galactosa de los galactolípidos. Estos últimos junto con el glicerol son metabolizados y convertidos en ácidos grasos volátiles, que se absorben por la pared ruminal. A continuación, los ácidos grasos insaturados sufren un proceso de hidrogenación microbiana, o biohidrogenación, especialmente por bacterias adheridas al alimento (Relling y Mattioli, 2003).

Esto se debería por un lado a que los ácidos grasos al ser moléculas bipolares disminuyen la digestibilidad de los alimentos, debido a que los extremos hidrofílicos se adhieren al alimento dejando expuesto los extremos hidrofóbicos, lo que dificulta el acceso de las enzimas digestivas bacterianas. Por otro lado los ácidos grasos insaturados alteran la tensión superficial y la permeabilidad de las membranas bacterianas, perjudicando especialmente a la flora celulolítica (Lehninger, 2003).

El porcentaje de hidrogenación esta en relación con la cantidad de ácidos grasos poliinsaturados que lleguen al rumen y del pH ruminal. A mayor cantidad de ácidos grasos insaturados, menor va a ser la proporción de biohidrogenación. Cuando más bajo es el pH ruminal, mayor es la inhibición del crecimiento de las bacterias encargadas de la biohidrogenación, sobretodo del grupo que realiza el último paso (de 18:1 a 18:0), quedando de esa forma mayor cantidad de metabolitos intermedios. La biohidrogenación resulta también útil al inactivar ciertos compuestos tóxicos como alcaloides, fenoles y estrógenos vegetales, y representa para el organismo un ahorro de vitamina E, encargada de proteger a los ácidos grasos insaturados de los procesos oxidativos (Relling y Mattioli, 2003).

En la biohidrogenación las enzimas isomerasas propias de la flora intestinal de los rumiantes transforman los ácidos grasos mono y poliinsaturados provenientes de la

dieta en sus isómeros *trans* (Relling y Mattioli, 2003).

Los microorganismos ruminales no almacenan lípidos como triglicéridos, pero deben sintetizar sus membranas plasmáticas para lo cual emplean ácidos grasos que toman del rumen o bien que sintetizan en su soma, creando así una variedad de ácidos grasos, algunos de ellos de cadenas impares y ramificadas, los cuales al reciclarse en el rumen por muerte bacteriana representan un factor de crecimiento importante para otros microorganismos, y una vez absorbidos pueden seguir alguna vía común a los demás ácidos grasos, incluso contribuyen a determinar las características organolépticas de la leche, como su olor y sabor. La cantidad de ácidos grasos sintetizados por las bacterias dependen de la cantidad que ingrese por la dieta, disminuyendo a medida aumenta su cantidad (Lehninger, 2003)

Actualmente, con el objetivo de aumentar la incorporación de ácidos grasos (mediante la disminución del efecto biohidrogenizador del rumen), se han estudiado varias alternativas. Entre ellas, incluir los ácidos grasos insaturados o poliinsaturados (semillas de lino, colza, aceites de pescado) encapsulados en proteínas protegidas como formaldehído o por jabones cálcicos de ácidos grasos (Arana *et al.*, 2005).

El último de los cuatro procesos que tiene lugar en el rumen es la saponificación de los ácidos grasos, con pH ruminales poco ácidos (6.5) los ácidos grasos saturados tienden a formar jabones con el Calcio y el Magnesio. Estos jabones no son absorbidos en el rumen por los que pasan como tales al abomaso. Este hecho se utiliza también comercialmente para proteger grasas. Se pueden realizar tratamientos industriales para aumentar la resistencia de los lípidos a la hidrólisis ruminal (Arana *et al.*, 2005).

## 2.9 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 isolecitina, 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 (Lehninger, 2003).

## **2.10 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 triglicéridos
- 6) La formación del quilomicrón (Lehninger, 2003).

## HIPÓTESIS

La caracterización de los niveles séricos de COL y LAD durante el posparto pueden aportar información sobre el estatus nutricional y metabólico en vacas F1 (*Bos Taurus X Bos indicus*).

## OBJETIVO

Caracterizar el perfil sérico de colesterol y lipoproteínas de alta densidad en vacas F1 en las primeras ocho semanas después del parto.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

**Localización del área de estudio:** El presente estudio se llevó a cabo en el período comprendido entre el mes de junio 2009 al mes de enero de 2010, en el sector de bovinos de carne de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, localizada en el municipio de Tarímbaro, Michoacán, México. 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 mm<sup>3</sup> (INEGI, 2004).

