

Concentraciones totales de calcio, hierro, magnesio, potasio y sodio en leches pasteurizadas expendidas en la ciudad de Maracaibo (Venezuela) determinadas espectrométricamente

Maigualida Hernández¹, Blanca I. Semprún de Villasmil¹, Anangelina Archile¹, Aracelis del C. Vásquez², Denny R. Fernández² y Víctor A. Granadillo^{2}*

¹Departamento de Química, Escuela de Bioanálisis, Facultad de Medicina, Universidad del Zulia. Maracaibo 4011, Estado Zulia. Venezuela. ²Laboratorio de Instrumentación Analítica (L.I.A.), Departamento de Química, Facultad Experimental de Ciencias, Universidad del Zulia. Maracaibo 4011, Estado Zulia. Venezuela.

Recibido: 01-09-05 Aceptado: 10-07-06

Resumen

El calcio, hierro, magnesio, potasio y sodio son elementos esenciales para la nutrición humana. La determinación analítica de estos oligoelementos en leches pasteurizadas debe ser un parámetro a considerar durante la evaluación de la calidad nutricional de este tipo de alimento. El objetivo de esta investigación fue establecer las concentraciones totales de calcio, hierro, magnesio, potasio y sodio en las principales marcas de leches pasteurizadas que se expenden y consumen en la ciudad de Maracaibo, Estado Zulia, Venezuela. Se seleccionaron las 5 marcas comerciales (A, B, C, D y E) de leches pasteurizadas más consumidas en la región. Se empleó la espectrometría de absorción atómica con llama para la determinación de calcio, hierro y magnesio y en el modo de emisión atómica para sodio y potasio. Se evaluaron los parámetros de mérito analítico para la validación de las metodologías, la exactitud se evaluó mediante el estudio de recuperación y el análisis de dos materiales certificados, encontrándose que los errores relativos promedios entre las concentraciones teóricas y las experimentales para todos los analitos estudiados fueron de 3,22 y 0,77%, respectivamente, y la precisión evaluada como desviación estándar relativa promedio fue de 1,88%; lo cual se considera adecuado para este tipo de estudio. Los resultados obtenidos de las concentraciones metálicas para las leches pasteurizadas fueron: Ca.: 790 ± 34 ; 1165 ± 48 ; 1211 ± 16 ; 1422 ± 19 ; 1446 ± 15 ; Fe.: $0,28 \pm 0,04$; $0,19 \pm 0,03$; $0,29 \pm 0,03$; $0,34 \pm 0,03$; $0,35 \pm 0,09$; Mg.: $86,6 \pm 6,9$; $106,9 \pm 8,7$; $96,8 \pm 4,6$; $100,4 \pm 5,5$; $94,2 \pm 5,2$; K.: 1165 ± 59 ; 1254 ± 30 ; 1185 ± 52 ; 1354 ± 277 ; 1453 ± 34 y Na.: 562 ± 20 ; 699 ± 32 ; 486 ± 46 ; 670 ± 28 ; 694 ± 30 para las muestras A, B, C, D y E, respectivamente. Las muestras de leche A, B y C presentaron niveles bajos de los cinco metales estudiados. Los métodos espectrométricos empleados fueron exactos, precisos y libres de interferencias, brindando fiabilidad adicional a las concentraciones metálicas reportadas.

Palabras clave: Concentración total; determinación de calcio; espectrometrías de absorción y emisión atómica; hierro; leche pasteurizada; magnesio; potasio; sodio.

* Autor para la correspondencia. Teléfono:+58-261-759 81 54; Telefax:+58-261-759 81 25.
E-mail: vkgranadillo@cantv.net

Calcium, iron, magnesium, potassium and sodium content in pasteurized milks consumed in the City of Maracaibo-Venezuela

