



---

---

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS  
FISICOQUÍMICAS DE LA LECHE CRUDA DE BOVINO  
DEL TRÓPICO Y DEL ALTIPLANO MEXICANO**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**MÉDICO VETERINARIA ZOOTECNISTA**

P R E S E N T A

**ISRAEL DANIEL RICARDO GONZÁLEZ**

**ASESOR PRINCIPAL:** MVZ, MS C René Rosiles Martínez

**COASESORES:** MVZ MPA Héctor Basurto Camberos

MVZ MPA Miguel Ángel Blanco Ochoa



MÉXICO, D.F

2010



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## DEDICATORIAS

Este trabajo lo quiero dedicar a mi familia, a mi abuelita Natalia, a mi mamá Gloria, a mi tía Catalina, a mi abuelo Mario y a mis hermanas Blanca e Ivonne, sin su apoyo en los buenos y malos momentos no habría logrado llegar hasta aquí y sobre todo terminar este segundo trámite que a mi parecer es innecesario.

A mis sobrinos Diego, Esteban, Michelle y Paul que han dado un toque agrí dulce a mi vida desde su llegada.

A Marta, Leonor, Connie, Margarita y a mis buenas amigas Gabie y Sara, excelentes personas que durante mi estancia en el Museo de Historia Natural como prestador de servicio social me apoyaron en todo momento, me hicieron pasar momentos inolvidables y no permitieron que me diera por vencido.

A mis amigos de toda la carrera Jorge, Chely, Alicia, Janita, y Rafael, amigos al fin acabé.

A todas aquellas personas que han formado parte importante de mi vida y que lo seguirán siendo por un largo tiempo.

## AGRADECIMIENTOS

A toda mi familia por apoyarme y ayudarme a llevar a buen fin algo que parecía que no lo tenía.

Al MVZ Miguel Ángel Blanco Ochoa, gracias por darme la oportunidad de aprender un poco más acerca de los bovinos, por darme la libertad de hacer lo que me gustaba y por todos los consejos que me diste cuando los necesité, gracias jefe. Espero poder trabajar contigo de nuevo en el futuro.

Al MVZ Jesús Manuel Cortez Sánchez por la gran ayuda y consejos para lograr terminar este trabajo.

Al señor Jaime y a la señora Aurelia laboratoristas del laboratorio de Toxicología, por su apoyo y ayuda para el procesamiento de las muestras de leche.

A mis asesores por haber confiado en mí para realizar este trabajo.

Al MVZ Janitzio Adrian Bautista Ordoñez por su valiosa ayuda en la lectura de minerales.

A Sharon, amiga no sabes cómo agradezco al destino por haberte conocido, mil gracias por todos esos consejos, abrazos y regaños.

A mis amigas Gabie y Sara, gracias por todo su apoyo, consejos, amistad y sobre todo por soportarme todo este tiempo.

A mi siamesa Janita, gracias por tantos años de amistad, me alegro que las cosas se hayan arreglado entre nosotros siamesa.

A mis grandes confidentes Jorge, Alicia, Chely, Alfredo, Rodrigo, Cesar, Indolfo y Jesús, gracias por escucharme y orientarme cuando he estado a punto de errar el camino.

A mis amigos Carlos, Karola, Samantha, Ernesto, Miguel, Oscar, Erick y Rafael gracias por su amistad y apoyo.

A Lulú, Mónica y Andrea, personas que desde que entramos Jana y yo al Departamento de Producción Animal: Rumiantes, nos recibieron con una sonrisa y nos brindaron su amistad.

A Nancy, persona con la que en poco tiempo he logrado congeniar mucho, gracias por todos esos abrazos que me das cuando los necesito.

Un agradecimiento especial a Jesús, gracias por ser un gran amigo y por todas esas palabras de ánimo.



Si abres esa caja encontraras una vieja pintura... veras que tus mejores amigos siempre estuvieron plasmados ahí, sus sonrisas no han cambiado.

## CONTENIDO

	Página
RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
MATERIAL Y MÉTODOS.....	13
RESULTADOS.....	20
DISCUSIÓN.....	28
REFERENCIAS.....	35
ANEXOS.....	39

## RESUMEN

**RICARDO GONZÁLEZ ISRAEL DANIEL. Evaluación de la calidad fisicoquímica de la leche cruda de bovino del trópico y del altiplano mexicano. (Bajo la dirección de MVZ, Ms C René Rosiles Martínez, MVZ MPA Héctor Basurto Camberos y MVZ MPA Miguel Ángel Blanco Ochoa)**

En México existen aproximadamente 2.2 millones de bovinos destinados a la producción de leche, la cual se realiza bajo condiciones heterogéneas, desde el punto de vista productivo; lo que se ve reflejado en la calidad del producto final. La calidad de la leche cruda, como materia prima de diversos productos lácteos, es un tema que ha cobrado importancia en los últimos 10 años, esta se encuentra determinada por la calidad fisicoquímica y la calidad sanitaria. El objetivo del presente trabajo fue comparar parámetros fisicoquímicos en muestras de leche cruda de vacas en primera lactancia, segunda lactancia y de tres o más lactancias, obtenidas de vacas localizadas en el altiplano mexicano (Zumpango, Edo. Méx.) bajo un sistema de producción especializado y vacas ubicadas en el trópico húmedo (Martínez de la Torre, Veracruz). Se obtuvieron 120 muestras de leche, 40 de primera lactancia (20 en el trópico y 20 en el altiplano), 40 de segunda lactancia (20 en el trópico y 20 en el altiplano) y 40 de tercera o más lactancias (20 en el trópico y 20 en el altiplano), en las cuales se evaluaron los porcentajes de grasa, proteína y lactosa, así como el pH por medio del "Milk Analyzer". También se determinó la concentración de minerales por medio de espectrometría de absorción y emisión atómicas para Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Sodio (Na), Potasio (K), Hierro (Fe), Zinc (Zn), Cobre (Cu), Manganeseo (Mn) y Selenio (Se). El Fósforo (P) se determinó mediante espectrocolorimetría. Se aplicó una prueba de T con corrección de Bonferroni para múltiples medias con el fin de determinar si la significancia en la variación en cada parámetro de los diferentes grupos. Los parámetros evaluados se encuentran dentro de los resultados reportados en la NMX-F-700-COFOCALEC-2004 para el caso de grasa (3.0 a 3.2%), proteína (2.8 a 3.1%) y lactosa (4.3-5.0%). Las concentraciones de Hierro en las muestra de leche cruda provenientes del trópico mexicano superaron el máximo valor reportado (1.5 mg/l). En las muestras provenientes de vacas de primer parto se encontraron diferencias significativas ( $P<0.05$ ) en las concentraciones de Ca, Fe, y Zn a favor de las muestras obtenidas en el trópico. En las muestras de leche cruda de vacas de segunda lactancia se encontraron diferencias significativas en las concentraciones P, Mg, Fe y Zn a favor de las muestras del trópico. En las muestras de leche cruda de vacas de tres o más lactancias, se encontró una concentración significativamente mayor ( $P<0.05$ ) de Ca, Mg, Fe, Zn y Cu en las muestras del trópico. Estos resultados pueden servir como base para justificar la suplementación de minerales en las dietas de los bovinos productores de leche tanto en el altiplano como en el trópico.

## INTRODUCCION

En México existen alrededor de 30. 9 Millones de bovinos, de los cuales, 2.2 millones son de habilidad lechera, con una producción anual total de 10 625 000 litros de leche, que representan el 58.4% del consumo nacional y 3.2% de la producción mundial, en el año 2008.<sup>1 y 2</sup>

La producción de leche en nuestro país, se realiza bajo condiciones heterogéneas, tanto a nivel tecnológico como socioeconómico. Este divide en diferentes regiones ecológicas al territorio nacional; así podemos hablar de la región árida y semiárida, templada, tropical húmeda y tropical seca, lo que origina que las explotaciones adquieran características propias de la región y determinen su sistema de producción (Sistema especializado, doble propósito y familiar o traspatio).<sup>3 y 4</sup>

En el altiplano mexicano predomina la región templada, en cambio en el norte del país, es la árida y semiárida, ambos producen leche bajo el sistemas especializados y contribuyen con el 50.6% de la producción total de leche en México<sup>3</sup>. La alimentación se basa en alfalfa henificada o praderas de alfalfa, ensilado de maíz y suplementación con concentrados, tienen lactancias superiores a los 6 000 litros, con ordeño mecánico y la producción está comprometida con grandes empresas pasteurizadoras.<sup>3 y 4</sup>

En la región tropical húmeda y seca, localizadas en costas del Golfo y Pacífico mexicano, predomina los sistemas de producción de doble propósito, que contribuyen con un 18% a nivel nacional.<sup>5</sup> Se caracterizan por la cría de hembras F1 resultantes de la cruce *Bos taurus* x *Bos indicus*, factor que hace que el animal resista las condiciones de alta humedad y elevada temperatura, sin mermar la

producción láctea. Bajo estas condiciones la alimentación del ganado se basa en pastoreo ya sea en praderas nativas o mejoradas con el mínimo de suplementación de concentrado, las lactancias son cortas y con un promedio de producción de 1200 litros por lactancia, presentan una notable estacionalidad productiva, observándose grandes picos de lactancia en el periodo de lluvias. La obtención de la leche puede ser por ordeño manual o mecánico y la leche se destina como venta a productores de quesos y secundariamente a la venta de leche bronca por medio de boteros o empresas industrializadoras.<sup>3 y 4</sup>

Sin embargo, en los últimos años se ha desarrollado una ganadería de doble propósito que ha mostrado mayor afinidad por la especialización en producción de leche, permitiendo a los productores obtener leche durante todo el año.<sup>4</sup>

Las características físico-químicas y sensoriales en la leche, así como la cantidad y calidad sanitaria, varían de acuerdo a factores fisiológicos (edad, número y etapa de lactancia), estado de salud, alimentación, clima, genética y prácticas zootécnicas, así como al procedimiento y frecuencia de ordeño, elementos dados principalmente por el sistema de producción.<sup>5, 6, 7 y 8</sup>

La leche de vaca es un alimento de importancia en la dieta del hombre durante todas las etapas de su vida.<sup>3, 7, 8, 9 y 10</sup>

Su calidad, se define como el conjunto de propiedades y características que le confieren aptitudes para satisfacer las necesidades preestablecidas y esta se determina desde el punto de vista inocuidad, nutricional (o fisicoquímico) y sensorial.<sup>5</sup>

En base a lo anterior, hoy día la calidad de la leche en México se regula por la Norma Oficial Mexicana NOM-184-SSA1-2002 misma que define leche a la como:

“Producto destinado para consumo humano, proveniente de la secreción natural de las glándulas mamarias de especies domésticas”, en cambio, el pliego de condiciones para el uso de la marca oficial México Calidad Suprema en Leche y en la Norma Oficial Mexicana NOM-155-SCFI-2003; la leche para consumo humano se define como: “La leche que debe ser sometida a tratamientos térmicos u otros procesos que garanticen la inocuidad del producto; además de ser sometida a operaciones como, clarificación, homogenización, estandarización u otras, siempre y cuando no contaminen al producto y cumplan con las especificaciones de su definición”. En ambas normas se describen las características físico-químicas, especificaciones mínimas de calidad e inocuidad de la leche ya procesada.<sup>11, 12 y 13</sup>

Posteriormente se creó una legislación para regular las características de leche cruda, surgiendo así la Norma Mexicana NMX-F-700-COFOCALEC-2004, la cual define leche cruda como: “Secreción natural de las glándulas mamaria, sin calostro y sin substracción alguna de sus componentes, que no ha sido sometida a tratamientos térmicos.”<sup>11</sup>

Si bien en México se está comenzando a regular la calidad físico-química de la leche, desafortunadamente existe poca información sobre la calidad físico-química de la misma, debido a que nunca se ha exigido a los productores un mínimo de calidad.<sup>6</sup>

Los principales parámetros fisicoquímicos medibles en la leche son: densidad, punto de congelación, acidez, contenido de sólidos totales, sólidos totales no grasos, contenido de proteína, grasa, lactosa así como, conductibilidad eléctrica para denotar cuenta de células somáticas (CCS).<sup>5, 6, 7 y 12</sup>

