

# Presencia de arsénico en tejidos de origen bovino en el sudeste de la provincia de Córdoba, Argentina

PÉREZ CARRERA, A.<sup>1,2</sup>; PEREZ GARDINER, M.L.<sup>1</sup> Y FERNÁNDEZ CIRELLI, A.<sup>1,2</sup>

## Resumen

El arsénico es un contaminante natural de aguas subterráneas en una amplia zona de Argentina, en particular el sudeste de la provincia de Córdoba es una de las regiones más afectadas. La información a nivel mundial acerca de la transferencia de arsénico a la cadena agroalimentaria particularmente a productos cárnicos es escasa. En este trabajo, se determinaron las concentraciones de arsénico en riñón, hígado, músculo esquelético y glándula mamaria en bovinos de la zona de estudio. Los órganos donde se registraron las mayores concentraciones de arsénico fueron hígado y riñón. Los niveles hallados en hígado estuvieron entre 27,0 y 46,5 ng/g y en riñón, entre 24,0 y 73,2 ng/g. En las muestras de músculo y glándula mamaria, las concentraciones estuvieron en todos los casos por debajo del límite de detección de la técnica utilizada. Las concentraciones de arsénico en los diferentes tejidos analizados se encontraron dentro de los límites recomendados a nivel nacional.

Palabras clave: (arsénico), (hígado), (riñón), (bovino).

Arsenic levels in bovine tissues in the southeast of the province Córdoba, Argentina

## Summary

Arsenic is a groundwater contaminant widely distributed in Argentina. One of the most affected area is the southeast of Cordoba province. The information about the transfer of arsenic to the food chain and meat products is scarce. In this study, the concentrations of arsenic in kidney, liver, muscle and udder in cattle in the study area were analyzed. The highest concentrations of arsenic were found in liver and kidney. The levels found in liver ranged from 27.0 to 46.5 ng/g while in kidney, ranged between 24.0 to 73.2 ng/g. In muscle and udder samples arsenic were below the detection limit of the technique in all cases. The levels of arsenic in the analyzed tissues were within the national recommended limits.

Key words: (arsenic), (liver), (kidney), (bovine).

<sup>1</sup>Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua. Facultad de Ciencias Veterinarias (UBA). [alpc@fvvet.uba.ar](mailto:alpc@fvvet.uba.ar). <sup>2</sup>CONICET  
Recibido: 17.05.2010 - Aceptado: 13.08.2010

## Introducción

Las tendencias actuales en el consumo de productos agropecuarios demandan estándares de calidad cada vez más estrictos. La cuantificación de metales traza en productos cárnicos representa uno de los nuevos desafíos para brindarle a los consumidores calidad nutricional e inocuidad en los alimentos. En este sentido, el consumo de alimentos de origen animal contaminados implica diversos riesgos para la salud humana. Los contaminantes presentes en los alimentos son generalmente de naturaleza biológica, por manejo inadecuado de los productos, o de naturaleza química, por el uso incorrecto de medicamentos veterinarios o plaguicidas; o por contaminación ambiental por diversos elementos como los contaminantes orgánicos, exceso de nitrógeno en algunos cultivos especialmente hortícolas o metales traza.

La leche, los productos lácteos derivados y la carne, constituyen una parte fundamental de la alimentación humana y son una fuente importante de nutrientes y minerales. Sin embargo, en algunos casos, puede producirse la acumulación de determinados elementos traza en estos productos animales destinados al consumo humano, en concentraciones que pueden afectar la salud.

Los animales reducen la exposición del hombre a los elementos traza, ya que los niveles presentes en las diferentes matrices ambientales, tales como agua y suelo, son mayores de los que aparecen en los productos de consumo humano. Sin embargo, se han identificado elementos traza que pueden estar presentes en la dieta del ganado en concentraciones toleradas por los animales, pero que pueden transferirse y acumularse en sus tejidos en concentraciones no aceptables para el consumo humano. Los elementos identificados en esta situación son: arsénico, cadmio, cromo, cobre, plomo y selenio<sup>14</sup>.