**Animales y alojamiento:** Se utilizaron 12 vacas F1 Cruza de *Bos indicus* x *Bos taurus*, provenientes de las razas Brahman y Pardo Suizo Europeo. Los animales tuvieron un peso vivo entre los 400-450 kg, con una condición corporal de 2–2.5 puntos (escala del 1 al 5, donde 1 (emaciada) y 5 (obesa) (Ayala *et al.*, 1990). El número promedio de partos por vaca fue de 3, con un rango de 2-4 partos. Las vacas parieron entre junio y noviembre de 2009, durante el periodo de estudio éstas se mantuvieron en amamantamiento continuo sin realizarse la ordeña. Todos los animales permanecieron estabulados en corrales bajo techo con alimentación en pesebre.

**Manejo Nutricional:** La dieta base consistió en rastrojo de maíz molido, heno de avena y alimento concentrado a base de sorgo, maíz, soya, sales minerales y vitaminas. El cual consistió en 9,500 kg. de materia seca, 14.52 Mcal. de energía metabolizable y 1.45 kg proteína cruda (Church *et al.*, 2003) considerándose el peso vivo, una producción diaria promedio de 5.0 kg leche, sin considerarse la ganancia de peso. Los animales se desparasitaron antes del parto, teniendo acceso a sombreadores y sales minerales durante el periodo de estudio.

**Colecta de muestras sanguíneas:** Para las mediciones de COL y LAD, se colectaron muestras de sangre (5-7 ml) obtenidas una vez por semana (07:00 h) bajo condición de ayuno, en tubos vacutainer (Bekton & Dickinson) con anticoagulante (EDTA al 10%) por punción de la vena coccígea, iniciando el día siete posparto y hasta el día 56 posparto. Las muestras fueron centrifugadas por 15 min a 3000 rpm, a 4 °C. El plasma sanguíneo se separó por pipeteo y se almacenó en viales a -20 °C hasta el momento en que se procesaron las muestras para la determinación de los metabolitos considerados en el estudio.

**Determinación de metabolitos de lípidos:** El análisis de las muestras para la determinación de COL y LAD se llevaron a cabo en el laboratorio del Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, mediante la utilización de un kit colorimétrico comercial de reacción enzimática para COL y LAD (Anexos 2 y 3, respectivamente). Los cambios

de color se midieron en un espectrofotómetro UV VIS (Kontrolab Easy Kem Vet, Versión 1.0 e Lite), basándose en los valores de absorbancia, en un primer momento la lectura fue para COL total y 15 minutos después de reposar las muestras en baño maría se tomó la lectura para LAD.

**Análisis estadístico:** Las variables que se analizaron fueron concentración sérica de colesterol (COL) y lipoproteínas de alta densidad (LAD). El resultado obtenido de las variables en cada semana de muestreo fue analizado mediante un análisis de varianza (ANOVA) con una comparación múltiple de muestras. También se llevó a cabo un análisis de regresión entre las dos variables, en todos los casos se utilizó el paquete estadístico Statgraphics centurión XV (2007).

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La concentración media de COL encontrada en el presente estudio fue de  $141.05 \pm 38.4$  mg/dL, encontrándose un incremento de manera lineal a medida que avanzó el periodo posparto, con un descenso durante la semana cinco posparto (Figura 1); sin embargo, no se encontró diferencia significativa entre los diferentes muestreos para ( $P=0.0952$ ) fenómeno probablemente causado por la movilización de reservas corporales, en dicha etapa también pudo influir el pico de lactancia, aunque las vacas del presente estudio no son de alta producción láctea, en general la hembra bovina alcanza una fase máxima de producción en dicha etapa. Los niveles de colesterol coinciden con los reportados por Marín (2006), en vacas lecheras durante el posparto temprano, igualmente datos reportados por Aranda *et al.* (2003) en vacas cebuinas mantenidas en condiciones extensivas y sin recibir grasa adicional en la dieta coinciden con los resultados del presente trabajo.

