

Detección de cadmio y plomo en leche de vaca comercializada en la ciudad de Guayaquil, Ecuador

Cadmium and lead levels in cow's milk
marketed in the city of Guayaquil, Ecuador

Beatriz Pernía^{1*}, Mariuxi Mero², Kenya Bravo³, Nelson Ramírez³,
David López³, Jorge Muñoz³ & Fidel Egas⁴

¹ *Prometeo SENESCYT, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador*

² *Instituto de Investigaciones de Recursos Naturales de la Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador*

³ *Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil*

⁴ *Facultad de Economía, Universidad de Guayaquil, Ecuador*

Recibido 18 de septiembre 2014; recibido en forma revisada 24 de octubre 2014, aceptado 6 de noviembre 2014
Disponibile en línea 5 de enero 2015

Resumen

El cadmio (Cd) y el plomo (Pb) son metales pesados tóxicos capaces de generar enfermedades en humanos. El objetivo del presente trabajo fue detectar la posible presencia de Cd y Pb en leche de vaca ultrapasteurizada, pasteurizada y en polvo, comercializada en la ciudad de Guayaquil, Ecuador. Para ello, se muestrearon distintas presentaciones de leches de varias marcas: pasteurizadas (3 marcas), ultrapasteurizadas (8 marcas) y en polvo (5 marcas). Las muestras fueron digeridas con ácido nítrico: peróxido de hidrógeno y la concentración del metal pesado se detectó mediante un Espectrofotómetro de Absorción Atómica (Perkin-Elmer). En las leches líquidas y ultrapasteurizadas no se hallaron los metales pesados. Sin embargo en la leche en polvo, se detectó altas concentraciones de Pb (5,450±2,474 ppm) y Cd (0,333±0,176 ppm). Los valores de Pb están 272 veces por encima del valor máximo permitido para leche según el *Codex alimentarius* (0,02 ppm) y en el caso del Cd no existen valores máximos permisibles, por lo que se propone la generación de una norma de valor máximo para Cd en leche para el Ecuador.

Palabras claves: cadmio, Ecuador, leche, plomo.

Abstract

The Cadmium (Cd) and lead (Pb) are toxic heavy metals able to cause diseases in humans. The aim of this study was to detect the presence of Cd and Pb in ultra-pasteurized, pasteurized and powdered cow milk marketed in the city of Guayaquil. For this purpose, different presentations and brands of milk were sampled: pasteurized (three brands), ultra-pasteurized (eight brands) and powdered milk (five brands). The samples were digested with nitric acid: hydrogen peroxide and the heavy metal concentration was detected using an Atomic Absorption Spectrophotometer (Perkin-Elmer). Heavy metals were not detected in liquid and ultra-pasteurized milk the. However, in powdered milk, high concentrations of Pb (5.450 ± 2.474 ppm) and Cd (0.333 ± 0.176 ppm) were detected. The Pb values are 272 times higher than the permitted maximum level for milk according to *Codex Alimentarius* (0.02 ppm). As a permitted maximum level of Cd for milk does not exist, the generation of a maximum allowed value is proposed in Ecuador.

Keywords: cadmium, Ecuador, lead, milk.

Introducción

La leche de vaca es un alimento completo para el ser humano, ya que contiene proteínas, grasas, carbohidratos, vitaminas y minerales y se ha encontrado que ésta puede estar contaminada con bacterias, pesticidas y metales pesados (Magariños,

2000; Alais, 2003; FAO y OMS, 2007). Dentro de los metales pesados el cadmio (Cd) y el plomo (Pb) son unos de los más tóxicos.