En el caso del arsénico (As), ha recibido especial atención pues se trata de un contaminante natural que aparece en aguas subterráneas y tiene amplia distribución en Argentina. Su presencia ha sido atribuida a fenómenos

geológicos asociados con el vulcanismo terciario y cuaternario desarrollado en la Cordillera de los Andes. La región involucrada comprende las provincias de Salta, La Pampa, Córdoba, San Luís, Santa Fe, Buenos Aires, Santiago del Estero, Chaco y Tucumán<sup>3</sup>. Una de las zonas más afectadas es el sudeste de la provincia de Córdoba, donde existen trabajos que informan un contenido de As en agua subterránea entre  $< 10$  y  $4550 \mu\text{g/L}$ <sup>5, 16, 17, 20, 21</sup>. Diferentes investigadores han estimado que en Argentina la población expuesta al consumo de agua con elevado contenido de As, es aproximadamente de 4 millones de habitantes, debido a que el límite máximo permitido en agua potable según el Código Alimentario Argentino (CAA)<sup>4</sup> fue modificado en el año 2007, disminuyendo de  $50 \mu\text{g/L}$  a  $10 \mu\text{g/L}$ ; este nivel coincide con el adoptado por otros organismos internacionales como la Organización Mundial de la Salud. Desde principios del siglo pasado se ha asociado al arsénico con diferentes afecciones a la salud, en nuestro país, una de las patologías de mayor relevancia asociada a la exposición al arsénico es el Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico (HACRE)<sup>1, 13</sup>.

En Argentina, se han realizado investigaciones relacionando el HACRE con los niveles de As total en el agua de bebida pero no existen estudios sistemáticos que lo relacionen con los niveles del mismo en forrajes, cultivos o animales, especialmente en productos de consumo humano que podrían constituir una fuente de transmisión de As y de otros elementos tóxicos hacia el hombre.

La toxicidad del arsénico depende de las formas químicas en que se encuentra dicho elemento, siendo las formas inorgánicas, As(III) y As(V), las que tradicionalmente han sido consideradas de mayor toxicidad. Sin embargo, estudios recientes demuestran que algunos compuestos orgánicos intermediarios productos de metabolismo podrían presentar una toxicidad comparable o superior<sup>7</sup>.

En trabajos realizados en nuestro laboratorio hemos determinado la concentración de As en agua subterránea utilizada para bebida animal en

establecimientos de producción lechera ubicados en el sudeste de la provincia de Córdoba. Los niveles hallados superaron en casi todos los casos los límites recomendados para agua de bebida animal. Estas elevadas concentraciones sugirieron la posibilidad de que este elemento se encuentre en productos de consumo humano provenientes del ganado de la zona, en este sentido, determinamos la presencia de As en agua de bebida animal y en leche bovina y se estimó un factor de biotransferencia de As a leche para la región<sup>20, 22, 23, 24</sup>.

El presente trabajo tiene por objetivo analizar la composición nutricional y los niveles de As en diferentes tejidos de origen bovino destinados al consumo humano (hígado, riñón, músculo esquelético y glándula mamaria) de animales criados y faenados en el sudeste de la provincia de Córdoba y comparar los resultados obtenidos con los niveles de seguridad que se informan a nivel nacional e internacional

## Materiales y métodos

### Zona de estudio

El presente trabajo tiene como área de estudio la zona norte del Departamento de Unión, ubicada en el sudeste de la provincia de Córdoba y se extiende, de forma irregular, entre

los 62° 33' y los 62° 57' de longitud oeste y entre los 32° 12' y los 32° 50' de latitud sur (Fig. 1). Predominan los establecimientos dedicados a la producción lechera, junto con numerosas explotaciones dedicadas a la agricultura

### Obtención de las muestras

Se obtuvieron 30 muestras de hígado, riñón, glándula mamaria y músculo esquelético de animales de la zona faenados en el frigorífico de la ciudad de Bell Ville. Se colectaron aproximadamente 500g en bolsas de polietileno y se conservaron congeladas a -20°C hasta su procesamiento.