Abstract

Calcium, iron, magnesium, potassium and sodium are essential elements for human nutrition. Analytical determination of these oligoelements in pasteurized milks is a parameter to consider during its quality evaluation. The purpose of this work was to determine calcium, iron, magnesium, potassium and sodium content in the most important commercial pasteurized milks that are consumed in the city of Maracaibo, Zulia state, Venezuela. Five types (A, B, C, D and E) of commercial pasteurized milks consumed in the region were selected. Calcium, iron and magnesium content were determined by using flame atomic absorption spectrometry technique. Potassium and sodium concentration were determined employing flame atomic emission spectrometry. The accuracy of the method was evaluated by standard addition and using two reference materials. The relative standard deviation was 3.22 and 0.77%, respectively, between the certified and the experimental values. Precision, expressed as average of relative standard deviation, was 1.88% which is adequate for this kind of study. Results of metallic concentrations the milks samples were: Ca.: 790 ± 34 ; 1165 ± 48 ; 1211 ± 16 ; 1422 ± 19 ; 1446 ± 15 ; Fe.: 0.28 ± 0.04 ; 0.19 ± 0.03 ; 0.29 ± 0.03 ; 0.34 ± 0.03 ; 0.35 ± 0.09 ; Mg.: 86.6 ± 6.9 ; 106.9 ± 8.7 ; 96.8 ± 4.6 ; 100.4 ± 5.5 ; 94.2 ± 5.2 ; K.: 1165 ± 59 ; 1254 ± 30 ; 1185 ± 52 ; 1354 ± 277 ; 1453 ± 34 y Na.: 562 ± 20 ; 699 ± 32 ; 486 ± 46 ; 670 ± 28 ; 694 ± 30 for the sample A, B, C, D and E, respectively. A, B and C pasteurized milks showed the lowest concentration of the five metals studied. Spectrometric methods were accurate, precise and free from interferences, offering additional reliability to the reported mineral data.

Key words: Atomic absorption and emission spectrometry; calcium; iron; magnesium; pasteurized milk; potassium; sodium.

Introducción

La leche es uno de los alimentos más nutritivos que existen, ya que no solo aporta proteínas de alta calidad que proporcionan todos los aminoácidos esenciales, sino también, porque contribuye con el aporte de un gran porcentaje de ácidos grasos esenciales, inmunoglobulinas y otros micronutrientes, entre los que se encuentran las vitaminas y minerales (1-3). Un aporte adecuado de minerales en la alimentación es indispensable, ya que los mismos cumplen funciones importantes para el desarrollo y crecimiento saludable del ser humano, particularmente de niños y adolescentes (1).

El hierro es un elemento esencial para la síntesis de hemoglobina y mioglobina: proteínas indispensables en el almacenamiento, transporte y liberación de oxígeno a los tejidos (4, 5, 6). El calcio es el principal constituyente de huesos y dientes ayudando a mantenerlos fuertes, así como previene la osteoporosis (5, 7, 8). El magnesio, por su parte, es un mineral crucial que actúa como co-factor en más de 300 reacciones enzimáticas en el cuerpo humano, reportándose que un nivel adecuado de magnesio en la dieta ayuda a prevenir las enfermedades del corazón y el derrame cerebral (5, 9-10). Las deficiencias de potasio y sodio son poco frecuentes, señalándose que los mismos son esenciales para el funcionamiento adecuado de todas las células y tejido nervio-

so, normalizando la presión sanguínea y previniendo la retención de líquido, entre otras múltiples funciones (5, 11-12).

La leche una vez seleccionada bajo estrictos parámetros de calidad, es sometida a un procedimiento de pasteurización con la finalidad de alargar su vida útil. Este proceso térmico permite conservar el producto bajo condiciones de inocuidad, salubridad y valor intrínseco, con una condición importante: la semejanza del mismo al producto natural (13). Sin embargo, este proceso tecnológico requerido para prolongar la vida útil de la leche, puede variar significativamente la concentración total de los oligoelementos (e.g., metales) en el alimento final (14).

Numerosos trabajos científicos reportan estudios sobre los parámetros físico-químicos y microbiológicos de la leche de vaca que se consumen en diferentes lugares del mundo (15-21). Sin embargo, pocos han sido los estudios que han investigado las concentraciones totales de metales aportadas por este alimento de alta importancia en la nutrición humana (22-24), no encontrándose literatura científica al respecto para las leches pasteurizadas que se producen en Venezuela.

El objetivo de la presente investigación fue establecer las concentraciones totales de calcio (Ca), hierro (Fe), magnesio (Mg), potasio (K) y sodio (Na) en las 5 principales marcas comerciales (e.g., A, B, C, D y E) de leches pasteurizadas que se expenden y consumen en la ciudad de Maracaibo, Estado Zulia, Venezuela; utilizando la técnica de la espectrometría atómica en los modos instrumentales de absorción y emisión con llama. Adicionalmente, se realizaron las comparaciones entre los niveles hallados de los 5 metales estudiados y los valores reportados para estimar los aportes nutricionales de las leches pasteurizadas comerciales consideradas en este estudio.