Algunos métodos que se utilizan para determinar estas características son demasiado tardados o complejos, pero en la actualidad se dispone de instrumentos electrónicos, o ultrasónicos, que pueden medir eficazmente las características físico-químicas en periodos muy cortos, tal es el caso del ECOMILK TOTAL o el MILK ANALYZER, que miden en leche los siguientes parámetros: contenido de grasa, proteína, lactosa, punto de congelación, pH y conductividad eléctrica para denotar CCS.<sup>8</sup>

La calidad físico-química de la leche es de vital importancia ya que brinda un panorama general de su contenido nutrimental o si este ha sido adulterado mediante la adición de sustancias ajenas a su composición; o bien alterada por microorganismos o sus enzimas provocando daños considerables a la leche, lo que trae como consecuencia modificación en sus cualidades nutrimentales, merma o inutilización de la misma.<sup>8</sup>

## **COMPOSICIÓN DE LA LECHE**

La leche es una dispersión acuosa compleja que contiene grasa emulsionada, proteína en estado coloidal y disperso, así como, compuestos orgánicos e inorgánicos solubles: minerales, lactosa, vitaminas y sustancias nitrogenadas no proteicas.<sup>13, 14 y 15</sup>

### **Grasa**

La grasa butírica o grasa láctea está compuesta en 90% por triglicéridos el resto son ésteres de colesterol, ácidos grasos libres y fosfolípidos, mismos que son

sintetizados directamente en glándula mamaria a partir de acetato,  $\beta$ -hidroxibutirato, ácidos grasos y en menor proporción glucosa. <sup>16, 17, 18 y 19</sup>

### **Proteínas**

El contenido de proteínas en leche se distribuye entre las caseínas o proteínas específicas de la leche y las proteínas del suero. Las caseínas se dividen en  $\alpha$ -casinas,  $\beta$ -caseínas y  $\kappa$ -caseínas, presentes en leche como partículas coloidales conocidas como micelas de caseína, en tanto, las proteínas del suero se dividen en inmunoglobulinas (Ig's) y albumina sérica, estas pasan del torrente sanguíneo a leche por medio de un mecanismo de difusión. Sin embargo, algunas inmunoglobulinas son sintetizadas en glándula mamaria en forma natural y en infecciones intramamarias primarias por células plasmáticas residentes del tejido glandular mamario. <sup>16, 17, 18, 19 y 20</sup>

### **Lactosa**

Es un disacárido exclusivo de leche, formado por una molécula de glucosa unida a una galactosa. Es el principal osmolito en leche junto con Sodio (Na), Cloro (Cl) y Potasio (K). La glándula mamaria retiene 900 gr de agua por cada 50gr de lactosa sintetizada, razón por la cual su síntesis y secreción está íntimamente relacionada con el volumen de producción. <sup>16, 17, 18 y 19</sup>

### **Minerales**

Los minerales considerados esenciales en la dieta se encuentran en leche y se pueden clasificar según su presencia en tres grupos:

1. Sodio (Na), Potasio (K) y Cloro (Cl). Estos iones libres se encuentran correlacionados positivamente con lactosa y junto a esta, mantienen el equilibrio osmótico de la leche.
2. Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Fósforo inorgánico (Pi). Estos minerales se encuentran principalmente en forma coloidal dentro de las micelas de caseína.
3. Sales disueltas de Ca, Mg y fosfatos. Estos son dependientes de pH y contribuyen al equilibrio ácido-base de la leche.

Si bien no, se ha dilucidado el mecanismo por el cual son absorbidos y secretados los minerales, actualmente se cuenta con referencias o estudios sobre su concentración en leche cruda de bovino (Cuadro 1).<sup>16, 17, 18 y 19</sup>

Sobre la composición de la leche influyen factores genéticos en un 45% y factores nutricionales, fisiológicos y de manejo en un 55 %. Dentro de estos últimos el más importante es la alimentación, seguido por: el nivel de producción, estado de salud tanto del animal como de la ubre, época del año, número de lactancias y edad del animal.<sup>21, 22, 23 y 24</sup>

## **JUSTIFICACIÓN.**

Si bien en México el contenido de grasa, proteína y lactosa está regulado por la NMX-F-700-COFOCALEC-2004 y además, se tienen algunos reportes sobre el contenido de estos en diferentes sistemas productivos, desafortunadamente estos estudios no incluyen el contenido de minerales en leche cruda, lo que arroja poca información sobre este rubro, debido entre otros factores a que nunca se ha pedido a los productores un nivel mínimo de estos en leche. En función a lo anterior, el objetivo del presente trabajo consistió en determinar la calidad fisicoquímica y mineral de la leche producida en altiplano y trópico mexicano.

Cuadro 1

## VALORES REPORTADOS PARA LA CONCENTRACIÓN DE MINERALES EN LECHE CRUDA DE BOVINO.

Autor	País	Año	Na	K	mg/ml		
					Ca	Mg	P
López A. <i>Et al.</i>	EUA	1984	491.6	1845	1415	123.2	865.1
Fernández CMR. <i>Et al</i>	España	1986	--	--	1060+/-50	--	--
López Mahíal*	España	1991	459+/-121	1672+/-320	1089+/-243	146+/-20	--
Rincón F. <i>Et al</i> *	España	1994	576+/-70	1678+/-66	1199+/-106	105+/-7.5	--
Zurera-Cosano <i>Et al</i> *	España	1994	592+/-18	1709+/-57	1251+/-48	116+/-3	--
Ballesteros H.	Chile	1997	340	1620	1500	--	720
Rodríguez REM <i>Et al</i> *	España	2001	534+/-109	1424+/-200	1653+/-207	114+/-19	--
Siktric M.	Croacia	2003	--	--	1125.76-1319.04	136.02-196.67	--
Closa SJ.	Argentina	2003	520-520	1310-1490	1140-1490	80-120	900-1050
Semaghiul B.	Rumania	2008	--	--	--	214	1608
Sola Larrañaga <i>Et al</i>	España	2009	234-502	1143-1554	760-1380	69.4-126.4	550-1123

\* Media ± Desviación estándar

**Cuadro 1 (Continuación)**  
**VALORES REPORTADOS PARA LA CONCENTRACIÓN DE MINERALES EN LECHE CRUDA DE BOVINO.**

<i>Autor</i>	<i>País</i>	<i>Año</i>	<i>Fe</i>	<i>mg/l</i> <i>Zn</i>	<i>Cu</i>	<i>Mn</i>	<i>μ/l</i> <i>Se</i>
Lombeck L. <i>Et al.</i>	Alemania	1978	--	--	--	--	24.3
López A. <i>Et al.</i>	EUA	1984	--	4.280	0.020	70	--
Del Petere V. <i>Et al.</i>	Italia	1984	0.650	3.280	0.210	--	--
Bano N. <i>Et al.</i>	Pakistán	1985	0.600	4.200	0.450	--	--
Salih Y. <i>Et al.</i>	EUA	1987	0.506	4.230	0.316	--	--
Barreira R.J. <i>Et al.</i>	España	1990	--	3.100	0.034	--	--
Hernández MC <i>Et al*</i>	España	1992	0.290+/-0.112	3.419+/-0.019	0.95+/-0.070	--	--
Rashed MN. <i>Et al.</i>	Egipto	1992	0.150	3.460	25	--	--
Benemariya H. <i>Et al*</i>	Burundi	1993	--	4.400+/-0.300	0.100+/-0.010	--	25.9+/-5.4
Moreno RR. <i>Et al*</i>	España	1993	0.440+/-0.110	4.210+/-0.410	0.160+/-0.030	--	--
Rincón F. <i>Et al*</i>	España	1994	0.441+/-0.115	4.206+/-0.407	1.550+/-0.035	--	--
Zurera CG. <i>Et al*</i>	España	1994	0.460+/-0.100	3.700+/-0.220	0.160+/-0.020	--	--
Pennington JA. <i>Et al.</i>	EUA	1995	0.200+0.400	3.700+/-0.700	--	--	--
Shen L. <i>Et al.</i>	Bélgica	1996	--	--	--	--	10+/-0.5
Rodríguez REM <i>Et al*</i>	España	2001	0.520+/-0.018	4.410+/-0.670	0.076+/-0.032	--	16.4+/-4.4
Sikiric M.	Croacia	2003	0.100-0.160	0.310-0.830	0.320-0.690	39-55	--
Closa SJ.	Argentina	2003	0.400-1.500	2.8-3.8	0.080-0.170	--	--
Semaghiul B	Rumania	2008	0.720	--	0.170	80	--
Sola Larrañaga <i>Et al</i>	España	2009	0.057-0.759	2.532-7.737	0.007-0.357	7.1-54.8	ND-40.60

\* Media ± Desviación estándar

## **HIPÓTESIS**

Las características físico-químicas y las concentraciones de minerales en la leche cruda producida por vacas del altiplano bajo un sistema tecnificado con ganado especializado serán diferentes, en comparación con la producida en el trópico en un sistema de doble propósito con ganado F1 (Holstein x Cebú).

## **OBJETIVO GENERAL**

1. Determinar las características físico-químicas de la leche cruda producida en una unidad de producción tecnificada con ganado especializado en el altiplano mexicano y en una unidad de producción de doble propósito con ganado F1 (Holstein x Cebú) en el trópico húmedo mexicano.
2. Comparar los resultados obtenidos de los análisis de la leche cruda de ganado especializado en el altiplano contra los obtenidos del ganado F1 en el trópico húmedo con el fin de determinar la existencia de diferencias significativas y compararlos con los valores publicados en la literatura.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Comparar las características físico-químicas de la leche cruda de vacas en primera, segunda y de tercera o más lactancias en la región del altiplano contra las del trópico húmedo.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

### **Sitios de experimentación.**

Para la realización del presente trabajo se utilizó leche de vaca en producción procedente de dos establos ubicados en el Estado de México y Veracruz.

El primer establo está ubicado en el municipio de Zumpango, Estado de México, con una latitud 19° 43' 10" y 19° 54' 52' Norte, longitud 98° 58' 12" y 99° 11' 36" Oeste a una altura de 2250 msnm, su clima predominante es templado subhúmedo, con una temperatura anual promedio de 17° y 436 mm de precipitación anual media, con una estación de lluvias entre mayo y septiembre. Este establo cuenta con vacas Holstein-Friesian bajo un sistema de producción especializado, ordeñadas dos veces al día en un sistema mecánico, alojadas en corrales de tierra y alimentadas a base de dieta integral (heno de alfalfa, ensilado de maíz y alimento concentrado), suministrado tres veces al día.

El segundo establo está ubicado en las instalaciones del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical de la Facultad de Medicina veterinaria y Zootecnia de la UNAM (CEIEGT – FMVZ UNAM) localizado en el Municipio de Tlapacoyan en el Estado de Veracruz, con una latitud de 19°58'13' norte', Longitud: 97°13'oeste, una altura de 504 msnm, un clima cálido-húmedo-regular con una temperatura media anual de 22°C y una precipitación pluvial anual de 1500mm. Este centro cuenta con vacas F1 resultantes de la cruce Cebú X Holstein, bajo un sistema de producción de doble propósito, ordeñadas mecánicamente y alojadas en potreros delimitados por cercos eléctricos. Su alimentación se realiza mediante pastoreo a base de *Brachiaria decumbens* y

suplementación con alimento balanceado más melaza la cual es administrada durante el ordeño.

El análisis de minerales se realizó en las instalaciones del laboratorio de Toxicología del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica (DNAB) de la FMVZ.

### **Selección de animales.**

Se tomaron 130 muestras de leche de un establo en el altiplano y 110 en el trópico, debido a que las vacas en el trópico son altamente estacionales y a que estas se encontraban en el segundo tercio de lactancia (100 a 200 días en leche), se tomaron como criterios de selección: la etapa de lactancia (que se encontraran en segundo tercio de esta) y el número de lactancias.

Así se seleccionaron 60 vacas del altiplano y 60 vacas del trópico, obteniendo así dos grupos denominados Trópico (T) y Altiplano (A). Posteriormente se realizó una subdivisión para obtener los grupos a evaluar (Cuadro 2).