Henry y Vinazco (2010) señalan que la concentración plasmática de COL por efecto de la lactancia se incrementa en las primeras semanas posparto, lo que coincide con los resultados obtenidos en este trabajo, esto explica que a medida que avanza el posparto, requiere de más cantidad de COL y HDL, que en ese momento recibe y la vaca se ve obligada a mover sus reservas corporales y de esa manera poder cubrir sus requerimientos energéticos. Otros estudios (Aranda *et al.*, 2003) afirman que las concentraciones de colesterol son bajas en el periparto y aumentan a través del posparto, lo cual es consecuencia de una disminución en los requerimientos de nutrientes y de una normalización del metabolismo energético de las vacas. Estos resultados confirman lo señalado por Galvis *et al.* (2003), quienes indicaron que la concentración de colesterol, en la vaca, bien sea de baja o alta producción, alcanza su equilibrio metabólico después del parto, lo que se ve reflejado en el nivel de colesterol plasmático. Según estas aseveraciones es lógico pensar que en vacas *B.*

*indicus* el nivel de colesterol plasmático es un buen indicador del estado nutricional y metabólico.

Por su parte los niveles de LAD, tuvieron una concentración media de  $79.26 \pm 25.6$  mg/dL, observándose un aumento gradual en sus niveles, conforme avanzaba el posparto; sin embargo, hacia la semana cinco, las concentraciones disminuyeron, volviéndose a elevar en la siguiente semana, conservando dicha tendencia hasta el final del periodo de estudio (Figura 1). Tampoco se encontró diferencia significativa entre los muestreos ( $P=.5486$ ). Estos datos difieren de lo reportado por Ceballos *et al.* (2002), quienes encontraron que a partir de la sexta semana posparto la vaca alcanza su equilibrio metabólico y posee las condiciones para poder revertir los efectos del balance energético negativo.

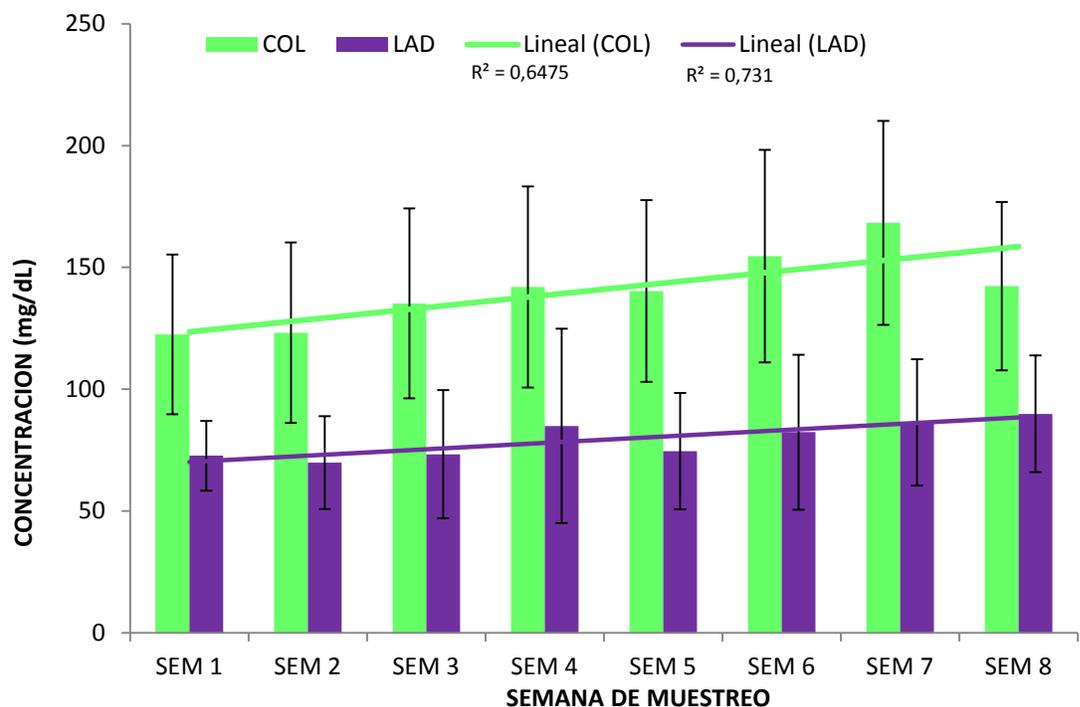


Figura 1. Cambios semanales en la concentración de colesterol (COL) y lipoproteínas de alta densidad (LAD) durante el posparto en vacas F1.  $R^2$  = valor de correlación