Se ha demostrado que el Cd es capaz de bioacumularse y bioamplificarse en la cadena alimenticia (Pernía *et al.*, 2008). La exposición a Cd está asociada con

* Correspondencia del autor:
E-mail: beatrizpernia@gmail.com



un incremento en la incidencia de enfermedades renales (Åkesson, 2012), hipertensión (Gallagher & Meliker, 2010), anemia, osteoporosis (Järup & Alfvén, 2004), osteomalacia (WHO, 2010), diabetes (Schwartz *et al.*, 2013), anosmia, rinitis crónica y eosinofilia (Henson & Chedrese, 2004). Además, ha sido considerado por la Agencia de Investigación en Cáncer (IARC, siglas del inglés Agency for Research on Cancer) como un compuesto cancerígeno, capaz de generar leucemia (Henson & Chedrese, 2004) cáncer de mama (McElroy *et al.*, 2006), páncreas, pulmones (Henson & Chedrese, 2004) y próstata (Julin *et al.*, 2012).

El uso generalizado del Pb en actividades humanas ha traído como consecuencia la contaminación del medio ambiente y graves problemas de salud pública (OMS, 2014). El Pb una vez ingerido, se distribuye en el organismo acumulándose en diversos tejidos: cerebro, hígado, riñones y huesos, generando 143.000 muertes al año y 600.000 casos de discapacidad intelectual en niños (OMS, 2014).

Son numerosos los efectos del Pb en la salud humana, ya que inhibe la síntesis de hemoglobina, generando anemia (ATSDR, 2007; Counter *et al.*, 2012) incrementa la presión sanguínea, genera daño renal (Batuman *et al.*, 1981; Poma, 2008), perturbaciones en el sistema nervioso central (ATSDR, 2007) y cáncer de estómago y pulmones (Mushak, 2011). Además, los niños son muy sensibles al Pb, el cual genera retraso en el desarrollo mental e intelectual. Existen estudios que demuestran que el plomo disminuye el coeficiente intelectual (Poma, 2008). Además, en niños la exposición al plomo se ha asociado con ausentismo en las escuelas, menor rendimiento escolar (American Academy of Pediatrics Committee on Environmental Health, 1993), con agresividad y tendencia a la violencia (Needleman *et al.*, 2002).

Los posibles orígenes de la contaminación por Cd y Pb en leche son: contaminación de los alimentos y agua que ingiere la vaca, manipulación inapropiada durante el ordeño, almacenamiento y transporte de la leche (Magariños, 2000). Según González-Montaña (2009), la aplicación de fertilizantes, estiércol de ganado, agroquímicos y el riego con aguas contaminadas son actividades que contaminan los suelos agrícolas y de pastoreo, lo que trae como consecuencia la transferencia de los metales pesados a las plantas y de allí a las vacas y a la leche. Una vez que las vacas ingieren los metales pesados, una porción de estos pasa a la leche uniéndose a la grasa y a las proteínas como la caseína y las proteínas del suero (Magariños, 2000; Alais, 2003).

En países como México, Egipto, Italia y Pakistán, se han hallado valores elevados de Cd y Pb en leche (Licata, 2004; Rodríguez *et al.*, 2005; Enb *et al.*, 2009; Kazi *et al.*, 2009). Sin embargo, en Ecuador no existen publicaciones donde se registren los niveles de estos metales pesados en leche. Sumado a ello, en Ecuador existen evidencias de contaminación

por Cd y Pb en agua, suelos, alimentos, y en leche materna (IIRN, 2014). En leche materna se realizó un estudio en la ciudad de Guayaquil, donde se hallaron valores de $70 \pm 50,00$ ppb de Cd, con valores máximos de 159 ppb proveniente de la leche de una madre en la ciudadela Kennedy en Guayaquil (IIRN, 2014). Es por ello, que el objetivo del presente trabajo fue detectar la posible presencia de Cd y Pb en leches de vaca comercializadas en la ciudad de Guayaquil.