---

**Cuadro 2**

**CLASIFICACIÓN Y TAMAÑOS DE LOS GRUPOS MUESTREADOS**

---

<i><b>Nombre del grupo</b></i>	<i><b>Abreviatura</b></i>	<i><b>Tamaño de la muestra</b></i>
Trópico primera lactancia	T1L	20
Trópico segunda lactancia	T2L	20
Trópico 3 o más lactancias	T3L	20
Altiplano primera lactancia	A1L	20
Altiplano segunda lactancia	A2L	20
Altiplano tercera o más lactancias	A3L	20

---

### **Toma de muestra.**

La muestra se tomó a partir de los medidores de flujo proporcional incorporados al equipo de ordeño mecánico en la primera ordeña del día. Se colectaron aproximadamente 30 ml de leche por cada vaca, la cual fue depositada en recipientes de poliuretano con cierre hermético e identificados con el número de vaca.

Las muestras se depositaron en un recipiente térmico con hielos para mantenerlas a temperatura de refrigeración para la lectura de proteína, grasa, lactosa y pH, posterior esta, la leche fue congelada para ser transportada en un recipiente térmico a las instalaciones del laboratorio de Toxicología del DNAB-FMVZ, donde se mantuvo en congelación hasta la lectura del contenido mineral.

### **Lectura de proteína, grasa, lactosa, pH.**

Esta se realizó directamente en el sitio de toma de muestra, por medio del aparato denominado "Milk Analyzer", el cual, mediante ondas ultrasónicas realiza las determinaciones de proteína, lactosa, grasa y pH.

Las determinaciones se realizaron de la siguiente manera:

1. Se agitó la muestra de leche para homogenizar su contenido.
2. Se colocó el recipiente que contenía la muestra de leche en el "Milk Analyzer", el cual succionó 3 ml para realizar las determinaciones.
3. Entre cada muestra se realizó un ciclo lavado, el cual consistió, en la succión por una solución limpiadora proporcionada por el fabricante, esto con el fin de evitar la contaminación entre muestras.

La lectura de los parámetros antes mencionados se realizó con las especificaciones de trabajo y rangos de detección mostrados en el cuadro 3.

<b><i>Parámetro</i></b>	<b><i>Rango</i></b>	<b><i>Precisión ±</i></b>
<b><i>Proteína</i></b>	2-6 %	0.2%
<b><i>Grasa</i></b>	0.5 – 12 %	0.1%
<b><i>Lactosa</i></b>	0.5-7 %	0.2%
<b><i>pH</i></b>	0-14	0.02
<b><i>Temperatura de trabajo</i></b>	0-50°C	---

## **Lectura de minerales**

### **Preparación de la solución madre para la lectura de minerales.**

Para la lectura de minerales, las muestras se sometieron a un proceso de digestión ácida cerrada, por medio de un horno de microondas con el propósito de eliminar todo el contenido de materia orgánica y así dejar disuelto el contenido mineral de la leche, con el siguiente procedimiento:

1. Descongelación de leche. A temperatura ambiental por 4 horas.
2. Pesado de leche. Con una jeringa pesada previamente, se tomaron 2 ml de leche, los cuales fueron pesados en una balanza granataria. Al resultado obtenido se le restó el peso de la jeringa obteniendo así el peso real de la muestra. La muestra se depositó en vasos de teflón propios del horno de microondas.

3. Preparación de la muestra para la digestión ácida cerrada. A la muestra se le añadieron 2 ml de agua desmineralizada, 3 ml de ácido nítrico y 1 ml de peróxido de nitrógeno y se dejó reposar 12 horas para promover el escape de gases.
4. Digestión cerrada. Se cerraron herméticamente los vasos con una membrana de seguridad y se introdujeron al horno en lotes de 12 muestras durante 5 ciclos de 15 minutos cada uno, bajo parámetros para digerir leche cruda, mostrados en el Cuadro 4.

**Cuadro 4**  
**PARÁMETROS DEL TRABAJO DEL**  
**HORNO DE MICROONDAS**

<b>Stage</b>	1	2	3	4	5
<b>% Power</b>	60	60	60	60	60
<b>PSI</b>	10	20	40	85	100
<b>Time</b>	15	15	15	15	15
<b>TAP</b>	5	5	5	5	5
<b>Fan speed</b>	100	100	100	100	100

1. Posterior a la digestión y una vez fuera del horno, se dejó que las muestras se enfriaran a temperatura ambiente por 3 horas y posteriormente se mantuvieron en el refrigerador durante 2-3 horas. Esto con el fin de evitar la pérdida de muestra por el cambio de presión.
2. Posterior a la digestión se aforó el contenido de los vasos a 16 ml, esto se logró añadiendo agua desmineralizada. La solución resultante se almacenó en recipientes de plástico con taparrosca, para su posterior lectura.

## **Lectura de minerales.**

La lectura de minerales se realizó por 2 procedimientos:

### Espectrometría de absorción y emisión atómica

- Absorción atómica: Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Cobre (Cu) y Zinc (Zn), el Selenio (Se) acoplado al generador de hidruros.
- Emisión atómica: Sodio (Na) y Potasio (K)

### Espectrocolorimetría para la determinación de Fósforo (P)

La lectura de la concentración de minerales se desarrolló al identificar la absorbancia de cada una de las muestras y comparándola con soluciones que contenían una cantidad conocida de cada mineral denominadas soluciones estándar.

La absorbancia de cada elemento se obtuvo con lámpara de cátodo hueco, longitud de onda y apertura espectral específica para cada mineral.

Para obtener la concentración de cada mineral en las muestras, la absorbancia se transformó en concentración por medio de una regresión hecha con concentraciones conocidas de cada elemento.

Una vez obtenida esta concentración se expresó como  $\mu\text{g/ml}$ , la concentración final se calculó al multiplicar la concentración de cada ml, por el aforo y dividido entre el peso de la muestra húmeda (gramos) que nos dio una concentración de  $\mu\text{g}$  del elemento por gramo de muestra.

Los resultados finales se expresaron en mg/l para el caso de Calcio, Fósforo, Magnesio, Sodio, Potasio, Hierro, Zinc, Cobre. El Selenio y el Manganeso se expresaron en µg/l.

### **Análisis estadístico**

A los resultados se les aplicó la Prueba de T con corrección de Bonferroni para múltiples medias, con un nivel de significancia del 95%; esto con el fin de determinar la existencia de diferencias significativas en las medias de cada grupo. Fue necesario transformar los resultados de la concentración de grasa, proteína y lactosa a arco seno, con el objetivo de cumplir con el primer requisito de la prueba de T, el cual es que los resultados respondan a una distribución normal. Esto se realizó por medio de la siguiente fórmula:

$$\sqrt{((x\%/100)+0.5)}$$

Donde:

X%= al porcentaje

El análisis estadístico se realizó con ayuda del paquete estadístico SPSS v17.

## RESULTADOS

Con el fin de caracterizar la situación general de la calidad físico-química de la leche, se obtuvieron los promedios generales y su desviación estándar de la leche cruda de trópico y del altiplano.

Las media general del porcentaje de grasa en las muestras de leche cruda provenientes del altiplano fue de  $4.77\% \pm 1.03$  y en el trópico de  $4.33\% \pm 0.59$ , para la proteína la media general en muestras provenientes del altiplano fue de  $3.16\% \pm 0.36$  y en el trópico de  $3.16 \pm 0.33$  y para la lactosa la media general en el altiplano fue de  $4.51\% \pm 0.65$  y en el trópico de  $4.57\% \pm 0.59$  (Cuadro 5).

La media general del pH en muestras de leche cruda del altiplano fue de  $6.54 \pm 0.14$  y en el trópico de  $6.56 \pm 0.24$  (Cuadro 5).

En el caso de los minerales, la media general de la concentración de Calcio fue de  $1553.10 \text{ mg/l} \pm 63.52$  y de  $1733.38 \text{ mg/l} \pm 138.44$ , Fósforo de  $1332.98 \text{ mg/l} \pm 195.69$  y de  $2077.70 \text{ mg/l} \pm 866.51$ , Magnesio de  $78.13 \text{ mg/l} \pm 8.88$  y de  $86.80 \text{ mg/l} \pm 7.87$ , Sodio de  $574.95 \text{ mg/l} \pm 159.55$  y de  $586.28 \text{ mg/l} \pm 129.10$ , Potasio  $1488.52 \text{ mg/l} \pm 99.97$  y de  $1192.62 \text{ mg/l} \pm 336.14$ , Hierro  $0.197 \pm 0.050$  y de  $2.345 \pm 0.073$ , Zinc  $2.469 \text{ mg/l} \pm 0.407$  y de  $3.428 \text{ mg/l} \pm 0.542$  y Cobre de  $0.539 \text{ mg/l} \pm 0.163$  y de  $0.576 \text{ mg/l} \pm 0.0164$  en muestras de leche cruda proveniente del altiplano y trópico mexicano respectivamente (Cuadro 5).

En cuanto al Magnesio y al Selenio, no se detectó la presencia de estos minerales en las muestras de leche cruda tanto del altiplano como del trópico mexicano (Cuadro 5).

**Cuadro 5****CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS GENERALES DE LA LECHE CRUDA DEL TRÓPICO Y DEL ALTIPLANO.**

<i>Parámetro</i>	<i>Media ± D.E.</i>	
	<i>Trópico</i>	<i>Altiplano</i>
Grasa*(%)	4.77 ± 1.03	4.34 ± 0.59
Proteína* (%)	3.16 ± 0.36	3.16 ± 0.33
Lactosa* (%)	6.52 ± 0.06	6.55 ± 0.08
pH	6.54 ± 0.07	6.59 ± 0.17
Calcio (mg/l)	1733.38 ± 138.44	1553.10 ± 63.52
Fosforo (mg/l)	2077.70 ± 866.51	1332.98 ± 195.70
Magnesio (mg/l)	86.80 ± 7.87	78.13 ± 8.88
Sodio (mg /l)	583.78 ± 134.40	574.95 ± 159.55
Potasio (mg/l)	1192.62 ± 336.14	1488.52 ± 99.97
Hierro (mg/l)	2.345 ± 0.073	0.197 ± 0.050
Zinc (mg/l)	3.428 ± 0.542	2.469 ± 0.407
Cobre (mg/l)	0.576 ± 0.164	0.539 ± 0.163
Manganeso (µg/l)	ND	ND
Selenio (µg/l)	ND	ND

ND = No detectado, Niveles por debajo del umbral de detección del equipo.  
D.E. = Desviación Estándar

Las medias de los porcentajes de grasa, proteína y lactosa, así como las medias de las concentraciones de Calcio, Fósforo, Magnesio, Sodio, Potasio, Hierro, Cobre y Zinc obtenidas para vacas de primera lactancia, segunda lactancia y de tres o mas lactancias de los establos muestreados en el altiplano y trópico mexicano se encuentran esquematizadas en las figuras 1 a 8 ubicadas en la sección de anexos del presente trabajo.

## **Vacas de primera lactancia.**

La media de los porcentajes de grasa en leche cruda proveniente del altiplano fue de  $4.23\% \pm 0.65$  y en el trópico de  $4.70\% \pm 1.14$ , en el caso de la proteína fue de  $3.07\% \pm 0.46$  contra  $3.33\% \pm 0.10$  y para lactosa  $4.33\% \pm 0.81$  contra  $4.81\% \pm 0.12$  respectivamente, en estos parámetros no se encontró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) según la prueba de T (Cuadro 6).

La media del pH en las muestras del altiplano fue de  $6.53 \pm 0.15$  y en el trópico de  $6.54 \pm 0.18$  sin mostrar significancia ( $P < 0.05$ ) (cuadro 6).

En el caso de los minerales, la media de la concentración de Calcio fue significativamente mayor ( $P < 0.05$ ) en las muestras provenientes del trópico con  $1756.60 \text{ mg/l} \pm 88.47$  en comparación de las del altiplano con  $1525.23 \text{ mg/l} \pm 72.60$  (Cuadro 6).

Las medias de las concentraciones de Hierro y Zinc fueron significativamente mayores ( $P < 0.05$ ) en las muestras de leche cruda proveniente del trópico en comparación con las del altiplano mexicano, para el Hierro  $1.510 \text{ mg/l} \pm 0.182$  contra  $0.199.54 \text{ mg/l} \pm 0.078$  y en el caso del Zinc  $3.433 \text{ mg/l} \pm 675.12$  contra  $2.320 \text{ mg/l} \pm 0.277$  respectivamente (Cuadro 6).