### Procesamiento de las muestras

En el laboratorio, se quitaron los restos de tejido conectivo y adiposo y se eliminaron los restos de grasa intramuscular en las muestras de músculo esquelético. Luego las muestras fueron homogeneizadas y se conservaron congeladas (-20°C). Para la digestión de las muestras de tejidos, se pesó 1 g en un vaso de precipitados de 100 ml. Las muestras se secaron en estufa a 85°C hasta peso constante. Se agregaron 5 ml de HNO<sub>3</sub> (c) y se llevaron a plancha calefactora hasta reducir el volumen a una tercera parte aproximadamente. En los casos donde se observaron restos de materia orgánica se repuso

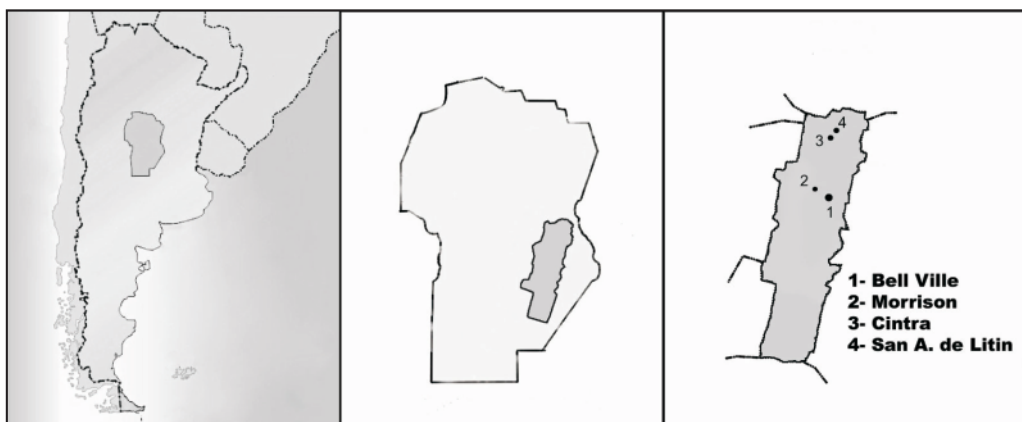


Figura 1. Zona de estudio. Departamento de Unión, Provincia de Córdoba

el nivel de  $\text{HNO}_3$  (c). Luego se agregaron 3 ml de  $\text{HClO}_4$  (c) y se evaporó hasta llegar casi a sequedad. Para la determinación de As por generación de hidruros se agregaron 10 ml de HCl (c) a cada muestra de tejido y se llevó a 50 ml en matraz<sup>11</sup>.

## Determinación de arsénico en tejidos

La cuantificación de As se llevó a cabo mediante la técnica de espectroscopía de emisión atómica por plasma de acoplamiento inductivo (ICP-OES). El equipo utilizado fue un espectrómetro Perkin Elmer Optima 2000 DV acoplado a un generador de hidruros. Para cada tipo de matriz estudiada se utilizaron materiales de referencia certificados (CRM) para la verificación de la calibración y para la validación del método analítico. Los parámetros instrumentales utilizados se optimizaron para cada tipo de matriz analizada, de manera de obtener la máxima sensibilidad sin que se manifiesten interferencias de matriz.

Las muestras de tejidos analizados (N= 30) provinieron en todos los casos de animales adultos nacidos y criados en establecimientos ubicados dentro de la zona de estudio. Se analizaron las características nutricionales de los tejidos estudiados para poder determinar correlaciones con el nivel de As y determinar la posible asociación entre los niveles de este elemento y la composición de los tejidos. Para ello se determinó el contenido de materia seca (MS), cenizas (C), grasa bruta (GB) y proteína bruta (PB)<sup>6</sup>, expresando los resultados sobre base seca y base tal cual.

## Análisis estadístico de los resultados

Se determinaron los valores medios, mínimo, máximo y el desvío estándar de los parámetros analizados en cada una de las muestras. Se analizó la existencia de correlaciones entre los valores de materia seca (MS), proteína bruta (PB), grasa bruta (GB), cenizas (C) y los niveles de As en cada una de las muestras utilizando el test de correlación de Spearman<sup>29</sup>.

## Resultados y discusión

En la zona de estudio la fuente principal de agua es subterránea y proviene de perforaciones que extraen el agua de la capa freática (3 – 15 m de profundidad) o de perforaciones denominadas semisurgentes (80 – 150 m de profundidad). En trabajos previos realizados en la zona, los niveles de As en agua de bebida animal estuvieron dentro de un intervalo comprendido entre 61,5 y 4550  $\mu\text{g/L}$  en aguas provenientes de la capa freática y entre < 10 y 189  $\mu\text{g/L}$  de agua proveniente de pozos semisurgentes<sup>20, 22, 23</sup>.