Materiales y Métodos

Para este estudio se colectaron muestras de leche de las 11 marcas más comercializadas en la ciudad de Guayaquil, 3 pasteurizadas ($n=30$), 8 ultrapasteurizadas ($n=80$) y 5 en polvo ($n=50$). Las leches se obtuvieron en tiendas departamentales y abastos, con fecha de caducidad vigente, condiciones de refrigeración apropiadas y sin detección de alteraciones sobre el color, aspecto y olor. De cada marca de leche según su presentación se procesaron 10 muestras provenientes de diferentes lotes, a fin de verificar si existía alguna diferencia. Las muestras fueron trasladadas al Instituto de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil, donde fueron procesadas.

Las leches fueron codificadas de L1 a L14 como se muestra en la Tabla 1, junto con los contenidos de proteínas, carbohidratos, grasas, calcio y sodio, reportados por el comerciante.

Para la digestión de las muestras se utilizó la metodología validada por D'Illo *et al.*, (2008). A 10 mL de leche se añadieron 5 mL de ácido nítrico 65% (Merck) y 1 mL de peróxido de hidrógeno 40% (Merck), se realizó una digestión en calor, se filtró con papel Whatman N° 40 y se ajustó a un volumen de 50 mL con agua bidestilada. La cuantificación de los metales se realizó por absorción atómica utilizando un espectrofotómetro de llama Perkin Elmer modelo AAnalyst100, según metodología interna del Instituto de Investigaciones de Recursos Naturales. Las muestras se leyeron a 228,8 nm para el Cd y 217,0 nm para el Pb, con un límite de detección de 0,002 ppm y 0,045 ppm, respectivamente. Para generar las curvas de calibración se utilizaron estándares comerciales de Cd y Pb (AccuStandard).

Análisis estadísticos

Los resultados se muestran como medias \pm desviación estándar ($n=10$). Para determinar si existían diferencias estadísticamente significativas en la concentración de metales para las distintas marcas comerciales, se realizó una comparación de medias utilizando una prueba ANOVA de una vía, tomando $p < 0.05$ como valor significativo y un test a posteriori de Tukey. Finalmente, para estudiar si existía una correlación entre las propiedades de la leche y los metales pesados se calcularon Coeficientes de Correlación de Pearson. Todas las pruebas se realizaron utilizando el Programa estadístico Minitab versión 17.

Tabla 1. Contenidos de proteínas, carbohidratos, grasas, calcio y sodio en 250 mL de leches enteras (reportadas por el comerciante)

Código	Tipo	Proteínas (g)	Carbohidratos Totales (g)	Grasa total (g)	Colesterol (mg)	Grasa saturada (g)	Calcio (%)	Sodio (mg)
L1	Ultrapasteurizada	8	10	8	34	5	25	80
L2	Ultrapasteurizada	6	10	6	23	3	28	130
L3	Ultrapasteurizada	8	13.74	8	NR	NR	25	NR
L4	Ultrapasteurizada	6	11	8	31	5	25	125
L5	Ultrapasteurizada	7	11	8	30	5	30	95
L6	Ultrapasteurizada	6	10	6.2	NR	NR	NR	125
L7	Pasteurizada	8	11	8	35	6	30	120
L8	Pasteurizada	4	8	5	13	4	13	180
L9	Pasteurizada	8	8	8	22	5	NR	230
L10	Polvo	5	14	8	28	4	44	95
L11	Polvo	8	12	8	24	5	30	95
L12	Polvo	6	14	8	26	5	34	110
L13	Polvo	6	18	6	11	2	50	105
L14	Polvo	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR

NR= no reportan

Resultados

Las muestras de leches comercializadas en la ciudad de Guayaquil fueron analizadas y no se detectaron metales pesados en las leches líquidas, ni en las ultrapasteurizadas, ni en las pasteurizadas (Tabla 2). Por el contrario, en las leches en polvo se obtuvieron altos niveles de Cd y Pb, en dos de las marcas estudiadas: L10 y L11 (Figura 1). Por otro lado, las leches en polvo L12, L13 y L14 no presentaron valores detectables de metales pesados.