La media de la concentración de Fósforo en muestras del altiplano fue de  $1320.60 \text{ mg/l} \pm 237.03$  y del trópico  $1808.50 \text{ mg/l} \pm 681.55$  no mostro diferencias significativas, lo mismo sucedió en el caso del Magnesio  $77.23 \text{ mg/l} \pm 13.73$  contra  $85.31 \pm 12.26$ , Sodio  $438.12 \text{ mg/l} \pm 103.48$  contra  $550.31 \text{ mg/l} \pm 56.60$ , Potasio  $1460.49 \text{ mg/l} \pm 72.59$  contra  $1456.79 \text{ mg/l} \pm 234.92$  y Cobre  $0.620 \text{ mg/l} \pm 0.201$  y  $0.559 \text{ mg/l} \pm 0.301$  respectivamente (Cuadro 6).

No se detectaron concentraciones de manganeso y selenio en las muestras de estos grupos.

**Cuadro 6.**  
**CARACTERÍSTICAS FISCO-QUÍMICAS DE LA LECHE CRUDA DE BOVINOS EN PRIMERA LACTANCIA EN UN ESTABLO DEL ALTIPLANO Y OTRO DEL TRÓPICO MEXICANO**

<i>Parámetro</i>	<i>Establo del Altiplano Media ± D.E.</i>	<i>Establo del Trópico Media ± D.E.</i>
Grasa (%) *	4.23 ± 0.65 <sup>a</sup> (0.7363 ± 0.0043)	4.70 ± 1.14 <sup>a</sup> (0.7395 ± 0.0077)
Proteína (%) *	3.07 ± 0.46 <sup>a</sup> (0.7284 ± 0.0031)	3.33 ± 0.10 <sup>a</sup> (0.7302 ± 0.0006)
Lactosa (%) *	4.33 ± 0.81 <sup>a</sup> (0.7370 ± 0.0055)	4.81 ± 0.12 <sup>a</sup> (0.7403 ± 0.0008)
pH	6.53 ± 0.05 <sup>a</sup>	6.54 ± 0.08 <sup>a</sup>
Calcio (mg/l)	1525.23 ± 72.60 <sup>a</sup>	1756.15 ± 88.47 <sup>b</sup>
Fósforo (mg/l)	1320.60 ± 237.03 <sup>a</sup>	1808.50 ± 681.55 <sup>a</sup>
Magnesio (mg/l)	77.23 ± 13.73 <sup>a</sup>	85.31 ± 12.26 <sup>a</sup>
Sodio (mg/l)	438.12 ± 103.48 <sup>a</sup>	550.31 ± 56.60 <sup>a</sup>
Potasio (mg/l)	1460.49 ± 72.59 <sup>a</sup>	1456.79 ± 234.92 <sup>a</sup>
Hierro (mg/l)	0.199 ± 0.078 <sup>a</sup>	1.510 ± 0.182 <sup>b</sup>
Zinc (mg/l)	2.320 ± 0.277 <sup>a</sup>	3.433 ± 0.675 <sup>b</sup>
Cobre (mg/l)	0.620 ± 0.201 <sup>a</sup>	0.559 ± 0.301 <sup>a</sup>
Manganeso (µg/l)	ND	ND
Selenio (µg/l)	ND	ND

ND = No detectado, Niveles por debajo del umbral de detección del equipo.

D.E= Desviación estándar

<sup>a, b</sup>: Medias con distinta letra en superíndice indica que difieren significativamente (P<0.05).

\*\*Valores expresados en porcentaje y arco seno

## **Vacas de segunda lactancia.**

La media para el porcentaje de grasa en muestras de leche cruda provenientes del altiplano fue  $4.33\% \pm 0.59$  y en el trópico fue de  $4.16\% \pm 0.99$ , para proteína fue de  $3.18\% \pm 0.17$  y de  $3.30\% \pm 0.13$ , en el caso de lactosa fue de  $4.68 \pm 0.27$  y de  $4.83\% \pm 0.20$  respectivamente. Estos parámetros no mostraron diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) según la prueba de T (Cuadro 7).

La media del pH en las muestras del altiplano fue de  $6.50 \pm 0.06$  y en el trópico de  $6.51 \pm 0.09$  sin mostrar significancia ( $P < 0.05$ ) (cuadro 7).

La media de la concentración de Calcio en muestras de leche provenientes del altiplano fue de  $1578.34 \text{ mg/l} \pm 38.8$  y para las del trópico fue de  $1753.60 \text{ mg/l} \pm 228.67$ , para el sodio fue de  $564.64 \pm 137.70$  y de  $91.34 \pm 3.03$ , para el potasio fue de  $1489.63 \text{ mg/l} \pm 119.94$  y de  $1213.21 \text{ mg/l} \pm 336.65$ , mientras que para el cobre fue de  $0.516 \text{ mg/l} \pm 0.153$  y de  $0.522 \pm 0.212$  respectivamente. Las medias de las concentraciones de los minerales antes mencionados no mostraron diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) (cuadro 7).

La media de la concentración de Fósforo en muestras de leche del altiplano fue de  $1342.93 \text{ mg/l} \pm 194.72$ , mientras que en el trópico fue de  $1716.53 \text{ mg/l} \pm 279.17$ , en el caso del Magnesio fue de  $77.93 \text{ mg/l} \pm 2.56$  y de  $91.34 \text{ mg/l} \pm 3.03$  respectivamente, ambos parámetros significativamente mayores en las muestras provenientes del trópico ( $P < 0.05$ ) (Cuadro 7).

En el caso de las concentraciones de Hierro y Zinc, estas significativamente mayores ( $P < 0.05$ ) en el caso de las vacas muestreadas en el trópico en

comparación a las del altiplano; para el Hierro  $1.526 \text{ mg/l} \pm 0.209$  contra  $0.195 \text{ mg/l} \pm 0.036$  y Zinc  $2.445 \text{ mg/l} \pm 0.414$  contra  $3.443 \text{ mg/l} \pm 0.579$  (Cuadro 7).

No se detectaron concentraciones de manganeso y selenio en las muestras de estos grupos.

**Cuadro 7**  
**CARACTERÍSTICAS FISCO QUÍMICAS DE LA LECHE CRUDA DE BOVINOS EN SEGUNDA LACTANCIA EN UN ESTABLO DEL ALTIPLANO Y OTRO DEL TRÓPICO MEXICANO**

<i>Parámetro</i>	<i>Establo del Altiplano Media ± D.E.</i>	<i>Establo del Trópico Media ± D.E.</i>
Grasa (%)	$4.33 \pm 0.59^a$ ( $0.7370 \pm 0.0039$ )	$4.16 \pm 0.99^a$ ( $0.7359 \pm 0.0067$ )
Proteína (%)	$3.18 \pm 0.17^a$ ( $0.7292 \pm 0.0011$ )	$3.30 \pm 0.13^a$ ( $0.7302 \pm 0.0067$ )
Lactosa (%)	$4.68 \pm 0.27^a$ ( $0.7394 \pm 0.0018$ )	$4.83 \pm 0.20^a$ ( $0.7404 \pm 0.0013$ )
pH	$6.50 \pm 0.06^a$	$6.51 \pm 0.09^a$
Calcio (mg/l)	$1578.34 \pm 38.84^a$	$1753.60 \pm 228.67^a$
Fosforo (mg/l)	$1342.93 \pm 194.72^a$	$1716.53 \pm 279.17^b$
Magnesio (mg/l)	$77.93 \pm 2.56^a$	$91.34 \pm 3.03^b$
Sodio (mg/l)	$654.64 \pm 137.70^a$	$482.92 \pm 31.19^a$
Potasio (mg/l)	$1489.63 \pm 119.94^a$	$1413 \pm 336.65^a$
Hierro (mg/l)	$0.195 \pm 0.036^a$	$1.526 \pm 0.209^b$
Zinc (mg/l)	$2.445 \pm 0.414^a$	$3.443 \pm 0.579^b$
Cobre (mg/l)	$0.516 \pm 0.153^a$	$0.522 \pm 0.212^a$
Manganeso (µg/l)	ND	ND
Selenio (µg/l)	ND	ND

ND = No detectado, Niveles por debajo del umbral de detección del equipo.

D.E= Desviación estándar

<sup>a, b</sup>: Medias con distinta letra en superíndice indica que difieren significativamente ( $P < 0.05$ ).

\*\*Valores expresados en porcentaje y arco seno

## **Vacas de tercera o más lactancias**

La media en el porcentaje de grasa fue de  $4.48\% \pm 0.55$  en el altiplano y en el trópico fue de  $4.98\% \pm 0.97$ , en el caso de la proteína fue de  $3.24\% \pm 0.27$  y de  $3.07\% \pm 0.42$  y para lactosa  $4.73\% \pm 0.5$  y de  $4.35\% \pm 0.74$  respectivamente. Estos parámetros no mostraron diferencias significativas según la prueba de T ( $P < 0.05$ ) (cuadro 8).

La media del pH en las muestras del altiplano fue de  $6.60 \pm 0.12$  y en el trópico de  $6.62 \pm 0.35$  sin mostrar significancia ( $P < 0.05$ ) (cuadro 8).

Tanto el Calcio como el Fósforo presentaron concentraciones significativamente mayores en las muestras obtenidas en el trópico en comparación a las del altiplano; para el caso del Calcio  $1721.90 \text{ mg/l} \pm 115.34$  contra  $1554.42 \text{ mg/l} \pm 67.13$ , mientras que para el Fósforo  $2250.96 \text{ mg/l} \pm 982.98$  contra  $1335.06 \text{ mg/l} \pm 153.21$  (Cuadro 8).

La media de las concentraciones de Hierro fue significativamente mayor ( $P < 0.05$ ) en leche de vacas del trópico  $1.728 \text{ mg/l} \pm 0.580$  contra  $0.196 \text{ mg/l} \pm 0.009$  en la leche de las vacas del altiplano, la misma tendencia se presentó para el Zinc  $3.422 \text{ mg/l} \pm 0.523$  contra  $2.665 \text{ mg/l} \pm 0.464$  y el Cobre con  $0.597 \text{ mg/l} \pm 0.099$  contra  $0.474 \text{ mg/l} \pm 0.070$  respectivamente. (Cuadro 8).

Las medias de las concentraciones de Magnesio, Sodio y Potasio no mostraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ). La media de la concentración de Magnesio en muestras de leche cruda del altiplano fue de  $79.39 \text{ mg/l} \pm 7.08$  y en el trópico fue de  $85.76 \text{ mg/l} \pm 7.46$ , mientras que las de Sodio fueron de  $634.41 \text{ mg/l} \pm 138.38$  y

de 626.39 mg/l  $\pm$ 140.31, Potasio 1518.96 mg/l  $\pm$  97.69 y de 1125.32 mg/l  $\pm$  334.52 respectivamente.

No se detectaron concentraciones de manganeso y selenio en las muestras de estos grupos.

**Cuadro 8**  
**CARACTERÍSTICAS FISCO QUÍMICAS DE LA LECHE CRUDA**  
**DE BOVINOS DE TERCERA O MAS LACTANCIAS EN UN**  
**ESTABLO DEL ALTIPLANO Y OTRO DEL TRÓPICO MEXICANO**

<i>Parámetro</i>	<i>Establo del Altiplano</i>	<i>Establo del Trópico</i>
	<i>Media <math>\pm</math> D.E.</i>	<i>Media <math>\pm</math> D.E.</i>
Grasa (%)	4.48 $\pm$ 0.55 <sup>a</sup> (0.7380 $\pm$ 0.0037)	4.98 $\pm$ 0.97 <sup>a</sup> (0.7414 $\pm$ 0.0065)
Proteína (%)	3.24 $\pm$ 0.27 <sup>a</sup> (0.7296 $\pm$ 0.0018)	3.07 $\pm$ 0.42 <sup>a</sup> (0.7285 $\pm$ 0.0028)
Lactosa (%)	4.73 $\pm$ 0.5 <sup>a</sup> (0.7397 $\pm$ 0.0033)	4.35 $\pm$ 0.74 <sup>a</sup> (0.7371 $\pm$ 0.0050)
pH	6.60 $\pm$ 0.12 <sup>a</sup>	6.62 $\pm$ 0.35 <sup>a</sup>
Calcio (mg/l)	1554.42 $\pm$ 67.13 <sup>a</sup>	1721.90 $\pm$ 115.34 <sup>b</sup>
Fosforo (mg/l)	1335.06 $\pm$ 153.21 <sup>a</sup>	2250.96 $\pm$ 982.98 <sup>b</sup>
Magnesio (mg/l)	79.39 $\pm$ 7.08 <sup>a</sup>	85.76 $\pm$ 7.46 <sup>a</sup>
Sodio (mg/l)	634.41 $\pm$ 138.38 <sup>a</sup>	626.39 $\pm$ 140.31 <sup>a</sup>
Potasio (mg/l)	1518.96 $\pm$ 97.69 <sup>a</sup>	1125.32 $\pm$ 334.52 <sup>a</sup>
Hierro (mg/l)	0.196 $\pm$ 0.009 <sup>a</sup>	1.701 $\pm$ 0.580 <sup>b</sup>
Zinc (mg/l)	2.665 $\pm$ 0.464 <sup>a</sup>	3.422 $\pm$ 0.523 <sup>b</sup>
Cobre (mg/l)	0.494 $\pm$ 0.070 <sup>a</sup>	0.597 $\pm$ 0.099 <sup>b</sup>
Manganeso ( $\mu$ g/l)	ND	ND
Selenio ( $\mu$ g/l)	ND	ND

ND = No detectado, Niveles por debajo del umbral de detección del equipo.