Los resultados de las características nutricionales de los tejidos estudiados se detallan en la Tabla 1

En riñón, los resultados de los parámetros analizados coincidieron con los valores reportados en tablas de composición nutritiva<sup>27</sup>, considerando el peso seco de las muestras (MS: 17%, PB: 16,5%, GB: 8%, C: 1,2%). En hígado, los resultados estuvieron ligeramente por debajo del nivel promedio informado en tablas de composición nutritiva, considerando el peso húmedo de las muestras (MS: 28,8%, PB: 19,8%, GB: 3,9%, C: 1,5%). En las muestras de músculo esquelético, el contenido de MS coincidió con los niveles informados, sin embargo, el contenido de proteína bruta y cenizas estuvo por debajo de los niveles informados (PB: 21,4%, C: 1%). El contenido de grasa fue mayor al promedio considerado en tablas de composición nutritiva para carne magra bovina, considerando el peso húmedo de las muestras (GB: 2,4%). En las muestras de glándula mamaria se registró la mayor variabilidad entre los parámetros analizados, especialmente en el contenido de grasa y proteína bruta. Este hecho estaría relacionado con la edad, el estado fisiológico y nutricional, la influencia hormonal y los procesos inflamatorios que haya sufrido la glándula mamaria en los animales donde se colectó la muestra. La relación entre el parénquima y el estroma en la glándula mamaria está influenciada principalmente por la actividad hormonal, vinculada directamente al período de lactancia. La variación observada en los resultados está relacionada al distinto estadio productivo de los animales.

Tabla 1. Caracterización de las muestras de tejido bovino en Base tal cual y en Base seca.

Tejidos	MS %	PB %		GB %		C %	
		Base tal cual	Base seca	Base tal cual	Base seca	Base tal cual	Base seca
<b>Riñón</b>							
Mínimo	17,1	12,5	73,2	1,3	7,5	0,6	3,1
Máximo	22,2	16,3	73,4	2,7	13,8	1,2	6,1
Promedio	19,5	14,3	73,3	2	10,4	0,9	4,5
DS	1,9	1,4	0,1	0,5	2,4	0,2	1,1
<b>Hígado</b>							
Mínimo	24,9	16	64,1	2,3	9,1	0,3	1,3
Máximo	27,4	17,6	64,3	3,1	11,7	0,9	3,5
Promedio	26,5	17	64,2	2,9	10,9	0,7	2,5
DS	1	0,6	0,1	0,4	1,1	0,2	0,8
<b>Músculo esquelético</b>							
Mínimo	19	14,1	61,7	0,8	3,8	0,2	0,9
Máximo	27,5	19,7	79,2	7,3	26,4	0,6	2,1
Promedio	23,3	16,7	72,3	3	12,2	0,3	1,2
DS	3,2	1,9	6,8	2,5	8,8	0,1	0,4
<b>Glándula mamaria</b>							
Mínimo	18,5	9,3	49	0,5	2,4	0,2	1,1
Máximo	24,6	16,4	75,1	6,4	33,6	1	4,7
Promedio	21,4	12,1	56,6	4,9	23,6	0,6	2,8
DS	2,3	2,5	7,8	2	10,7	0,2	1,1

En general, los niveles de As en la dieta de bovinos son bajos y no se produce acumulación en los tejidos, que habitualmente presentan una concentración de As menor de 50 ng/g<sup>12, 23</sup>. Cuando los niveles de As de la dieta son elevados, su concentración en los tejidos aumenta. Las mayores concentraciones se registran en la piel, pelo y pezuñas debido a la afinidad del As por los grupos sulfhidrilos de las proteínas que integran los tejidos queratinizados<sup>14</sup>. Los órganos donde se han registrado habitualmente las mayores concentraciones de As son hígado y riñón. Por ello, la acumulación de As en estos tejidos puede representar un riesgo para el consumidor. En la Tabla 2 se muestran los niveles de As total en las muestras de tejidos analizadas.

La concentración de As total hallada en los tejidos bovinos estudiados varían entre niveles no detectables con la técnica utilizada (< 0,5 µg/g) y 73 ng/g. Los niveles de As en hígado estuvieron entre 27 y 46,5 ng/g y en riñón, entre 24 y 73,2 ng/g. En las muestras de músculo y glándula mamaria, las concentraciones estuvieron en todos los casos por debajo del límite de detección de la técnica utilizada (Tabla 2).

Los niveles de As en riñón fueron superiores a los de hígado, debido a que la mayor parte del As es excretado a través de la orina. Respecto a los niveles de As en glándula mamaria no se ha encontrado información de referencia a nivel nacional o internacional.