Tabla 2. Concentración de Cd y Pb en leches líquidas comercializadas en la Ciudad de Guayaquil (n=3).

Código	Tipo	Cd (ppm)	Pb (ppm)
L1	Ultrapasteurizada	<0.002	<0.045
L2	Ultrapasteurizada	<0.002	<0.045
L3	Ultrapasteurizada	<0.002	<0.045
L4	Ultrapasteurizada	<0.002	<0.045
L5	Ultrapasteurizada	<0.002	<0.045
L6	Ultrapasteurizada	<0.002	<0.045
L7	Pasteurizada	<0.002	<0.045
L8	Pasteurizada	<0.002	<0.045
L9	Pasteurizada	<0.002	<0.045

La leche en polvo L10 fue la que presentó los mayores valores de ambos metales (Figura 1), con un promedio

de $5,450 \pm 2,474$ ppm de Pb y $0,333 \pm 0,176$ ppm de Cd, llegando a valores máximos de 7,77 ppm de Pb y 0,46 ppm de Cd. La leche L11 presentó valores aparentemente menores a L10 de $2,350 \pm 1,051$ ppm y $0,100 \pm 0,047$ ppm, para Pb y Cd, respectivamente. Sin embargo, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los valores de metales pesados para las marcas L10 y L11 ($p > 0,05$). Es importante destacar que no todos los lotes de ambas leches presentaron Cd y Pb. En el caso de L10, 2 de 3 lotes presentaron contaminación con los metales pesados, mientras que para L11 solo 1 de 3 lotes.

Con la finalidad de detectar si existía alguna correlación entre los contenidos de metales y pesados y los contenidos de proteínas, grasas y calcio, se realizó un análisis de correlación de Pearson, donde se observó correlación entre ambos metales pesados ($r^2 = 0,989$) y entre estos y el calcio, Pb vs Ca ($r^2 = 0,748$) y Cd vs Ca ($r^2 = 0,838$). Lo que indica que probablemente a mayor concentración de Ca en la leche, mayor concentración de metales pesados. Por otro lado, no se observó correlación entre la concentración de los metales y los contenidos de proteína y grasas.

Discusión

Luego de realizar los análisis de las leches comercializadas en la ciudad de Guayaquil, se determinó que en las líquidas tanto pasteurizadas como ultrapasteurizadas, los niveles de metales pesados no fueron detectables. Por el contrario, se hallaron altas concentraciones de Cd y Pb en leches

Tabla 3. Análisis de correlación de Pearson entre el contenido de metales pesados en las leches en polvo y los contenidos de proteínas, carbohidratos, grasas, colesterol, calcio y sodio.

	Pb	Cd	Proteínas	Carbohidratos	Grasa total	Colesterol	Calcio	Sodio
Pb	1,000	0,989	-0,401	0,079	0,000	0,567	0,748	-0,824
Cd	0,989	1,000	-0,532	0,225	0,000	0,682	0,838	-0,731

Tabla 4.- Concentración máxima de Cd y Pb en ppm reportados para varios países y límites máximos permitidos (LMP) según el Codex Alimentarius, la Norma de la Unión Europea, la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 9:2012 y la Norma de Rumania.

País	Valor máximo reportado de Cd (ppm)	Valor máximo reportado de Pb (ppm)	Referencia
Ecuador	0,46	7,77	Presente trabajo
Egipto	0,11	0,960	Enb <i>et al.</i> , 2009
Italia	0,02	1,32	Licata <i>et al.</i> , 2004
México	0,29	0,74	Rodríguez <i>et al.</i> , 2005
Pakistán	0,06	0,058	Kazi <i>et al.</i> , 2009
LMP Codex Alimentarius	-	0,02	FAO y OMS, 2007
LMP NTE INEN 9:2012	-	0,02	NTE INEN 0009, 2012
LMP Unión Europea	-	0,02	González-Montaña, 2009
LMP Rumania	0,01	-	-