D.E= Desviación estándar

<sup>a, b</sup>: Medias con distinta letra en superíndice indica que difieren significativamente (P<0.05).

\*\*Valores expresados en porcentaje y arco seno

## **DISCUSIÓN.**

Los parámetros evaluados en el presente trabajo se encontraron dentro del rango reportado en la literatura, a excepción de las medias en las concentraciones de Hierro en las muestras de leche de vacas de segunda y tercera o más lactancias del trópico (Cuadro 9).<sup>4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 18, 49, 50, 51 y 52</sup>

El porcentaje de grasa en la leche cruda de los grupos evaluados esta dentro de lo especificado en la NMX-F-700-COFOCALEC-2004, clasificándola así en “Clase A”, sucediendo lo mismo para el caso del porcentaje de proteína, exceptuando la leche producida por vacas de primera lactancia en el altiplano y de tercera o más lactancias en el trópico, las cuales se clasificaron en leche “Clase B” (Cuadro 10), esto se puede deber a la disminución del porcentaje de sólidos en leche con forme aumenta el número de lactancias debido a una dilución de los componentes sólidos de esta. .

Las medias de la concentración de lactosa en todos los grupos esta dentro de lo especificado en la norma (Cuadro 10).<sup>5, 6, 11 y 48</sup>

El grado de pH fue ligeramente mayor en la leche producida por vacas del trópico sin ser significativo en comparación con la leche producida en el altiplano y encontrándose dentro del rango reportado en la literatura, esto porque el pH es un parámetro físico con poca variabilidad en la leche cruda de vaca. (Cuadro 9).<sup>4, 5, 6, 8, 9 y 14.</sup>

**Cuadro 9****COMPARACIÓN ENTRE VALORES REPORTADOS Y VALORES OBTENIDOS EN LECHE CRUDA DE BOVINOS DEL ALTIPLANO Y DEL TROPICO.**

<i>Parámetro</i>	<i>Valores reportados</i>	<i>Trópico</i>	<i>Altiplano</i>	<i>Referencias</i>
pH (%)	6.50 - 6.80	4.77 ± 1.03	4.34 ± 0.59	5, 6, 7,8, 9,10, 11, 13 y 49
Grasa (%)	3.2 - 6.0	3.16 ± 0.36	3.16 ± 0.33	5, 6, 7, 8, 9,10, 11, 13, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55 y 56
Proteína (%)	3.0 - 3.8	6.52 ± 0.06	6.55 ± 0.08	5, 6, 7, 8, 9,10, 11, 13, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55 y 56
Lactosa (%)	4.3 - 5.3	6.54 ± 0.07	6.59 ± 0.17	5, 6, 7, 8, 9,10, 11, 13, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55 y 56
Calcio (mg/l)	760 - 1490	1733.38 ± 138.44	1553.10 ± 63.52	25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33 y 34
Fosforo (mg/l)	550 - 1608	2077.70 ± 866.51	1332.98 ± 195.70	25, 30, 33, 34 y 35.
Magnesio (mg/l)	69.4 - 196.67	86.80 ± 7.87	78.13 ± 8.88	25, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 34 y 35
Sodio (mg/l)	234 - 592	583.78 ± 134.40	574.95 ± 159.55	25, 27, 28, 29, 30, 31, 33 y 35
Potasio (mg/l)	1310 - 1678	1192.62 ± 336.14	1488.52 ± 99.97	25, 27, 28, 29, 30, 31, 33 y 35
Hierro (mg/l)	0.057 – 1.480	1.583 ± 0.073	0.197 ± 0.050	25, 31, 32, 33, 34, 35, 37, 38, 39, 41, 42, 44, 45 y 46
Zinc (mg/l)	2.532 – 4.400	3.428 ± 0.542	2.469 ± 0.407	25, 31, 32, 33, 35, 37, 38, 39, 41, 42, 43, 44, 45 y 46
Cobre (mg/l)	0.080 - 0.690	0.576 ± 0.164	0.539 ± 0.163	25, 31, 32, 33, 35, 37, 38, 39, 41, 42, 43, 44 y 45
Manganeso (µg/l)	ND -0.70	ND	ND	25, 32, 34 y 35
Selenio (µg/l)	ND – 0.040	ND	ND	31, 35, 36, 43 y 47

ND = No detectado

**Cuadro 10**  
**COMPARACIÓN DE VALORES DE GRASA, PROTEÍNA Y LACTOSA**  
**OBTENIDOS CON LOS ESPECIFICADOS EN LA NMX-F-700-COFOCALEC-**  
**2004**

	<b>Grasa (%)</b>	<b>Proteína (%)</b>	<b>Lactosa (%)</b>
<b>Especificaciones de la NMX</b>			
<i>Clase A</i>	≥ 3.2	≥3.1	
<i>Clase B</i>	3.1 mínimo	3.0 a 3.09	4.3 a 5.0
<i>Clase C</i>	3.0 mínimo	2.8 a 2.99	
<b>Valores detectados</b>			
<b>Primera Lactancia</b>			
<i>Altiplano</i>	4.23	3.07	4.33
<i>Trópico</i>	4.70	3.33	4.81
<b>Segunda Lactancia</b>			
<i>Altiplano</i>	4.33	3.18	4.68
<i>Trópico</i>	4.13	3.30	4.83
<b>Tres o más lactancias</b>			
<i>Altiplano</i>	4.48	3.24	4.73
<i>Trópico</i>	4.98	3.07	4.35

Estos comportamientos en las medias de las concentraciones de grasa, proteína y lactosa se pueden atribuir a los siguientes factores:

- A) Estado de lactancia, las vacas del trópico se encontraban en el segundo tercio de lactancia, por lo que las vacas disminuían su producción según la curva de lactancia, produciendo así una menor cantidad de leche pero con una mayor concentración de sólidos, en comparación con las del altiplano que por su volumen de producción, secretan menor cantidad de sólidos.<sup>4, 9, 10, 13 y 18.</sup>
- B) Nivel de producción. Considerando los aspectos genéticos se conoce que las vacas del trópico producen menor cantidad de leche en comparación

con las del altiplano, por lo que la leche de las primeras contienen, en general, un mayor porcentaje de sólidos.<sup>4, 9, 10, 13, 18, 50, 51, 52 Y 53</sup>

C) Época del año. El muestreo de las vacas en el trópico se realizó a finales del otoño, época en la cual casi no llueve en el estado de Veracruz y por lo tanto hay una mayor concentración de nutrientes en los pastos; la literatura refiere que en vacas cuya alimentación está basada en el pastoreo, la época del año puede contribuir a un mayor aporte de nutrientes en el forraje, debido a que este contiene una menor cantidad de agua.<sup>4, 9, 10, 13, 18, 50, 51, 52, 53 Y 54</sup>

Un comportamiento similar encontraron Fuenmayor *et al* 1975, Pinto *et al* 1998, Hernández 2000, y Briñez *et al* 2008, ellos describieron una disminución en el porcentaje de proteína y lactosa a medida que aumentaban los números de lactancias en bovinos de doble propósito, bajo condiciones de pastoreo y silvopastoreo; asociándolo a un efecto de dilución de los componentes de la leche por una mayor producción en animales de más lactancias.<sup>49, 50, 51, 52 y 53</sup>

Las medias de las concentraciones de calcio fueron significativamente mayores en vacas del trópico de primera lactancia y de tercera, en el caso del Fósforo este fue mayor en la leche del trópico de segunda y de tercera o más lactancias y el magnesio comportamiento que se puede explicar debido a que la secreción de estos tres minerales se asocia al contenido de proteína y grasa en leche, ya que alrededor del 57% del Calcio y 27% del Fósforo (en forma de fosfatos) se concentran en las micelas de proteína, siendo entonces responsables de la estructura y estabilidad de las micelas de caseína.<sup>13, 14, 15, 16, 17 y 18</sup>

Teniendo en cuenta lo anterior, a medida que aumenta el porcentaje de grasa y proteína en leche, habrá un aumento en la concentración de calcio fósforo y en menor grado del magnesio.

La disminución en el porcentaje de proteína en las vacas de tres o más lactancias del trópico sin una consecuente disminución en la concentración de Calcio, se puede explicar en base al hecho de cómo se metaboliza el calcio en el lactocito. El calcio entra a este a través de una membrana basolateral al interior de la célula secretora, las concentraciones citosólicas de Calcio son inferiores a las cantidades secretadas, lo que evidencia un sistema de acumulación en organelos como el Aparato de Golgi, resultando así en disminución en el contenido de proteína sin una disminución en el contenido de calcio, ya que el lactocito secretará siempre una cantidad constante de calcio en la leche.<sup>13, 14, 15, 16, 17 y 18</sup>

Las concentraciones de Sodio fueron altas en los tres grupos estudiados del trópico, sin ser significativamente altas, mientras que en las de Potasio siempre estuvo por debajo en estas mismas vacas sin mostrar tampoco diferencia significativa, sin embargo, siempre se mantuvo la relación Potasio:Sodio descrita en la literatura, la cual es de 2-3:1. El hecho de una mayor concentración de sodio en la leche del trópico se puede asociar a una mayor ingesta de agua en vacas del trópico que en las del altiplano, Sola-Larrañaga *et al* 2009 también describe un incremento en las concentraciones de Sodio en vacas que se encuentran a temperaturas mayores de 27°C.<sup>14, 15, 16 y 35</sup>

Las medias de las concentraciones de Hierro fueron significativamente mayores en vacas del trópico, tanto en vacas de primera lactancia, segunda y de tres o más lactancias, presentándose el mismo caso en el Zinc y el Cobre solo en vacas de

tres o más lactancias, excepto en vacas de segunda lactancia; las concentraciones de dichos minerales en la leche se relacionan directamente con su contenido en los alimentos, indicando así una presencia importante de estos elementos en los suelos donde pastorean la vacas del trópico a diferencia de los forrajes ofrecidos a las vacas en zonas templadas.<sup>15, 43, 55, 56 y 57</sup>

Kelleher *et al* y Bo Lönnerde que describen el metabolismo de los minerales en células de glándula mamaria *in vitro*, sostienen que minerales como los son el Hierro, el Cobre y el Zinc pueden tener un efecto acumulativo en el lactocito, es decir, ingresan este por medio de receptores específicos localizados en el epitelio glandular mamario, una vez dentro, estos son acumulados en el Retículo Endoplásmico Rugoso (RER), sino se presenta un excesivo aporte sanguíneo de estos, son secretados en forma continua y en concentraciones similares; si por el contrario se presenta un excesivo aporte sanguíneo de estos, dichos minerales se acumularan en el RER hasta lograr saturarlo y con ello secretar cantidades crecientes de estos hasta alcanzar una estabilidad.<sup>58 y 59</sup>

## **CONCLUSIONES**

Los resultados obtenidos en el presente trabajo demuestran que si existen diferencias en la calidad fisicoquímica de la leche producida en el trópico y en el altiplano mexicano, principalmente en las concentraciones de minerales como Calcio, Magnesio, Hierro, Cobre y Zinc. Lo anterior se puede asociar a factores intrínsecos como: el número de lactancia, el nivel de producción y la etapa de la misma, al merito genético del individuo, así como a factores extrínsecos como: el sistema de producción empleado, el tipo de alimentación y la época del año principalmente.