El incremento en la concentración de LAD a través del periodo posparto encontrado en el presente trabajo, coincide con Henry y Vinazco (2010); quienes encontraron que después del parto la concentración de dichas lipoproteínas aumenta hasta alcanzar valores elevados en las primeras cuatro semanas posparto, mientras que Henao *et al.* (2010) y Henry y Vinazco (2010), durante la lactancia temprana el metabolismo acelerado de las lipoproteínas de muy baja densidad (LMBD) origina la subsiguiente cobertura de lípidos remanentes en la superficie capilar, que posteriormente formará las LAD, las cuales probablemente tengan una baja tasa de recambio, lo que pudiera ser responsable de las elevadas concentraciones de HDL durante este período. Al respecto, Henao *et al.* (2010), proponen tres posibles explicaciones para los niveles altos de LAD en el plasma de vacas en lactación: el primero es la adaptación a la lactancia incrementando el reservorio de apoproteína tipo C, otro es la utilización incrementada de LMBD por la glándula mamaria y por último la síntesis y secreción de LAD naciente, incrementada por el hígado en respuesta a la lactación.

Por otra parte se encontró una correlación estadísticamente significativa entre COL y LAD ( $P=0.0058$ ) con un valor de  $r^2= 0.74$ . La tendencia que guardan las concentraciones de LAD, respecto a las de COL, resultan normales, dado que las LAD se encargan de regular los niveles de COL; su disponibilidad y su utilización a nivel periférico, dichas proporciones se guardan y muestran un comportamiento similar debido a que las LAD se sintetizan en el hígado en respuesta a las concentraciones de COL (Carroll *et al.* 1992; Hawkins *et al.*, 1995). Situación que ha sido estudiada en ganado bovino por Ceballos *et al.* (2002) y Ramirez *et al.* (2006) quienes refieren que el incremento simultáneo en las concentraciones séricas de COL y LAD, se explica por el aumento de los niveles de COL durante la lactancia y este hecho hace que también se eleven los niveles de apolipoproteínas. Estas apolipoproteínas forman parte tanto de las LAD como de las LBD, las cuales indican cerca de un 50% del incremento en lípidos séricos dados en la lactancia.

## V. CONCLUSIONES

Se encontró que las concentraciones séricas de COL, fueron proporcionalmente mayores a las de LAD, experimentando la misma tendencia de durante el periodo de estudio, registrándose una disminución hacia la semana 5 posparto.

Vacas con altos niveles séricos de COL y LAD, es más favorable para el animal, ya que disminuirá la cantidad de lípidos movilizados y del mismo modo habrá menos alteraciones metabólicas, aumento de peso. Caso contrario con vacas que presentan niveles bajos de COL y LAD se verán obligadas a movilizar mayor cantidad de lípidos corporales, con ello aumentando las alteraciones metabólicas y pérdida de peso y no manifestaran el pico máximo de producción, y consecuentemente producirán menos leche en la lactancia, así como también, tardara más la reactivación ovárica.

Durante el posparto es necesario mantener un adecuado balance de nutrientes que disminuya al mínimo las fluctuaciones en el ambiente ruminal, maximice el consumo y digestión de los alimentos y permita un flujo constante de nutrientes. Con esto disminuirá que se produzcan alteraciones metabólicas o excesiva deposición de grasa, y poder así mejorar la producción y la eficiencia reproductiva de las vacas.

Aun cuando en la presente investigación no se tuvieron diferencias relevantes, se sugiere en investigaciones posteriores tomar en cuenta la condición corporal, cambios de peso, el reinicio de la actividad ovárica, pico de lactancia y factores climáticos, ya que pueden estar involucrados en los resultados y afecten el perfil lipídico en vacas F1 durante el posparto temprano.