Parte Experimental

Equipos

Para la determinación analítica de Ca, Fe y Mg se usó un espectrofotómetro de absorción atómica Marca PerkinElmer Modelo 460, en el modo instrumental de absorción atómica con llama

(FAAS), mientras que el K y el Na se evaluaron empleando el modo de emisión atómica con llama (FAES), usando las condiciones instrumentales recomendadas por el fabricante del equipo para la determinación espectrométrica de cada uno de estos metales (25). La mineralización del material certificado sólido utilizado para evaluar la exactitud de los métodos analíticos empleados se realizó en recipientes cerrados de teflón® con válvulas de despresurización irradiados en un horno de microondas Marca CEM Modelo MDS-81D.

Reactivos

Todos los reactivos utilizados fueron de grado analítico. Las soluciones madres o "stock" de cada metal (ca. 1000 mg/L) se prepararon a partir de soluciones concentradas comerciales (e.g., Titrisol, Merck). Las soluciones patrones de la curva de calibración se prepararon diariamente por dilución directa de la solución concentrada de cada analito. En la FAAS, el intervalo de concentraciones empleado para la elaboración de las curvas de trabajo o calibración fue para: Ca: 2,0; 3,5; 5,0 y 7,0 mg/L; Fe: 0,1; 0,3; 1,0 y 3,0 mg/L; y Mg: 0,1; 0,3; 0,5; y 0,7 mg/L. Se preparó una solución concentrada de lantano (ca. 10.000 mg/L) a partir de nitrato de lantano, $\text{La}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (Aldrich), empleada en la preparación de los patrones acuosos y las muestras de leche para la determinación de Ca y Mg. En la FAES, se prepararon patrones de 2 y 1 mg/L de K y Na para estimar por comparación de las lecturas de emisión atómica obtenidas de estos patrones y de las muestras de leche diluidas (ca. 1 + 999), las concentraciones de ambos analitos en las muestras problemas. Todas las soluciones se prepararon con agua grado I ASTM (26), en ácido nítrico 0,01 M y en balones aforados de polietileno lineal (Nalgene®).

Muestras

Para la selección de las muestras se aplicó una encuesta en los diferentes supermercados y establecimientos comerciales que expenden este tipo de alimento en la ciudad de Maracaibo, Estado Zulia, Venezuela. La información recolectada permitió la selección de las cinco marcas comer-

ciales más vendidas de leche pasteurizada, las cuales se codificaron asignándoles letras para su identificación (e.g., A, B, C, D y E), evitando el uso del nombre comercial, lo cual pudiera acarrear problemas de índole legal. Durante el muestreo, se consideró la fecha de vencimiento de cada una de ellas, con la finalidad de realizar el análisis espectroquímico dentro del lapso indicado de vigencia de las mismas. Todas las muestras de leche se refrigeraron a 4°C hasta el análisis espectroscópico. Se analizaron un total de 36 muestras de cada marca comercial durante un período de muestreo de 6 meses (6 muestras por mes), para un total de 180 muestras analizadas.

Procedimientos

Los bajos límites de detección de los métodos analíticos empleados exigieron llevar a cabo rigurosos procedimientos de lavado y limpieza de los materiales de laboratorio a utilizar debido a que los analitos estudiados pueden encontrarse en el medio ambiente de trabajo y generar problemas de contaminación, los cuales perjudican la veracidad de los resultados analíticos. En consecuencia, el material utilizado fue de polietileno lineal, evitando el uso de materiales de vidrio ya que éste origina problemas de memoria analítica, particularmente para K y Na (27).

Previa a la determinación analítica de Ca y Mg, a las muestras de leche pasteurizada se le agregaron 1.000 mg/L de lantano para compensar las interferencias no espectrales (2) y se aforaron con agua desionizada usando balones de polietileno lineal de 25 mL. Las diluciones realizadas a las muestras fueron 200X, 2X y 1000X para Ca y Mg, Fe, y K y Na, respectivamente. Cada porción de prueba se preparó por triplicado y las lecturas de absorbancia o emisión se registraron por pentaplicado para cada uno de los analitos estudiados.