Se considera necesario seguir investigando sobre el efecto de los factores antes mencionados sobre la concentración de minerales en leche cruda de bovino.

## REFERENCIAS

1. Estadísticas básicas. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. [Citada el 15 Abril de 2010]. Disponible en <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/>.
2. Stinson OY. Dinámica actual y perspectivas del sistema lácteo en el contexto internacional 2007 Agosto. [Citada 15 de Abril de 2010] Disponible en: <http://www.cigal.biz/ponencias/dinamica.html>.
3. Gallardo NJL. Situación actual de la producción y perspectiva de la producción de leche de bovino en México 2005. Revista Claridades Agropecuarias 2005; 148: 3-30.
4. Gásque GR, Blanco OMA. Sistema de Producción Animal Volumen I Bovinos. México: División Sistema Universidad Abierta y Educación a Distancia. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México 2004: 49-64.
5. Chávez GAJ. Evaluación de la calidad fisicoquímica y bacteriológica de la leche producida en una región tropical con ganado bovino, considerando prácticas de ordeño y salud animal (Tesis de Maestría). Ciudad de México (México): Universidad Nacional Autónoma de México, 2001.
6. Bernal MLR. Determinación de la calidad fisicoquímica de la leche cruda producida en sistemas campesinos en dos regiones del estado de México. Veterinaria México. 2000;38:395-407.
7. Gásque GR, Blanco OMA. Zootecnia en Bovinos Productores de Leche. [Libro en CD]. México: División de Educación Continua. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México; 2004.
8. Secretaria de Salud. Guía para la producción de leche higiénica en establos de ordeño mecánico. México (DF), 1997: 15-25.
9. Alais Ch. Ciencia de la Leche. España (Barcelona): Reverté, S.A., 1985.
10. Gásque GR. Zootecnia Lechera Concreta. México (DF): C.E.C.S.A, 1986.
11. "Pliego de condiciones para el uso de la marca oficial México Calidad Suprema en Leche". PC-031-2005.
12. "Norma Oficial Mexicana, Productos y servicios. Leche, fórmula láctea y producto lácteo combinado. Especificaciones sanitarias". NOM-184-SSA1-2002. (Publicado en el Diario Oficial de la Federación: 10, 23, 2002).
13. Akers RM. Lactation physiology: a ruminant perspective. Protoplasma 1990;15:96-11.
14. Hurley WL. Lactation biology. USA: University press. University of Illinois, Urbana Champaign, 2000.

15. Gaucheron F. The minerals of milk. *Reprod. Nutr. Dev.* 2005;45:473–483.
16. Shennan DB, Peaker M. Transport of Milk Constituents by the Mammary Gland *Physiological Reviews* 2000;80:925-951.
17. Dils RR. Comparative aspects of milk fat synthesis. *J. Dairy Sci.* 1986;69:904-910.
18. Place J, Gibson P. Milk Composition. *Holstein Journal* 1988;8:25-31.
19. Wilde CJ, Hurley WL. Animal models for the study of milk secretion. *J. Mammary Gland Biol. Neoplasia* 1996;1:123-134.
20. Blanco OMA, Ricardo GID. Sistema inmunológico en la glándula mamaria. *Entorno Ganadero.* 2010;39:14-19.
21. González VH. Factores nutricionales que afectan la producción y composición de la leche. *Agricultura técnica.* 2007;67:39-48.
22. Blackburn DG. Lactation: Historical patterns and potential for manipulation. *J. Dairy Sci.* 1993;76:3195-3212.
23. Fredeen AH. Considerations in the milk nutritional modification of milk composition. *Animal Feed Science Technology* 1996;59:185-197.
24. Klei LR, Lynch JM, Barbano DM, Oltenacu PA, Lednor AJ y Bandler DK. Influence of Milking Three Times a Day on Milk Quality. *J. Dairy Sci.* 1997;80:427-436.
25. López A, Collins WF. Essential elements, cadmium, and lead in raw and pasteurized cow and goat milk. *J. Dairy Sci.* 1985;68:1878-1886.
26. Fernández de la Campa MR, García A y Moro GE. Determinación de los elementos químicos en muestras de leche natural. *Aliment.* 1996;23:33-34.
27. López MP, Paseiro LP, Lozano JS. Elementos traza en leche natural de vaca. *Aliment.* 1991;226:45-47.
28. Rincón F, Moreno R, Zurera G y Amaro M. Mineral composition as a characteristic for the identification of animal origin of milk. *J. Dairy Res.* 1994;61:151-154.
29. Zurera-Cosano G, Moreno RR, Amaro M. Effect of processing on contents and relationships of mineral elements of milk. *Food Chem.* 1994;51:75-78.
30. Ballesteros HC. Determinación de minerales en leche de vaca: sodio, potasio, cloruro, calcio y fósforo. (Tesis para obtener el grado de ingeniero en alimentos). Chile: Universidad Austral de Chile, 1997.
31. Rodríguez REM, Sans AM. Concentrations in cow's milk from the Canary Island. *Journal of food compositions and analysis* 2001;14:419-430.
32. Siktríc M. Determination of metals in cow's milk by flame atomic absorption spectrophotometry. *Czech J. Anim. Sci.* 2003;48:481-486.

33. Closa JS. Contenido de nutrientes minerales en leche cruda de vaca y derivados de Argentina. *Archivos latinoamericanos de nutrición* 2003;53:320-324.
34. Semaghiul B. Determination of mayor and minor elements in milk trough ICP-AES. *Environmental engineering and management journal* 2008;7:805-808.
35. Sola-Larrañaga C. Chemometric analysis of minerals and trace elements in raw cow milk from the community of Navarra, Spain. *Food Chemistry* 2009;112:189-196,
36. Lombeck I, Kasperek K. Selenium content of human milk, cow's milk and cow's milk infant formulas. *Eur. J. Pediatr.* 1978;129:139-145.
37. Del Petere V, Di Stanislao F. Trace elements in cow milk in Marche Region. *Nuovi Ann. Ig. Microbiol.* 1984;35: 313-323.
38. Bano N, Naeem M, Khan HH. Trace metal studies in milk, milk products and eggs. *J. Nat. Sci. Math.* 1985;25:67-74.
39. Salih Y, McDowell LR. Mineral content of milk, colostrums and serum as affected supplementation. *J. Dairy Sci.* 1987;70:608-612.
40. Barreira RJ, Arribas JS. Simultaneous voltametric determination of zinc, lead, copper in cow milk. *Anal. Quim.* 1990;86:252-256.
41. Hernández MC, Álvarez PJ. Differentiation of milks and cheeses according to species based on the mineral content. *Rev. Esp. Cienc. Tecnol. Aliment.* 1992;24:541-544.
42. Rashed MN. Determination of trace elements in milk of some animals from Aswan (Egypt). *Int. J. Environ. Anal. Chem.* 2009;48:41-50.
43. Benemariya H, Eobberecht H, Deelstra H. Zinc, copper and selenium in milk and organs of cow and goat from Buruni, Africa. *Sci. Total Environ.* 1993;128:83-91.
44. Moreno RR, López MA, Cano RC. Mineral content in Spanish milk. *Rev. Esp. Cienc. Tecnol. Alimen.* 1994;34: 323-332.
45. Zurera CG, Moreno R. Effect of processing on contents and relationships of mineral elements of milk. *Food Chem.* 1994;51:75-78.
46. Pennington JA, Schoen SA, Salmon GD. Composition of core foods US food supply 1982-1991 Calcium, magnesium, iron, and zinc. *J. Food Comp. Anal.* 1995;8:129-169.
47. Shen L, Van Dael P, Luten J, Deelstra H. Estimation of selenium bioavailability from human, cows, goat and sheep milk by an in vitro method. *Int. J. Food Sci.* 1996;129:139-145.
48. "Norma Mexicana Sistema Producto Leche – Alimento – Lácteo – Leche cruda de vaca – Especificaciones fisicoquímicas, sanitarias y métodos de

- prueba." NMX-F-700-COFOCALEC-2004. (Publicado en el Diario Oficial de la Federación: 23, 06, 2004).
49. Hernández RR, Ponce CP. Estudio de las lactancias del cruce 5/8 H y 3/8 C, componentes mayores proteína, grasa, y lactosa. *Revista Salud Animal* 2000;6:85-94.
  50. Hernández RR, Ponce CP. Estudio de la lactancia en vacas Holstein-Friesian, Cebú y sus cruces en Cuba. *Revista Salud Animal* 2000; 8:73-88.
  51. Pinto CM. Composición química de la leche cruda y sus variaciones a nivel de silos en plantas lecheras de la región VII, IX y X de Chile. *Agro Sur*. 1998;26:458-462.
  52. Briñez JW. Algunos parámetros de composición y calidad en leche cruda de vacas de doble propósito en el municipio de Machiques de Perija. Venezuela. *Revista Científica FCV-LUZ* 2008;5:607-617.
  53. Fuenmayor C. Bodisco V. Estudio de los componentes de la leche de vacas Holstein y Pardo Suizo durante cuatro lactancias en Venezuela. *Agronomía Tropical* 1975;12:541-554.
  54. Hernández RR. Efecto de la época del año sobre el comportamiento de la producción y la composición de leche en tres genotipos bajo silvopastoreo. *Livestock Research for Rural Development* 2005;17:24-32.
  55. Jenkins TC. Major Advances in nutrition: Impact in milk composition. *J. Dairy Sci.* 2004;87:1302-1310.
  56. Oldham J. Magnitude and implication of changes in milk composition through manipulation of nutrition, management and physiology. *International Dairy Congress* 1991;714-721.
  57. Ramírez AA. Avances en la investigación de las características fisicoquímicas y composición de la leche cruda. *Universidad Autónoma Metropolitana*. 2009;1:1-7.
  58. Kelleher Ls, Ah Seo Y y López V. Mammary gland zinc metabolism: regulation and dysregulation. *Genes. Nutr.* 2009;4:83-94
  59. Lönnerdal B. Trace element Transport in the mammary Gland. *Annu. Rev. Nutr.* 2007;27:165-177

## ANEXOS

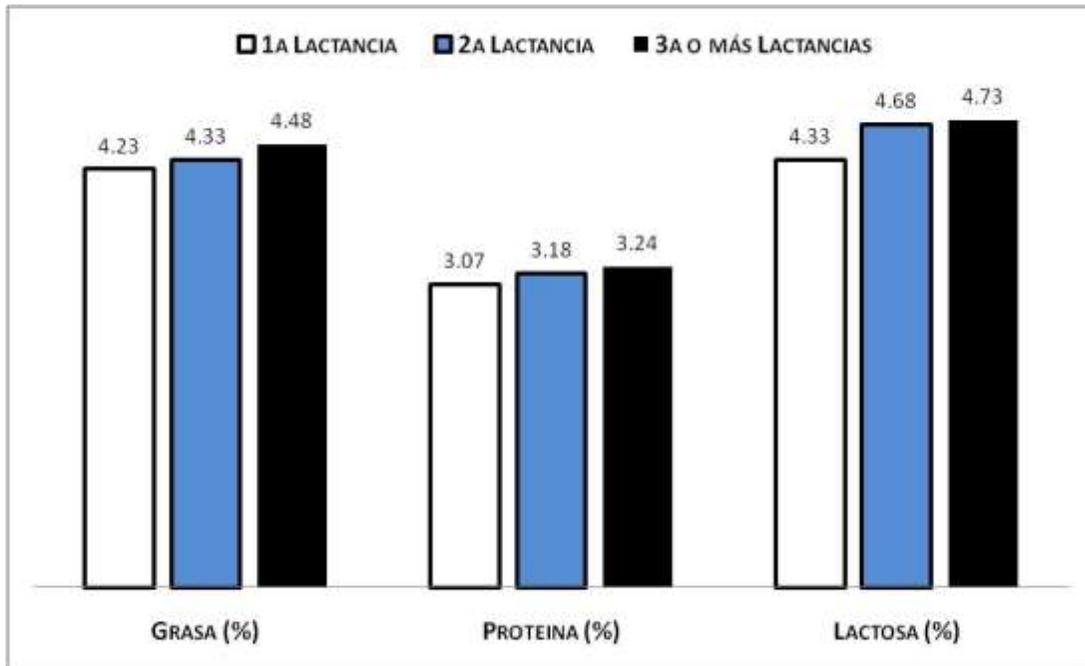


Figura 1. Porcentajes de proteína, grasa y lactosa en leche cruda de bovinos en primera, segunda y de tercera o más lactancias en el altiplano mexicano.