## VI. LITERATURA CITADA

- Aguilar, C. A. S.** 2012. Perfil metabólico energético en ganado lechero. Tesis de licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad de Cuenca, Ecuador.
- Álvarez, J. L.** 2001. Bioquímica nutricional y metabólica del bovino en el trópico. Universidad de Antioquia, 2ª edición, Medellín, Colombia. Pp. 255-291.
- Andresen, S. H.** 2001. Vacas secas y en transición. *Revista de Investigaciones Veterinarias de Perú* 12(2):36-48.
- Amezcuca, A. M. E.; Zarate, M. J.; Arellano, M. H. Hernández, H. V. D., Fajardo, G. J.** 2003. Efecto de la estación y la inclusión de grasas saponificadas sobre el anestro posparto y la función tiroidea de vacas cebu. *Técnica Pecuaria en México* 41 (3):239-250.
- Arana, A.; Soret, B.; Mendizabal, J. A., Purroy, A.** 2005. Medida del tamaño y numero de adipocitos y de la actividad enzimática lipogénica. Monografías INIA. Serie Ganadera 3: 381-393.
- Aranda, M.V., Brave, N., Casagrande, R.** 2003. Colesterol en bovinos. En: Sitio argentino de producción animal, [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_bovina\\_de\\_carne.htm](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_bovina_de_carne.htm); [CONSULTA: 05 AGOSTO-2013].
- 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. México. Pp. 4-27.
- 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. México. Pp. 20-28.

- 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.
- Basoglu, A. M.** 1998. Perianal postparturient concentrations of lipid lipoprotein, insulin and glucose in normal dairy cows. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Science* 22:141-144.
- Bauchart, D.** 1993. Lipid absorption and transport in ruminants. *Journal of Dairy Science* 76:3864-3868.
- 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.
- Bouda, J.,** Paasch, M.L., Yabuta, A.O. 1997. Desarrollo y empleo de diagnóstico preventivo de los trastornos ruminales y metabólicos en bovinos. *Vet. Méx.* 28(3):189 - 195.
- Butler, W. R.** 2000. Nutricional interactions with reproductive performance in dairy cattle. *Animal Reproduction Science* 60 (61):449-457.
- Caldeira, R. M.;** Belo A. T.; Santos C. C.; Vázquez M. I., Portugal A. V. 2007. The effect of long-term restriction and over-nutrition on body condition score, blood metabolites and hormonal profiles in ewes. *Small Ruminant Research* 68:242-255.
- Calsamiglia, S.** 2001. Nuevos avances en el manejo y alimentación de la vaca durante el parto. XVI Curso de Especialización FEDNA, Universidad Autónoma de Barcelona. Pp. 8-17.
- 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.
- 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.
- Crurch**, D. C.; Pond W. G., Pond K.R. 2003. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales en formulación de raciones, editorial Limusa, segunda edición, México, DF. Pp. 385-405.
- Dann**, H. M.; Varga G. A., Putnam D. E. 1999. Improving energy supply to late gestation an early postpartum dairy cows. *Journal of Dairy Science* 82:1765-1778.
- Delgado**, R. L. R. A. 2000. Efecto de la condición corporal al parto y sus cambios en la lactación sobre el comportamiento reproductivo posparto de vacas cebú en la región oriente del estado de Yucatán, México. Tesis de maestría en ciencias agropecuarias, Universidad de Colima, Colima México.
- El-Shahat**, K and Abo-El Maaty A. (2010). The effect of dietary supplementation with calcium salts of long chain fatty acids and/or l carnitine on ovarian activity of Rahmani ewes. *Animal Reproduction Science* 117(1-2):78–82.
- Fernández**, I. G. 2009. El periodo de transición en la vaca lechera, revisión bibliográfica, Universidad Nacional de Cajamarca, Perú. Pp. 5-32.
- FIRA**. 1994b. Elementos de Análisis de las Cadenas Productivas. Documento Técnico. México.
- Gallardo**, M.; Maciel M.; Cautrin A., Burdisso L. 2004. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. Santa Fe, Argentina.
- Galvis**, R. D.; Agudelo D., Saffon A. 2007. Condición corporal, perfil de lipoproteínas y actividad ovárica en vacas Holstein en lactancia temprana. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 20(1):16-29.
- Galvis**, R.D.; Correa H.J.; Ramirez N.F., Soler W. 2003. Influencia de las alteraciones hepáticas sobre la actividad PEPCK, IGF-I plasmático y la reactivación ovárica en la lactancia temprana. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 16(4):228-236.
- 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*, 18:3-14.
- García, A. K.** 2012. Respuesta a la suplementación con grasa sobrepasante en vacas mestizas en posparto en condiciones de trópico, tesis de licenciatura, universidad nacional de Colombia. Palmira, Colombia.
- Grummer, R.** 1993. Etiology of lipid-related metabolic disorders in periparturient dairy cows. *Journal of Dairy Science* 76 (12):38-82.
- Henao, R. G.; Galvis G. R. D.; Cardona B. L. M., Castro H. N. M.** 2010. Relación entre pérdida de peso, perfil lipídico y concentraciones plasmáticas de leptina en vacas cebú primerizas. *Revista de la Facultad de Agricultura*. Medellín, Colombia 63(2): 5595-5605.
- Henry, O. J., Vinazco J.** 2010. El metabolismo lipídico bovino y su relación con la dieta, condición corporal, estado productivo y patologías asociadas. *Biosalud* 9(2):56.66.
- Hess, B. W.** 2003. Supplementing fat to the cow herd. Proceedings. The Range Beef Symposium XVIII. December 9 to 11. Mitchell, Nebraska.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI).** 2007 Resultados definitivos VII Censo Agrícola-Ganadero. Tomo II. México DF. Pp. 625-638.
- Koppel, R. E. T.; Ortiz O. G. A.; Ávila D. A.; Lagunas L. J.; Castañeda M. O. G.; López G. I.; Aguilar B. U.; Román P. H.; Villagómez C. J. A.; Aguilera S. R.; Quiróz V. J., Calderón, R. R. C.** 1999. Manejo de Ganado Bovino de Doble Propósito en el Trópico. Libro Técnico Núm. 5. Div. Pecuaria. INIFAP. Pp.158.
- 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 tracts of F1 beef heifers. *Journal of Animal Science* 78:2244-2252.
- 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. Pp. 671-703.