La exactitud de los métodos empleados se verificó mediante el análisis de un material de referencia certificado proveniente de Estándares de Alta Pureza ("High Purity Standards", HPS, USA) y de un material de referencia estándar (SRM) del Instituto Nacional de Estándares y Tecnología ("National Institute of Standards & Technology", NIST, USA). Estos mate-

riales fueron: "Metales Trazas en Agua Potable" (HPS No. 590321) y "Hojas de Durazno" (NIST SRM-1547). Previo al análisis espectrométrico, el material certificado "Hojas de Durazno" se mineralizó con ácido nítrico concentrado en válvulas de despresurización e irradiadas en un horno de microondas en tres etapas de 2 minutos cada una al 100% de potencia y aforadas a 25 mL. Previo a la determinación analítica las muestras fueron diluidas 10 x para Ca y Mg, mientras que el Fe, K y Na se determinaron directamente sin dilución (28), este procedimiento se realizó para obtener soluciones acuosas de partida, cuyas concentraciones finales pudieron ser estimadas teóricamente.

Análisis estadístico

Utilizando el paquete estadístico SAS® ("Statistical Analysis System") (29), se evaluaron los efectos del tratamiento (marcas de leche pasteurizada: A, B, C, D y E) sobre las variables respuesta (concentraciones totales de Ca, Fe, Mg, K y Na) a través de la técnica del análisis de varianza mediante el procedimiento GLM ("General Linear Model"). Para la separación de medias se utilizó la prueba de Duncan Waller. Se utilizó un nivel de 5% para medir la significancia de diferencia entre medias.

Resultados y Discusión

Validación de los métodos analíticos

Se validaron los parámetros de mérito analítico de los métodos previamente reportados (28-30) para obtener herramientas confiables de análisis debido a la importancia nutricional de los metales estudiados presentes en la leche pasteurizada, considerando que este alimento es de gran consumo, particularmente por parte de la población infantil. La Tabla 1 muestra los parámetros analíticos para la determinación espectrométrica de los 5 metales bajo consideración en muestras de leches pasteurizadas expandidas y consumidas en la ciudad de Maracaibo, Estado Zulia, Venezuela. La exactitud de los métodos espectrométricos empleados para las determinaciones analíticas de Ca, Fe, Mg, K y Na se verificó analizando dos materiales certificados [e.g., Metales Trazas

Tabla 1
Parámetros analíticos de mérito para la determinación espectrométrica de las concentraciones metálicas en leches pasteurizadas expandidas y consumidas en la ciudad de Maracaibo, Venezuela

Metal	Curva de calibración	r ^b	I.L. ^c (mg/L)	Exactitud (%)	Precisión C.V. ^d (%)	L _D ^e (mg/L)	C ₀ ^f (mg/L)
Ca	Y ^a = 0,0033 + 0,0597 X ^a	0,9998	7,0	98,6	1,20	0,02	0,07
Fe	Y= - 0,0025 + 0,0456 X	0,9997	12	102,0	3,50	0,03	0,11
Mg	Y= 0,0048 + 0,5923 X	0,9993	0,7	99,0	2,05	0,002	0,01
K	0,0417 ^g	-	-	101,0	0,75	0,002	-
Na	0,0208 ^g	-	-	102,0	1,92	0,010	-

^a X y Y representan la concentración del analito (en mg/L) y la absorbancia, respectivamente. ^b Coeficiente de correlación lineal. ^c Intervalo lineal. ^d Coeficiente de variación promedio en muestras de leche analizadas por triplicado y las lecturas de absorbancias o emisión (en unidades arbitrarias de emisión, u.a.E.) leídas por pentaplicado. ^e Límite de detección, definido como tres veces la desviación estándar del blanco. ^f Concentración característica, definida como la concentración del analito (en mg/L) equivalente a 1% de absorción (ca. 0,0044 unidades de absorbancia). ^g Factor de cuantificación calculado para los análisis por espectrometría de emi-

en Agua Potable (HPS) y Hojas de Durazno (NIST)], estos resultados se muestran en la Tabla 2. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) entre los valores experimentales y certificados; además, estos resultados se expresaron en porcentaje en la Tabla 1, con una exactitud porcentual del 98,6; 102; 99,0; 101 y 102% para Ca, Fe, Mg, K y Na, respectivamente. Estos valores porcentuales indican una adecuada exactitud por estar incluidos dentro del intervalo teórico aceptable a nivel internacional del 95 al 105% (31). Este parámetro también se evaluó mediante estudios de recuperación (Tabla 4) de los analitos adicionados a muestras diluidas de leche pasteurizada, obteniéndose porcentajes promedios de recuperación de 98,8; 101,9 y 102,1% para el Ca, Fe y Mg, respectivamente. Estos porcentajes de recuperación evidencian una vez más la adecuada exactitud para los métodos analíticos empleados. El estudio de precisión se muestra en la Tabla 3. Para todos los metales, la precisión promedio encontrada (expresada como coeficiente de variación, C.V.) fue 1,99% tanto