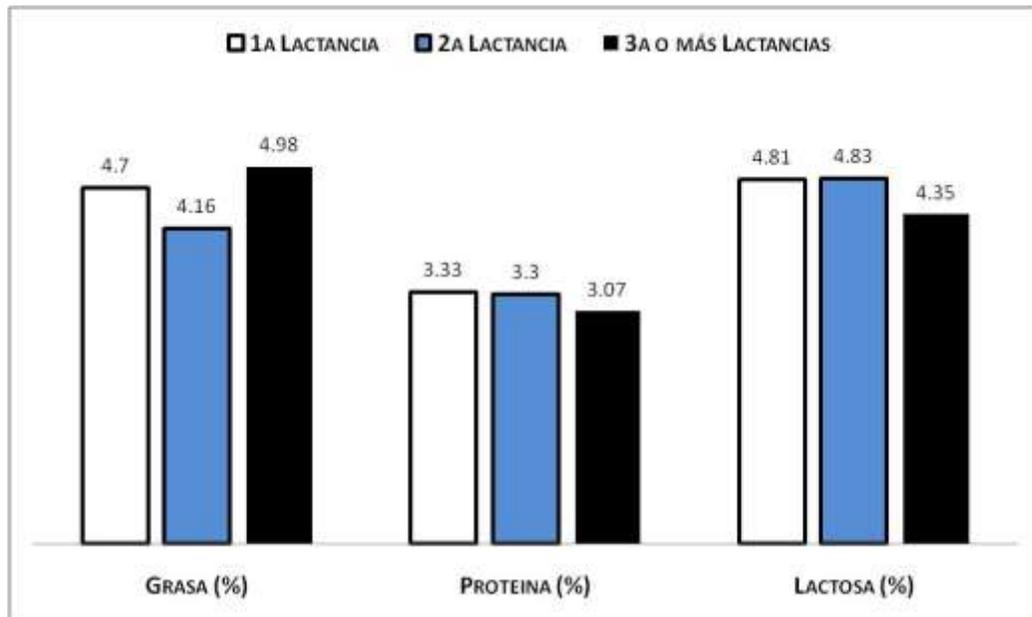


Figura 2. Porcentajes de proteína, grasa y lactosa en leche cruda de bovinos en primera, segunda y de tercera o más lactancias en el trópico mexicano.

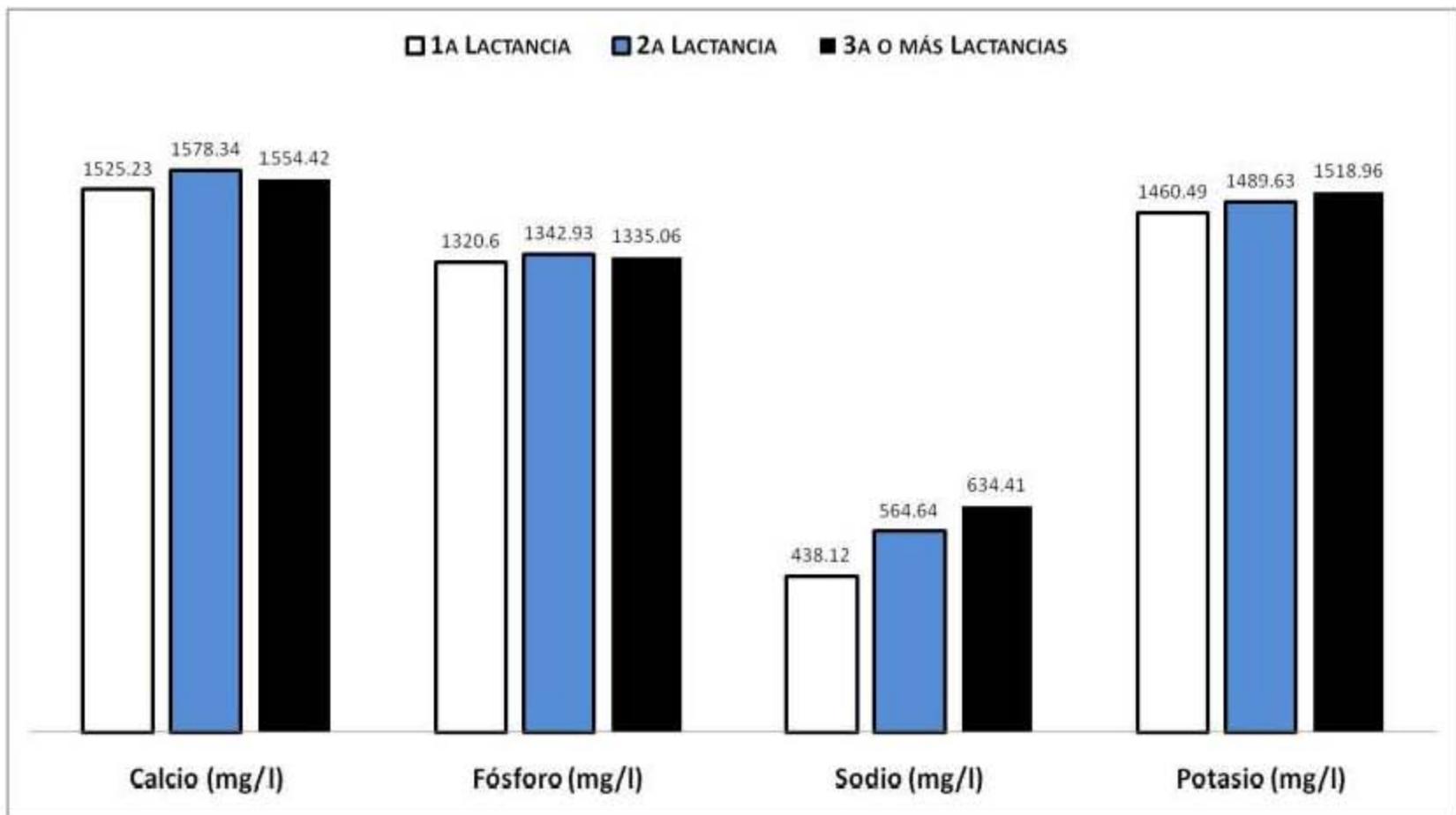


Figura 3. Concentraciones de calcio, fósforo, sodio y potasio (mg/l) en leche cruda de bovinos de primera, segunda y de tercera o más lactancias en el altiplano mexicano.

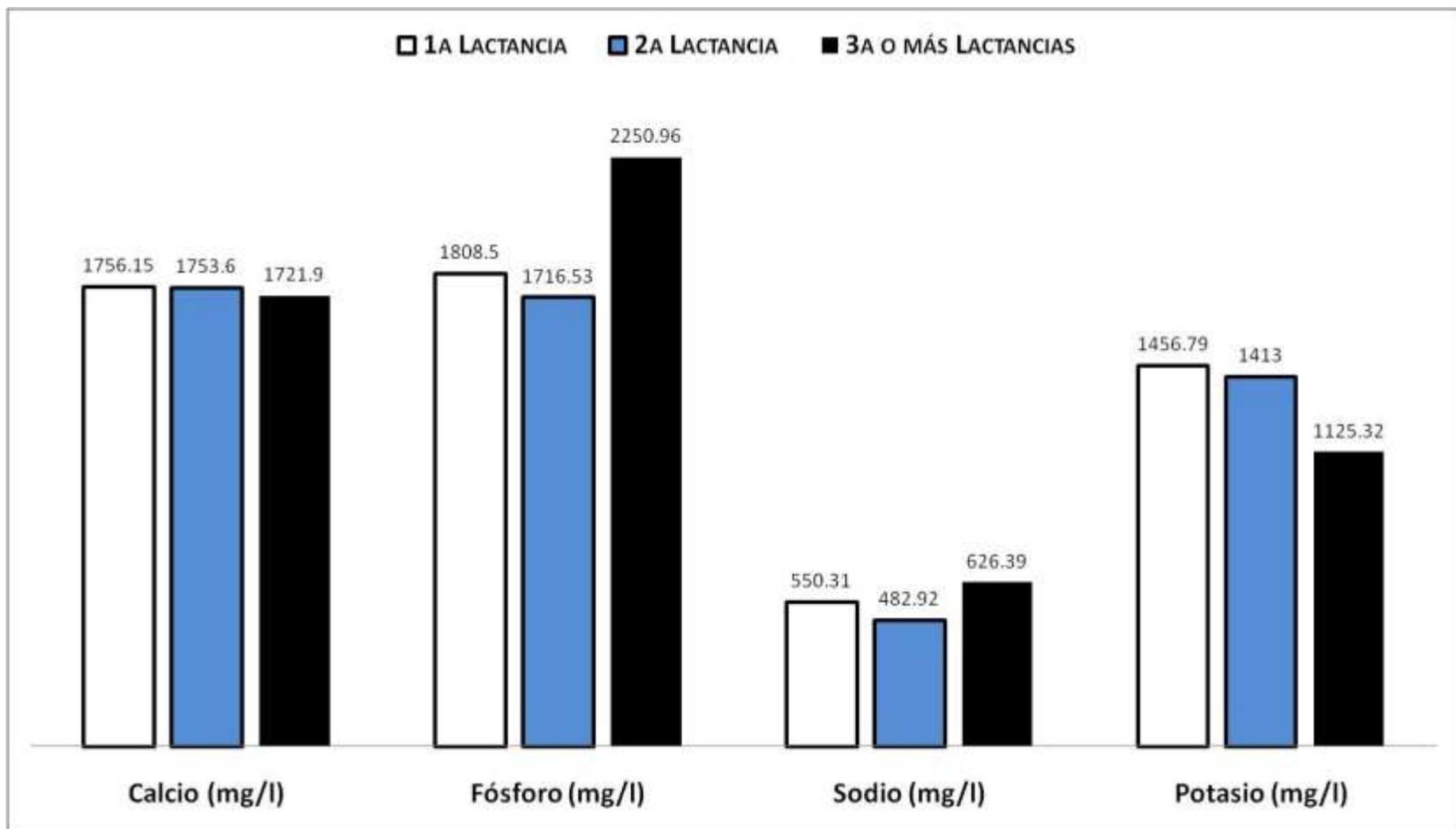


Figura 4. Concentraciones de calcio, fósforo, sodio y potasio (mg/l) en leche cruda de bovinos de primera, segunda y de tercera o más lactancias en el trópico mexicano.