En nuestro país, el Plan nacional de

Control de Residuos e Higiene en Alimentos (CREHA - SENASA)<sup>26</sup> ha fijado límites máximos admisibles para el As en el hígado, riñón y músculo de vacunos. Dichos límites son 1000 ng/g para hígado y riñón y 500 ng/g para músculo esquelético. La concentración de estos elementos en las muestras analizadas estuvo en todos los casos muy por debajo del límite máximo considerado. En la literatura internacional existe información acerca del contenido de As en productos de origen bovino, incluyendo el contenido de As en hígado y riñón<sup>8, 9, 10, 11, 18, 25, 28.</sup>

Los resultados obtenidos en las muestras analizadas de hígado y riñón en el presente

trabajo son comparables a los niveles informados en ganado bovino en otras regiones del mundo. En la Tabla 3 se muestra la concentración promedio de As en hígado y riñón en ganado bovino, caprino y equino informado por distintos autores en zonas afectadas por la presencia de arsénico o en casos de intoxicación con este elemento.

En ganado bovino, los niveles de As en hígado informado por diferentes autores se encuentra entre 10 y 50 ng/g y en riñón entre <15 a 106 ng/g.

Las concentraciones halladas en hígado y riñón en nuestro estudio son similares a los valores informados en Canadá por Salisbury

Tabla 2. Concentración de As total en las muestras de tejido analizadas.

Tejido	Mínimo	Máximo	Promedio	DS
RIÑÓN*	24,0	73,2	43,8	16,7
HIGADO*	27,0	46,5	38,5	9,8
MUSCULO**	< 0,5***	< 0,5***	///	///
G. MAMARIA**	< 0,5***	< 0,5***	///	///

\* ng/g.

\*\* µg/g

\*\*\* límite de detección de la técnica utilizada.

Tabla 3. Concentración promedio de As en hígado y riñón en diferentes especies informada por diversos autores.

Especie	Unidad	Hígado	Riñón	Referencia
Bovino	ng/g	<20	30	Kramer <i>et al.</i> , 1983
Bovino	ng/g	13	48	Vos <i>et al.</i> , 1987
Bovino	ng/g	<15	<15	Jorhem <i>et al.</i> , 1991
Bovino	ng/g	30	30	Salisbury <i>et al.</i> , 1991
Bovino	ng/g	10	///	Kluge-Berge <i>et al.</i> , 1992
Bovino	ng/g	46	68	López Alonso <i>et al.</i> , 2000
Bovino	ng/g	71	77	López Alonso <i>et al.</i> , 2002
Bovino	ng/g	50	106	Nriagu <i>et al.</i> , 2009
Bovino	ng/g	38	44	Este trabajo
Caprino	µg/g	76	38	Biswas <i>et al.</i> , 2000
Equino	µg/g	14	108	Pace <i>et al.</i> , 1997.

*et al* (1991)<sup>25</sup>, en los Países Bajos por Vos *et al* (1987)<sup>28</sup>, en Australia por Kramer *et al* (1983)<sup>10</sup> y en Galicia por López Alonso *et al* (2000)<sup>11</sup>. En el trabajo realizado por López Alonso *et al* (2002)<sup>12</sup> las concentraciones de As en tejidos se analizaron considerando el nivel de As en suelos. Las mayores concentraciones fueron halladas en suelos con más de 20 mg/kg de As total donde el intervalo de concentraciones de As en hígado estuvo entre ND (no detectable) y 401 ng/g (base húmeda) y en riñón entre ND y 537 ng/g (base húmeda). En suelos con niveles de As menores a 20 mg/kg, los niveles encontrados en hígado y riñón estuvieron dentro del rango que se menciona en este trabajo para la zona sudeste de la provincia de Córdoba. Las concentraciones informadas en Noruega por Kluge-Berge *et al* (1992)<sup>9</sup> y en Suecia por Jorhem *et al* (1991)<sup>8</sup> estuvieron por debajo de las concentraciones registradas en nuestro estudio. La concentración de As en riñón informada por Nriagu *et al* (2009)<sup>18</sup> en Jamaica, fue muy superior a los valores de As en riñón hallados en este estudio.