para los análisis en la corrida como entre corridas, lo cual es menor del 5% e indica la excelente reproducibilidad en las determinaciones analíticas en muestras de leche diluidas. No se observaron efectos interferentes espectrales y no espectrales cuando se analizaron los materiales certificados y las muestras reales diluidas. Los límites de detección (expresados como tres veces la desviación estándar del blanco) y la concentración característica de los elementos requerida para producir una absorción del 1%, que equivale a una señal de 0,0044 unidades de absorbancia, o de 0,0044 s⁻¹ (e.g., absorbancia integrada cuando se usa el modo de área de pico para evaluar la señal de absorbancia en la FAAS) (Tabla 1) son adecuados para los diferentes análisis realizados. En consecuencia, una vez validadas analíticamente las metodologías se transformaron en herramientas analíticas de trabajo para llevar a cabo las determinaciones de Ca, Fe, Mg, K y Na en muestras de leche pasteurizada, lo cual proporciona mayores niveles de confiabilidad experimental a la data metálica reportada a continuación.

Tabla 2
Estudio de exactitud para la determinación de metales utilizando material de referencia estándar.

Material de referencia	Metales	Concentración media \pm 1 DE, mg/L		
		Valor certificado	Valor experimental	% Error
"Hojas de Durazno" (NIST SRM-1547)	Ca	62,40 \pm 0,08	64,78 \pm 0,020	3,81
	Fe	0,872 \pm 0,056	0,846 \pm 0,016	2,98
	Mg	17,280 \pm 0,032	16,6326 \pm 0,001	3,98
	K	97,2 \pm 0,012	98,3 \pm 1,44	1,13
	Na	0,096 \pm 0,008	0,10 \pm 0,0001	4,20
"Metales Trazas en Agua Potable" (HPS No. 590321)	Ca	35,00 \pm 0,10	34,02 \pm 0,92	2,80
	Fe	100,00 \pm 0,10	101,02 \pm 0,05	1,02
	Mg	9000,00 \pm 0,10	9000,99 \pm 0,001	0,01
	K	2500,00 \pm 0,10	2501,01 \pm 0,008	0,04

Tabla 3
Estudio de precisión para la determinación de metales en leche pasteurizada

Muestra ^a	Metales	Media ^b (mg/L)	En la corrida		Entre Corridas	
			DE (mg/L)	DER (%)	DE (mg/L)	DER (%)
Leche pasteurizada	Ca	8,20	0,007	0,08	0,030	2,40
	Fe	0,18	0,012	7,00	0,012	0,01
	Mg	0,53	0,004	0,80	0,001	3,30
	K	2,37	0,006	0,24	0,006	1,26
	Na	0,54	0,007	1,35	0,022	2,50

^aMuestras diluidas leídas por triplicado. ^bMuestras preparadas por pentuplicado.

Concentraciones metálicas en leche pasteurizada

En la Tabla 5 se presentan las concentraciones totales de Ca, Fe, Mg, K y Na (media \pm DE, mg/L) en las muestras estudiadas de leche pasteurizada (e.g., A, B, C, D y E) expendidas y consumidas en la ciudad de Maracaibo, Estado Zulia, Venezuela. Con respecto al Ca, las leches D y

E presentaron la mayor concentración de este mineral (ca. 1422 mg/L y 1446 mg/L, respectivamente), en tanto que la leche A presentó el menor contenido con 790 mg/L. Según el Instituto Nacional de Nutrición de Venezuela (INN) (32), la leche pasteurizada de vaca debe contener 1350 mg Ca/L [valor calculado a partir del valor tabulado 131 mg Ca/100 g de alimento y de la densi-

Tabla 4
Estudio de recuperación para la determinación de metales en leche pasteurizada

Muestra	Metales	Concentración (mg/L)	Adicionado	Esperado	Encontrado	% Recuperación
Leche Pasteurizada	Ca	0,080	0,5	0,58	0,60	103,4
			1,0	1,08	1,04	96,3
			1,5	1,58	1,53	96,8
				X ± DE		98,8 ± 3,9
	Fe	0,850	1,0	1,850	1,885	98,14
			1,5	2,350	2,322	99,00
			2,0	2,850	3,080	108,07
				X ± DE		101,9 ± 4,7
	Mg	0,046	0,1	0,146	0,157	107,5
			0,2	0,246	0,239	97,2
			0,3	0,346	0,352	101,7
				X ± DE		102,1 ± 5,1