- Marín, M. A. L.** 2006. Reinicio de la actividad ovárica posparto, concentración de progesterona y metabolitos de lípidos en vacas lecheras suplementadas con aceite vegetal. Tesis de maestría en ciencias agropecuarias. Universidad Michoacana de san Nicolás de Hidalgo. Morelia Michoacán, México.
- Martínez, M. A. L.;** Pérez H. M.; Pérez A. C.; Gómez C. G. y Carrión P. D. REDVET 2010. Metabolismo de los lípidos en los rumiantes. *Revista Electrónica Veterinaria* 08(1):21-25.
- McNamara, J. P.** 1991. Regulation of adipose tissue metabolism in support of lactation. *Journal of Dairy Science* 74 (2):706-712.
- Méndez, C. L.** 2010. Fisiología del puerperio de la vaca. Tesis de licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México.
- 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. Agosto 12 al 14 Morelia, Michoacán, México.
- Montiel, F.,** Ahuja C. 2005. Body condition and suckling as factors influencing the duration of postpartum anestrus in cattle. *Journal of Animal Science* 85(1-2):1-26.
- Payne, J. M.** Dew, S. M., Manston, R., Faulks, M. 1970. The use of a metabolic profile test in dairy herds. *Vet. Rec.* 87:150-158.
- Pinos, R. J. M. y** Sánchez, T. M. T. 2001. Efecto del consumo de energía en los procesos reproductores de la hembra bovina. *Revista Científica Facultad de Ciencias Veterinarias-Luz* 11(3):256-263.
- Quiceno, A. J.,** Mateus, E. H. 2007. Evolución de un hato de vacas de doble propósito sometidas a confinamiento. Informe técnico final. Estación experimental "El Nus". San Roque, Antioquia, Colombia. Pp. 15-34.
- Ramírez, F.;** Pérez R.; Maldonado, M. A.; Paiva, R., Macilla, L. E. 2006. Relación entre pastoreo metabolismo y reproducción en hembras bovinas en portuguesa en memorias del X seminario manejo y utilización de pastos y