En el caso del ganado caprino, investigaciones realizadas por Biswas *et al* (2000)<sup>2</sup> han determinado niveles de As en hígado de 76 µg/g y en riñón de 38 µg/g. En equinos, un estudio realizado por Pace *et al* (1997)<sup>19</sup> informa niveles en hígado de 14 µg/g y en riñón de 108 µg/g aunque es necesario aclarar que se trató de un cuadro de intoxicación por As por consumo de alimento contaminado con niveles de 3000 µg/g.

El músculo esquelético no es un tejido donde se acumule el As ya que no interviene activamente en el metabolismo de este elemento, se han reportado concentraciones de As entre 6,5 y 14,6 µg/g<sup>12</sup>. En casos letales de intoxicaciones con As en South Dakota, se han encontrado niveles en riñón de 25,6 µg/g y en hígado de 19,4 µg/g<sup>15</sup>.

No se encontraron correlaciones estadísticamente significativas entre el contenido de MS, PB, GB, C y la concentración de As en las muestras analizadas ( $p > 0,05$ ).

## Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos en este trabajo, las concentraciones de As en hígado y riñón son, en todos los casos, menores a las halladas en agua subterránea proveniente de la capa freática y de pozos semisurgentes de la zona de estudio. Esto demuestra que, a diferencia de los contaminantes orgánicos, que pueden bioacumularse en los tejidos animales, en general, los niveles de metales traza en los productos de consumo humano son menores que los detectados en el agua de bebida o alimento, con lo cual los animales actuarían reduciendo la exposición a contaminantes inorgánicos.

Los niveles de As en riñón e hígado fueron superiores a los hallados en músculo y glándula mamaria. La concentración en muestras de riñón fue superior a las muestras de hígado. Este resultado estaría de acuerdo con el hecho de que la mayor parte del As ingerido es excretado a través de la orina.

En el total de las muestras analizadas las concentraciones de As estuvieron muy por debajo del límite máximo considerado por el Plan Nacional CREHA-SENASA.

Hasta el momento, los estudios de exposición realizados a nivel nacional o internacional han relacionado la aparición de signos de intoxicación con As con la exposición a través del agua de bebida aunque no puede desconocerse que la presencia de este elemento en los alimentos también puede constituir un riesgo para la salud.

## Bibliografía

1. Ayerza, A. 1918. Arsenicismo regional endémico (Keratodermia y melanodermia combinadas). *Boletín de la Academia Nacional de Medicina*. 1:11-41.
2. Biswas, U.; Sarkar, S.; Bhowmik, M.K.; Samanta, A.K. y Biswas, S. 2000. Chronic toxicity of arsenic in goats: clinicobiochemical changes, pathomorphology and tissue residues. *Small Ruminant Research*. 38: 229-235.