dad media aproximada de la leche pasteurizada de 1,0305 g/mL (33)]. Los resultados obtenidos en esta investigación señalan que solo las leches D y E alcanzan estos valores. Sin embargo, estos resultados son inferiores a los encontrados por Rodríguez y col. (1999) (24), quienes reportan valores de 1540 mg Ca/L en leches pasteurizadas producidas en Tenerife, España. En oposición a estos valores, Moreno y col. (1993) (23) reportan valores más bajos (ca. 1280 mg Ca/L) para leches producidas en Andalucía, España. Esto demuestra la variabilidad de las concentraciones de Ca presentes en leches pasteurizadas dentro de un mismo país y donde rigen las mismas normativas nutricionales, situación similar se observó para los valores experimentales de Ca hallados en esta investigación, los cuales permitieron estimar los aportes nutricionales de Ca a través del consumo de este alimento. La ingesta recomendada (IR; conocida tradicionalmente como RDA) de este mineral para la población venezolana es de 1000 mg Ca/día (34). En general, todas las marcas de leches estudiadas, a excepción de la leche A, pueden aportar en un vaso de este alimento (ca. aprox. 250 mL) entre un 29% y 36% de la IR para este mineral.

El Fe debe estar presente alrededor de 0,31 mg/L en la leche pasteurizada según el INN (32), encontrándose que las leches A, B y C presentaron concentraciones de hierro menores al valor oficial establecido, en tanto que las leches D y E superan este valor (Tabla 5). Las concentraciones de Fe encontradas (ca. 0,19-0,35 mg Fe/L) son similares a los valores reportados en dos estudios españoles (23, 24) realizados en leches pasteurizadas (ca. 0,40 y 0,17 mg Fe/L, respectivamente). Las leches pasteurizadas estudiadas aportan en un vaso de 250 mL entre 0,048 mg de Fe (ca. 0,39% del IR) y 0,088 mg de Fe (ca. 0,73% del IR), lo cual representa menos del 1% del IR de este mineral (ca. 0,03 mg Fe/día) establecido por el INN para la población venezolana (34). Estos hallazgos indican que no se debe usar este alimento como única fuente de Fe, ya que la leche de vaca es deficiente en este mineral (1, 23-24).

Con respecto al Mg, las leches pasteurizadas de vaca deben contener cerca de 124 mg/L de este mineral según el INN (32). Los datos encontrados en esta investigación señalan que ninguna marca comercial estudiada alcanza este valor, ya que la más cercana es la leche B (ca. 107 mg

Tabla 5
Concentraciones totales de Ca, Fe, Mg, K y Na en muestras de leches pasteurizadas
expandidas y consumidas en la ciudad de Maracaibo, Estado Zulia, Venezuela

Concentración media \pm 1DE, mg/L					
Leche	Ca	Fe	Mg	K	Na
A	790 ^c \pm 34	0,28 ^b \pm 0,04	86,6 ^d \pm 6,9	1165 ^c \pm 59,0	562 ^b \pm 20
B	1165 ^b \pm 48	0,19 ^c \pm 0,03	106,9 ^a \pm 8,7	1254 ^{b,c} \pm 30,0	699 ^a \pm 32
C	1211 ^b \pm 16	0,29 ^b \pm 0,03	96,8 ^{b,c} \pm 4,6	1185 ^c \pm 52,0	486 ^c \pm 46
D	1422 ^a \pm 19	0,34 ^a \pm 0,03	100,4 ^b \pm 5,5	135 ^{a,b} \pm 277	670 ^a \pm 28
E	1446 ^a \pm 15	0,35 ^a \pm 0,09	94,2 ^c \pm 5,2	1453 ^a \pm 34,0	694 ^a \pm 30

^{a, b, c, d} Concentraciones medias en una misma columna con diferentes superíndices difieren significativamente ($P < 0,05$).

Mg/L), con un valor significativamente mayor ($P < 0,05$) con respecto al resto de las marcas comerciales de leche pasteurizada estudiadas (ca. 87 - 100 mg/L). Estudios realizados en España reportan valores de 110 (24) y 121,1 mg Mg/L (23), los cuales son mayores a los obtenidos en las leches venezolanas estudiadas. La ingesta diaria de Mg recomendada (IR) por el INN para la población venezolana es de 295 mg/día (34). Las leches de producción venezolana estudiadas aportarían entre el 7 y 9% del IR de Mg en un vaso de leche. Estos resultados indican que este alimento es deficiente en sus contenidos de magnesio al igual que las leches españolas cuyos valores están documentados en la literatura consultada (23, 24), las cuales aportarían entre 9 y 10% del IR venezolano.