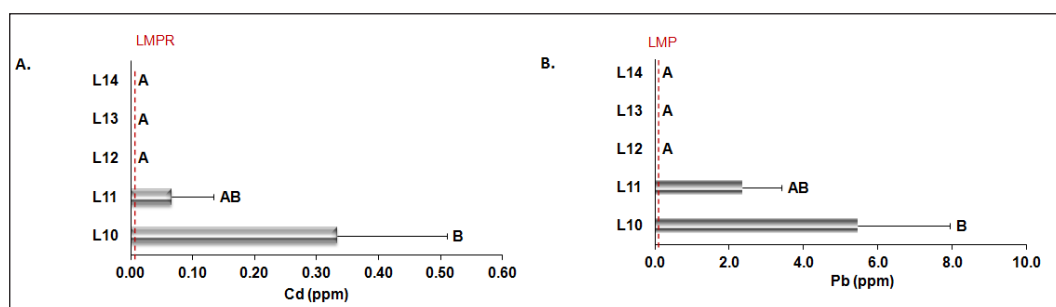


Figura 1. Valores de metales pesados en tres marcas de leche en polvo comercializadas en la ciudad de Guayaquil (L10, L11 y L12). A. Cd, B. Pb. Los resultados se muestran como medias±desviación estándar (n=3). Letras iguales señalan que no hay diferencias estadísticamente significativas entre las medias, según ANOVA de 1-vía ($p < 0.05$) y test de Tukey. LMP: límite máximo permitido según el Codex Alimentarius (FAO y OMS, 2007). LMPR: límite máximo permitido según la Norma de Rumania.

en polvo. Una posible explicación, es que en la leche líquida los metales se encuentran diluidos y a bajas concentraciones no logran ser detectados por el equipo. Otra posible explicación, es que las leches en polvo contienen aditivos tales como maltodextrina, azúcar, carbonato de calcio, pirofosfato de hierro y en algunos casos lecitina de soya, y de estos aditivos podría provenir la contaminación.

Por otro lado, en el análisis de correlación, no se observó una correspondencia entre los valores de metales y los de proteínas y lípidos, que según Magariños (2000) es a los que se unen los metales pesados en la leche. Este hecho podría apoyar la hipótesis de que la contaminación podría estar asociada a los aditivos químicos añadidos a las leches o podría proceder de los tanques de transporte de la leche, ya que pudieran presentar soldaduras con Pb. Al comparar los valores de metales pesados con las con los límites máximos permitidos para leche de bovino, en normas internacionales de la Unión Europea, Rumania, el Codex Alimentarius (OMS/FAO, 2007) y la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN

9:2012, se observó que el Pb y el Cd se encuentran muy por encima de los valores máximos permitidos. Los valores de Pb están 272 veces por encima del valor máximo permitido (0,02 ppm) para leche según el Codex alimentarius y la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 9:2012 y en el caso del Cd ni en el Codex Alimentarius ni en las normas ecuatorianas existe un límite máximo. Sin embargo, las Normas de Rumania si consideran un valor máximo para Cd en leche de 0,01 ppm, lo que implica que los niveles de este metal están 33 veces por encima del límite permitido. Esta situación pone en riesgo a los consumidores, en especial a los niños, que podrían ser más afectados. Se ha documentado que el Pb en los niños afecta al sistema nervioso central, generando una disminución de las funciones cognitivas, en la atención y genera impulsividad e hiperactividad (Lassiter *et al.*, 2015). Comparativamente, las concentraciones de metales halladas en leche, fueron muy superiores a las encontradas en otros países tales como Egipto, Italia, México y Pakistán (Tabla 4). Por lo que se recomienda realizar un estudio sobre el origen de la contaminación por Cd y Pb en la leche en Ecuador, i) analizando los

niveles de estos metales en el agua y alimento de las vacas, así como ii) realizar una inspección en los tanques de transporte de la leche, ya que pudieran presentar soldaduras con Pb, iii) realizar un análisis de metales a los aditivos de las leches en polvo iv) realizar monitoreos permanentes de los niveles de Pb y Cd en estiércol de ganado vacuno, fertilizantes, agroquímicos y aguas contaminadas, en relación con los suelos agrícolas y de pastoreo y, finalmente, v) hacer un estudio o seguimiento con datos estadísticos de la correlación de los consumidores de leche en polvo en Ecuador con las concentraciones de Pb y Cd en sus organismos versus las enfermedades relacionadas a las excesivas concentraciones de Pb y Cd.