- forrajes en sistemas de producción animal. Abril 20 al 22. Maracaibo, Venezuela.
- Relling, A.E., Mattioli G.A., 2003.** Fisiología digestiva y metabólica de los rumiantes. Universidad nacional de la plata. 2ª edición, editorial EDULP. Buenos Aires, Argentina. Pp. 40-44.
- Romero, E. M.; Gutiérrez, E.; Bernal H.; Morales, H.; Colín, J.; Olivares, E.; Gutiérrez, O.; Torres, V., Denis, H. 2007.** Estacionalidad en la concentración de metabolitos sanguíneos de vacas Charolais y Beefmaster en pastoreo de zacate buffel en el noroeste de México. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 41(3):237-242.
- Sagaon, V. C. E. 2003.** Perfiles metabólicos de vacas Bos Taurus/Bos indicus en celo inducido y natural con complementación alimenticia durante épocas de secas. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. Veracruz, México.
- Salas, R. G., Canela T. J. A. 2002.** Parámetros reproductivos de la ganadería bovina en tierra caliente, Michoacán. En Memorias del XIII Encuentro en Investigación Veterinaria y Producción Animal (Memorias). UMSNH. Morelia, Mich. México. Pp.50-53.
- Salas, R. G., Gutiérrez, E., Ortega R., Hernández J. 2003.** *Cuban Journal Agricultural Science* 37(2):137-141.
- Santos, J. 2009.** Nutrition and reproduction in Dairy Cattle. Dairy Cattle Reproduction Conference, *Department of Animal Sciences*. University of Florida, Gainesville.
- SERVICIO DE INFORMACIÓN AGROALIMENTARIA Y PESQUERA MÉXICO (SIAP) 2012.** EN LINEA. <http://www.siap.gob.mx/>. [CONSULTA 11 JULIO-2013].
- 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*, 8:35-51.
- Statgraphics Centurion XV (2007). Versión 15.02.05**
- Tinoco, M. J. C. 2010.** Actividad ovárica y porcentaje de gestación en vacas de doble propósito en praderas de pasto *Cynodon nlemfuensis* y *Leucaena leucocephala*, con y sin suplementación energética en el trópico. Tesis de

maestría en producción animal. Universidad autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México.

**Titgemeyer, E., Loest, C.** 2001. Amino acid nutrition: Demand and supply in forage-fed ruminants. *Journal of Animal Science E (Suppl)* (79):180-189.

**Vargas, S. J. P.** 2009. Evaluación del perfil metabólico y condición corporal y su relación con el estado reproductivo de vacas en el trópico seco Michoacano. Tesis de licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México.

## VII. ANEXOS

### ANEXO 1

#### COLESTEROL Método CHOD-PAD

Cat. No.

<b>CH198</b>	R1. Reactivo	1 x 100 ml
<b>CH199</b>	R1. Reactivo	2 x 100 ml
<b>CH200</b>	R1. Reactivo	6 x 30 ml
<b>CH201</b>	R1. Reactivo	6 x 100 ml

Cada juego de reactivos incluye **CAL. Patrón**

#### PRINCIPIO <sup>(1,2,3)</sup>

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

Ester de colesterol +  $\text{H}_2\text{O}$   $\xrightarrow{\text{esterasa}}$  Colesterol + Ácidos Grasos

colesterol

Ester de colesterol +  $\text{O}_2$   $\xrightarrow{\text{esterasa}}$  Colesten-3-ona +  $\text{H}_2\text{O}_2$

peroxidasa

$2\text{H}_2\text{O}_2 + \text{fenol} + 4\text{-aminoantipirina}$   $\xrightarrow{\text{peroxidasa}}$  quinoneimina +  $\text{H}_2\text{O}$

#### MUESTRA

Suero, Plasma heparinizado o EDTA plasma.

#### COMPOSICIÓN DEL REACTIVO

---

Componentes	Concentración inicial de la solución
<b>R1. Reactivo</b>	
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
<b>Cal. Patrón</b>	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 ( $A_{\text{muestra}}$ ) frente al blanco antes de 60 min.

## CALCULOS

### 1. Utilizando un patrón:

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

$A_{\text{patrón}}$

### 2. Utilizando Factor:

Longitud de onda	mmol/l	mg/dl
Hg 546 nm	21.7 x $\Delta A$	840 x $\Delta A$
500 nm	14.3 x $\Delta A$	553 x $\Delta A$

## 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 textured, metallic appearance.

## ANEXO 2

### COLESTEROL HDL con Patrón

Método de Precipitación con Ácido Fosfotúngstico

Cat. No.

<b>CH203</b>	R1. Reactivo Precipitante	4 x 80 ml
<b>CH204A</b>	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

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

A del patrón

## PROCEDIMIENTOS

**Macro**

**Semi-Micro**

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

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

A del patrón

A del patrón

\* Se considera la dilución en el paso de precipitación.

## PROCEDIMIENTOS CON FACTOR

**HDL = Abs de muestra – Abs de blanco x 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.