Por último, el K y el Na deben estar presentes en concentraciones cercanas a 1618 y 495 mg/L, respectivamente, de acuerdo a la tabla de composición de alimentos suministrada por el INN (32) para la leche pasteurizada. Ninguna de las leches estudiadas en esta investigación alcanzan el valor de K establecido por el INN, siendo solo las leches D y E las que más se acercan a este valor con 1354 y 1453 mg K/L, respectivamente. Rodríguez y col. (1999) (24) reportan valores de 1419 mg K/L en leches pasteurizadas producidas en España, lo que concuerda con los datos aportados en este estudio. Con respecto al Na, se encontró que todas las leches de producción nacional estudiadas (a excepción de la leche C) pre-

sentan valores elevados de Na con respecto al valor establecido por el INN (32) (Tabla 5), siendo la leche B la que presenta la concentración de Na más alta (ca. 699 mg/L). Estudios similares a la presente investigación, reportaron valores más bajos de Na, 549,2 mg/L (27) y 560 mg/L (23). Sin embargo, la adulteración de la leche con cloruro de sodio, puede provocar un elevado contenido de Na en la misma (35), de allí la importancia de conocer el aporte de este mineral en las leches pasteurizadas como alimento de consumo masivo, ya que se ha reportado que altos contenidos de Na en la alimentación están relacionados con problemas cardiovasculares e hipertensión (12). Estudios realizados en Francia señalan que los valores normales de K y Na son de 1491 y 413 mg/L, respectivamente, indicando que valores bajos de K (ca. 837 mg/L) y concentraciones elevadas de Na, en el orden de 1680 mg/L, ocurre en leches mastíticas, así como en leches adulteradas con NaCl (35).

Conclusiones

En general, las leches pasteurizadas estudiadas procedentes de la Región Zuliana presentaron niveles inferiores de los cinco minerales estudiados; asimismo, los aportes nutricionales de las leches pasteurizadas comerciales consideradas en este estudio estuvieron por debajo de los IRs de Ca, Fe, Mg, K y Na establecidos por el INN, lo cual podría sugerir la participación de

diferentes factores relacionados con los suelos de cultivo (e.g, suelos ácidos zulianos), el tipo de pasto, la genética del animal, el suministro de minerales y posibles procesos de adulteración con sal común, entre otros. Los resultados obtenidos indican que solo las leches pasteurizadas D y E ofrecen niveles adecuados de Ca y Fe, concentraciones bajas de Mg y K, y altos niveles de Na. Cabe destacar, que los métodos espectrométricos de análisis empleados fueron exactos, precisos y libre de interferencias, brindando confiabilidad adicional a las concentraciones metálicas reportadas.

Agradecimientos

Los autores desean expresar su gratitud a la Universidad del Zulia: el gran escenario de su trabajo diario. También agradecen la dotación instrumental previa obtenida a través de investigaciones concluidas, co-financiadas por el Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología (FONACIT, Caracas, Venezuela) y por el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad del Zulia (CONDES-LUZ); y a FUNDADESARROLLO-LUZ la ampliación de la estructura física del Laboratorio de Instrumentación Analítica (L.I.A.). Se agradece el co-financiamiento otorgado por el CONDES-LUZ a través de Proyecto No. CC-0815-04.