Si bien las cantidades de Cd que se acumulan en el cuerpo humano son pequeñas, al ser su eliminación del organismo muy lenta, deben restringirse la ingesta diaria para no llegar a valores tóxicos que afecten la salud de los seres humanos (FAO/WHO, 2000). Ni en el *Codex Alimentarius* (FAO y OMS, 2007), ni en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 9:2012 existe un límite máximo para Cd. Dados los resultados obtenidos en el presente trabajo se sugiere a las autoridades de Salud generar un límite máximo para este metal pesado en leche en Ecuador.

Conclusiones

La concentración de metales pesados en leche líquida no fue detectable, pero los valores para leche en polvo, superan significativamente los límites máximos permisibles por las normas nacionales e internacionales, encontrándose valores superiores a los hallados en otros países.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Dr. Humberto Díaz y al Biól. Xavier Cornejo por la revisión del manuscrito y al Programa Prometeo de SENESCYT por el financiamiento de los reactivos.

Referencias

Åkesson, A. 2012. Cadmium Exposure in the Environment: Renal Effects and the Benchmark Dose. *Encyclopedia of Environmental Health*, 465-473.

Alais, C. 2003. *Ciencia de la Leche: principios de técnica lechera* (4ta Edición ed.). Barcelona: Editorial Reverté, S.A.

American Academy of Pediatrics Committee on Environmental Health. 1993. Lead poisoning: from screening to primary prevention. *Pediatrics*, 9(2), 176-183.

ATSDR. 2007. *Case studies in environmental medicine. Lead toxicity*. Atlanta: US Department of Health and Human Services.

Batuman, V., Maesaka, J., Haddad, B., Tepper, E., Landy, E., & Wedeen, R. 1981. The role of lead in gout nephropathy. *N Engl J Med*, 304, 520-523.

Counter, S., Buchanan, L., & Ortega, F. 2012. Association of hemoglobin levels and brainstem auditory evoked responses in lead-exposed children. *Clinical Biochemistry*, 45(15), 1197-1201.

D'Ilio, S., Petrucci, F., D'Amato, M., Di Gregorio, M., Senofonte, O., & Violante, N. 2008. Method validation for determination of arsenic, cadmium, chromium and lead in milk by means of dynamic reaction cell inductively coupled plasma mass spectrometry. *Analytica Chimica Acta*, 624(1), 59-67.

Enb, A., Donia, M., Abd-Rabou, N., Abou-Arab, A., & El Senaity, M. 2009. Chemical composition of raw milk and heavy metals behavior during processing of milk products. *Global Vet*, 3, 268-275.

FAO/WHO. 2000. Evaluation of certain food additives and contaminants (Fifty-fifth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives). WHO Technical Report Series, No. 901, 2001. [2000, TRS 901-JECFA 55]. .

FAO y OMS. 2007. *Codex Alimentarius*. Roma.

Gallagher, C. & J. Meliker. 2010. Blood and Urine Cadmium, Blood Pressure, and Hypertension: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Environ Health Perspect*, 118(12), 1676-1684.

González-Montaña, J. 2009. *Metales pesados en carne y leche y certificación para la Unión Europea (UE)*. Obtenido de Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias: file:///C:/Users/IIRN/Downloads/Dialnet-MetalesPesadosEnCarneYLecheYCertificacionParaLaUni-3238123%20(1).pdf

Henson, M., & Chedrese, P. 2004. Endocrine Disruption by Cadmium, a Common Environmental Toxicant with Paradoxical Effects on Reproduction. *Exp. Biol Med.*, 229, 383-392.