3. Bundschuh, J., Nicolli, H., Blanco, M.C. et al. Distribución de arsénico en la región sudamericana. En: Bundschuh, J.; Pérez Carrera, A. y Litter, M (ed.). *CYTED Iberoarsen*. Buenos Aires, Argentina. 2008: 137-159.
4. CAA (*Código Alimentario Argentino*). Artículo 982, Agua Potable. Capítulo XII, Bebidas hídricas, agua y agua gasificada. Actualizado 2007.
5. Farías, S.; Casa, V.; Vázquez, C.; Ferpozzi, L.; Pucci, G. y Cohen, I. 2003. Natural contamination with arsenic and other trace elements in ground waters of Argentine Pampean Plain. *The Science of the Total Environment*. 309: 187-199.
6. Galyean, E. 1986. *Laboratory procedures in animal nutrition research*. New Mexico State University. Department of animal and range science, 33pp.
7. Hughes, M. 2002. Arsenic toxicity and potential mechanisms of action. *Toxicological Letters*. 133: 1-16.
8. Jorhem, L.; Storch, S.; Sundstrom, B. y Ohlin, B. 1991. Lead, cadmium, arsenic and mercury in meat, liver and kidney of Swedish pigs and cattle in 1984-88. *Food Additives and Contaminants*. 8: 1-212.
9. Kluge-Berge, S.; Skjerve, E.; Sivertsen, T. y Godal, A. 1992. Lead, cadmium, mercury and arsenic in Norwegian cattle and pigs. *Proceedings of the 3rd World Congress Foodborne Infections and Intoxications* (Germany: Berlin), pp. 745-748.
10. Kramer, H.; Steiner, J. y Valley, P. 1983. Trace element concentration in the liver, kidney and muscle of Queensland Cattle. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 30: 588-594.
11. López Alonso, M.; Benedito, J.; Miranda, M.; Castillo, C.; Hernández, J. y Shore, R. 2000. Toxic and trace elements in liver, kidney and meat from cattle slaughtered in Galicia (NW Spain). *Food Additives and Contaminants*, 17: 6, 447-457.
12. López Alonso, M.; Benedito, J.; Miranda, M.; Castillo, C.; Hernández, J. y Shore, R. 2002. Cattle as Biomonitors of Soils Arsenic, Cooper and Zinc Concentrations in Galicia (NW Spain). *Environmental Contamination and Toxicology*, 43: 103-108.
13. Ministerio de Salud de la Nación. Epidemiología del Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico en la República Argentina. Estudio colaborativo multicéntrico. 2006.
14. National Research Council. 2005. Mineral Tolerance of Animals. 2nd Revised Edition. Committee on Minerals and Toxic Substances in Diets and Water for Animals. *The National Academies Press*, Washington, D.C, 495 pp.
15. Neiger, R.; Nelson, N.; Miskimins, D.; Caster, J. y Caster L. 2004. Bovine arsenic toxicosis. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*. 16: 436-438.
16. Nicolli, H.; O' Connor, T.; Suriano, J. et al. 1985. Geoquímica del arsénico y otros oligoelementos en aguas subterráneas de la llanura sudoriental de la Provincia de Córdoba. *Academia Nacional de Ciencias*, Córdoba, Argentina, Miscelanea, 71, 112p.
17. Nicolli, H.; Suriano, J.; Gómez Peral, M.; Ferpozzi, L.; Beleani, O. 1989. Groundwater Contamination with Arsenic and other Trace Elements in an Area of the Pampa, Province of Córdoba, Argentina. *Environmental Geology Water Science*, 14: 1,3-16.
18. Nriagu, J.; Boughanen, M.; Linder, A. et al. 2009. Levels of As, Cd, Pb, Cu, Se and Zn in bovine kidneys and liver in Jamaica. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 72: 564-571.
19. Pace, L.W.; Turnquist, S.E.; Castell, S.W.; Johnson, P.J. y Frankeny, R.L. 1997. Acute arsenic toxicity in five horses. *Vet Pathol*. 34: 160-164.
20. Pérez Carrera, A. y Fernández Cirelli A. 2004. Niveles de arsénico y flúor en agua de bebida animal en establecimientos de producción lechera (Pcia. De Córdoba, Argentina). *InVet* 6(1): 51-59.
21. Pérez Carrera, A.; Moscuza, C. y Fernández Cirelli, A. 2005. Contenido de macrominerales en el agua de bebida de tambos de la provincia de Córdoba (Argentina) y su relación con los requerimientos de bovinos de leche. *Revista Argentina de Producción Animal* 25: 115-121.
22. Pérez Carrera, A. y Fernández Cirelli, A. 2005. Arsenic concentration in water and bovine milk in Córdoba, Argentina. Preliminary results. *Journal of Dairy Research*. 72:122-124.
23. Pérez Carrera, A., 2006. *Evaluación de Elementos Traza en Agua, Suelo, Forraje y Leche*. Tesis doctoral, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad de Buenos Aires, Argentina.
24. Pérez Carrera, A. y Fernández Cirelli A. 2007. Problemática del arsénico en la llanura sudeste de la provincia de Córdoba. Biotransferencia a leche bovina. *InVet*. 9(1): 123-135



25. Salisbury, C.; Chan, W. y Saschenbrecker, P. 1991. Multielement concentrations in liver and kidney tissues from five species of Canadian slaughter animals. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, 74: 587-591.
26. Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA). Plan Nacional de Control de Residuos e Higiene en Alimentos. Plan anual 2009 de residuos y toxinas en alimentos de origen animal.
27. Tabla de composición nutritiva de ingredientes utilizados comúnmente en dietas caseras para animales domésticos. Cátedra de Nutrición y Alimentación Animal. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad de Buenos Aires.
28. Vos, G.; Hovens, J. y Van Delft, W. 1987. Arsenic, cadmium, lead and mercury in meat, livers and kidneys of cattle slaughtered in the Netherlands during 1980-1985. *Food Additives and Contaminants*, 4: 73-88.
29. Zar, J. H. *Bioestatistical Analysis*, 4th ed. Prentice-Hall. New York, USA, 1999.