Referencias Bibliográficas

1. FLYNN A. *Adv Food & Nutr Res* 36: 209-252, 1992.
2. MURPHY S.P., ALLEN L.H. *J Nutr* 133 (11S-2): 3932S-3935S, 2003.
3. PORTER J.W. *Proceedings of the Nutrition Society* 37(3): 225-230, 1978.
4. DALLMAN P. *Ann Rev Nutr* 6: 31-40, 1986.
5. LAVON D. *Nutrition Almanac*. 5th Edition. McGraw-Hill. Blacklick. USA. pp 23-29, 2001.
6. YIP R. *J Nutr* 124: 1469s-1490s, 1994.
7. KRALL E.A., WEHLER C., GARCIA R I., HARRIS S.S., DAWSON-HUGHES B. *Am J Med* 111(6): 452-456, 2001.
8. O'CONNELL M.B., STAMM P.L. *Clin Rev Bone & Miner Metabol* 2(4): 357-371, 2004.
9. PIOTROWSKI A.A., KALUS J.S. *Pharmacother* 24(7): 879-895, 2004.
10. ROJAS R.M., RUIZ C.C., COSNAO G.Z. *Alimentaria* 337: 37-43, 2002.
11. HERIN P., ZETTERSTROM R. *Acta Pediatr* 405: 43-48, 1994.
12. LOYKE H. *Biol Trace Elem Res* 85(3): 193-209, 2002.
13. GOGOV I., KALOIANOV I. *Veterinarno-meditsinski nauki* 15(8): 82-86, 1978.
14. ZURERA-COSANO G., MORENO-ROJAS R., AMARO-LOPEZ M. *Food Chem* 51(1): 75-78, 1994.
15. BOCCA A., FABIETTI F., CONTARINI G., TOPPINO P.M. *Scienza e Tecnica Lattiero-Casearia* 43(6): 417-426, 1992.
16. BONFOH B., ZINSSTAG J., FARAH Z., SIMBE C.F., ALFAROUKH I.O., AEBI R., BADERTSCHER R., COLLOMB M., MEYER J., REHBERGER B. *J Food Compos & Analysis* 18(1): 29-38, 2004.
17. BRIÑEZ W., FARIA J., ISEA W., ARANGUREN J., VALBUENA E. *Rev Argentina de Prod Anim* 15 (3/4): 1010-1012, 1995.
18. BRIÑEZ W., MOLERO E., VILLALOBOS C., MONTIEL N., VALBUENA E., CASTRO G., URDANETA S. *Rev Cien FCV-LUZ* 10(4): 346-352, 2000.
19. FOSSA E., TOSI F., SANDRIANDRI S., VECCHIA P., MALACARNE M. *Scienza e Tecnica Lattiero-Casearia* 52(6): 417-425, 2001.
20. ORTIN L., SANCHEZ-ALGABA T. *Alimentaria* 27(214): 9-14, 1990.
21. RIVIERE R., CLEMENSAT J. *Revue d'élevage et de med. Vet. Des pays trop* 19(2): 213-232, 1996.
22. LOPEZ A., COLLINS W., WILLIAMS H. *J Dairy Sci* 68(8): 1878-1886, 1985.
23. MORENO-ROJAS R., AMARO-LOPEZ M., ZURERA-COSANO G. *Rev Españ de Cienc*

- y Tecnol de los Alim** 33 (4): 435-444, 1993.
24. RODRIGUEZ R.E., SANZ M., DÍAZ C. **J Agric Food Chem** 47: 1520-1524, 1999.
25. **Analytical Methods for Atomic Absorption Spectrometry**. PerkinElmer Corporation. USA, Norwarlk. January Review, 1982.
26. **Standard Specification for Water**. American Society for Testing and Materials. USA, Philadelphia, 1997.
27. GRANADILLO V.A., CUBILLÁN H.S., SÁNCHEZ J.M., TAHÁN J.E., MÁRQUEZ E.S., ROMERO R.A. **Anal Chim Acta** 306:139-147, 1995.
28. VÁSQUEZA DEL C., OCANDO A., TORRES J.C., RODRÍGUEZ M.C., GRANADILLO V.A. **Ciencia** 8(1): 85-92, 2000.
29. **SAS User's Guide: Statistics**. Statistical Analysis System Institute (SAS) Proc GLM., 5^{ta} Edición. SAS Institute INC., Carry. NC. 1995.
30. SÁNCHEZ J.M., CUBILLÁN H.S., HERNÁNDEZ M., SEMPRÚN B.I., GRANADILLO V.A., ROMERO R.A. **Quím Anal** 15: 178-183, 1996.
31. MORENO D.R., GONZÁLEZ M., MANZANILLA J.G., BRICEÑO O., PARRA A.M., GRANADILLO V.A. **Ciencia** 9(4): 474-485, 2001.
32. **Tabla de Composición de Alimentos Para Uso Práctico**. Instituto Nacional de Nutrición. INN, Fundación Cavendes. N° 52. Serie Cuadernos Azules. Caracas, Venezuela, 42-43 pp, 1999.
33. **Leche pasteurizada** (2^{da} Revisión). Comisión Venezolana de Normas Industriales. COVENIN. Norma B-798, Caracas, 1994.
34. **Necesidades de Energía y Nutrientes**. Instituto Nacional de Nutrición. INN, Fundación Cavendes. N° 48. Serie Cuadernos Azules. Caracas, Venezuela. 18 pp, 1999.
35. TAPERNOUX A., MAGAT A., BUECHER M. **Ann Nutrit et de l'Aliment** 20(2): 73-79, 1966.