IIRN. 2014. *Informe técnico sobre concentraciones de Cd en agua, sedimento, alimentos y organismos*. Guayaquil.

Järup, L., & Alfvén, T. 2004. Low level cadmium exposure, renal and bone effects--the OSCAR study. *Biometals*, 17(5), 505-509.

Järup, L., Berglund, M., Elinder, C., Nordberg, G., & Vahter, M. 1998. Effects of cadmium exposure--a review of the literature and a risk estimate. *Scand J Work Environ Health*, 24(1), 1-51.

Julin, B., Wolk, A., Johansson, J., Andersson, S., Andrén, O., & Akesson, A. 2012. Dietary cadmium exposure and prostate cancer incidence: a population-based prospective cohort study. *Br J Cancer*, 107(5), 895-900.

Kazi, T., Jalbani, N., Baig, J., Kandhro, G., Afridi, H. A., & Jamali, M. 2009. Assessment of toxic metals in raw and processed milk samples using electrothermal atomic absorption. *Food and Chemical Toxicology*, 47(9), 2163-2169.

Lassiter, M. G., Owens, E. O., Patel, M. M., Korrane, E., Madden, M., Richmond-Bryant, J., Dubois, J.-J. 2015. Cross-species coherence in effects and modes of action in support of causality determinations in the U.S. Environmental Protection Agency's integrated science assessment for lead. *Toxicology*. doi:10.1016/j.tox.2015.01.015

Licata, P., Trombetta, D., Cristani, M., Giofrè, F., Martino, D., Calò, M., & Naccari, F. 2004. Levels of "toxic" and "essential" metals in samples of bovine milk from various dairy farms in Calabria. *Environment International*, 30(1), 1-6.

Magariños, H. 2000. *Producción higiénica de la leche cruda*. Calzada Mateo, Guatemala: Producción y Servicios Incorporados S.A.

McElroy, J., Shafer, M., Trentham-Dietz, A., Hampton, J., & Newcomb, P. 2006. Cadmium exposure and breast cancer risk. *J Natl Cancer Inst*, 98(12), 869-873.

Mushak, P. 2011. Chapter 17 - Carcinogenic and Genotoxic Effects of Lead in Human Populations. *Trace Metals and other Contaminants in the Environment*, 10, 635-670.

Needleman, H., McFarland, C., Ness, R., Fienberg, S., & Tobin, M. 2002. Bone lead levels in adjudicated delinquents: A case control study. *Neurotoxicology and Teratology*, 24(6), 711-717 .

OMS. 07 de Octubre de 2014. *Intoxicación por plomo y salud*. Obtenido de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs379/es/>

Pernía, B., De Sousa, A., Reyes, R., & Castrillo, M. 2008. Biomarcadores de contaminación por cadmio en las plantas. *Interciencia*, 33(2), 112-119.

Poma, P. 2008. Intoxicación por plomo en humanos. *An. Fac. med.*, 69(2), 120-126.

Rodríguez, H., Sánchez, E., Rodríguez, M., Vidales, J., Acuña, K., Martínez, G., & Rodríguez, J. C. 2005. *Metales pesados*

en leche cruda de bovino. Obtenido de Revista de la Facultad de Salud Pública y Nutrición: <http://www.respyn.uanl.mx/vi/4/articulos/metales.html>

Schwartz, G., IL'Yasova, D., & Ivanova, A. 2013. Urinary cadmium, impaired fasting glucose, and diabetes in the NHANES III. *Diabetes Care*, 26(2), 468-470.

WHO. 2010. *Preventing disease through healthy environments exposure to cadmium: a major public health concern*. Obtenido de <http://www.who.int/entity/ipcs/features/cadmium.pdf>.