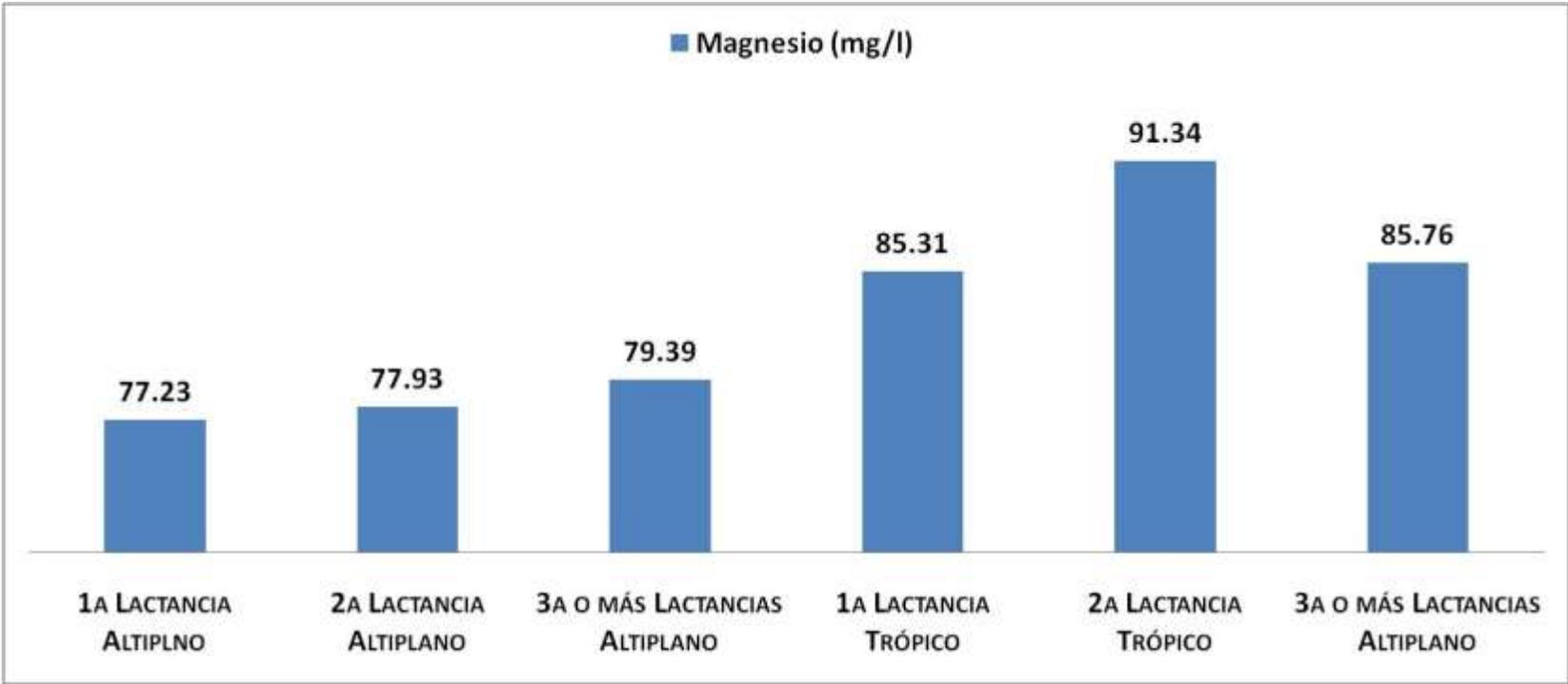


Figura 5. Concentración de magnesio en leche cruda de bovinos de primera, segunda y de tercera o más lactancias en el altiplano y trópico mexicano.

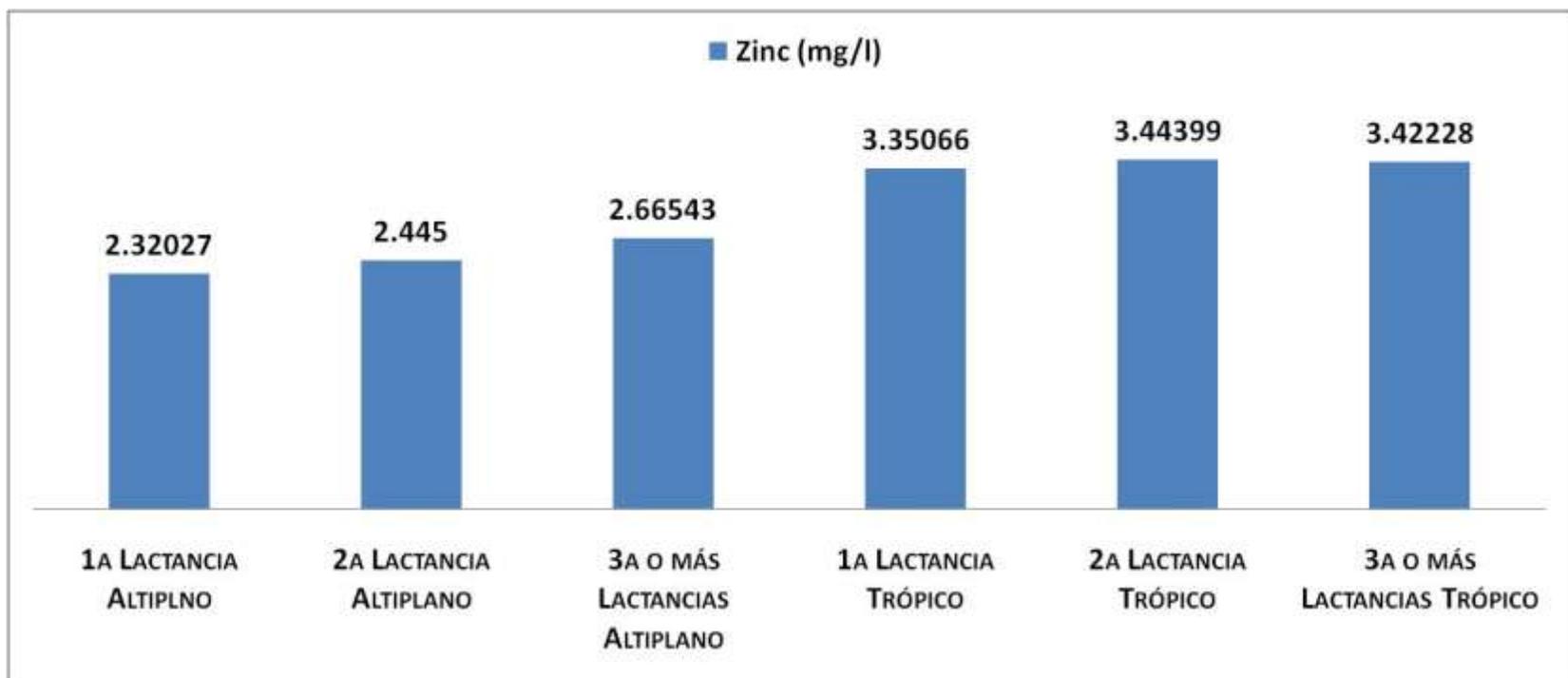


Figura 6. Concentración de zinc en leche cruda de bovinos de primera, segunda y de tercera o más lactancias en el altiplano y trópico mexicano.

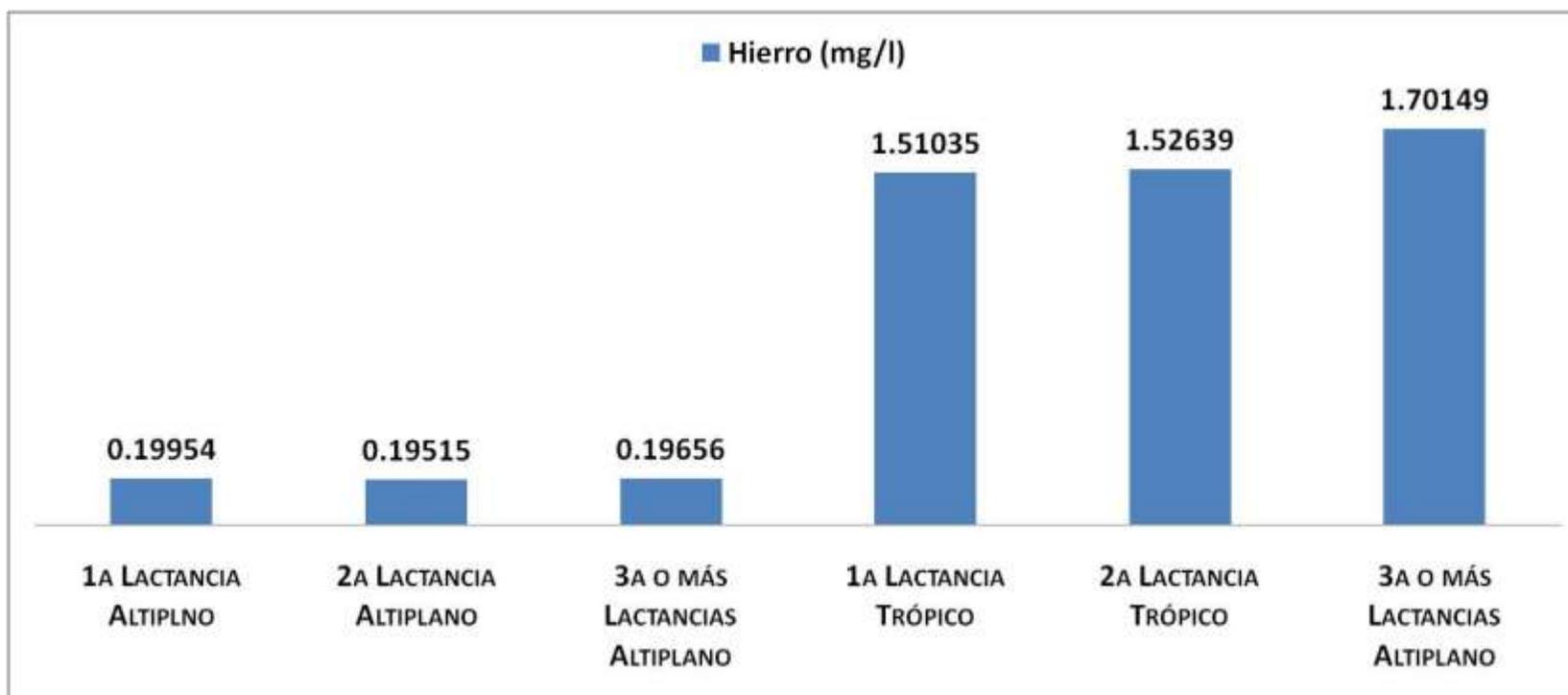


Figura 7. Concentración de hierro en leche cruda de bovinos de primera, segunda y de tercera o más lactancias en el altiplano y trópico mexicano.

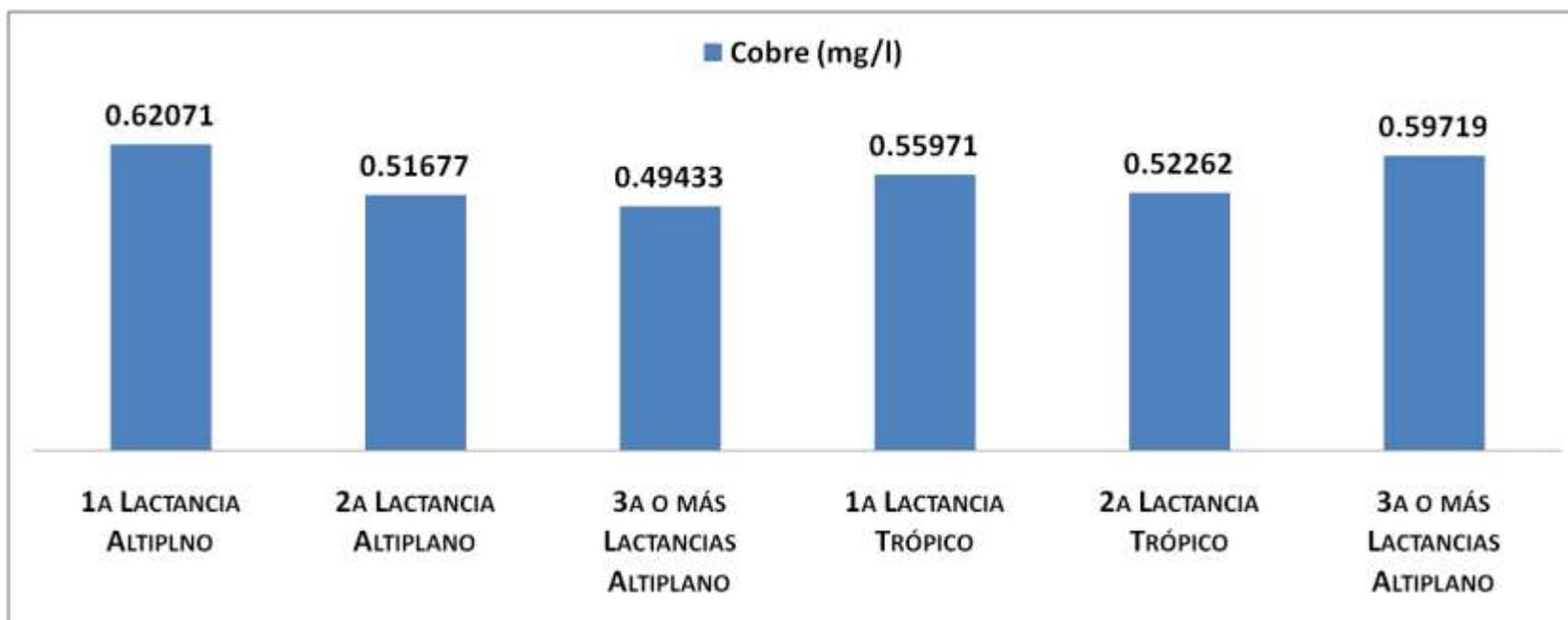


Figura 8. Concentración de cobre en leche cruda de bovinos de primera, segunda y de tercera o más lactancias en el altiplano y trópico mexicano.