

# DETERMINACIÓN DE ARSÉNICO TOTAL E INORGÁNICO EN CARNE Y VÍSCERAS DE CAMÉLIDOS (*Lama glama*) AUTÓCTONOS DE LA PROVINCIA DE JUJUY, ARGENTINA

REBECA PONCE<sup>1</sup>; SILVIA FARIAS<sup>2</sup>; GRACIELA BOVI MITRE<sup>1</sup>;  
DINORAZ VÉLEZ<sup>3</sup> y ROSA MONTORO<sup>3</sup>

## RESUMEN

La población está expuesta a arsénico (As) a través de los alimentos de origen animal, vegetal y del agua. El objetivo del presente trabajo fue determinar la concentración de As total (AsT) y As inorgánico (AsI) en músculo e hígado de llama (*Lama glama*). Para la determinación de AsT las muestras se sometieron a una digestión por vía seca, realizándose la cuantificación mediante espectroscopia de emisión atómica con plasma inductivo. Para la determinación del AsI se realizó una digestión ácida, posterior extracción del AsI con disolventes orgánicos y cuantificación mediante espectroscopia de absorción atómica con generación de hidruros mediante inyección en flujo. Los contenidos de AsT en hígado (0.19-0.45 Fg/g) son superiores a los hallados en músculo (0.06-0.26 Fg/g), no excediendo en ninguno de los casos el límite máximo permitido por la legislación argentina. Los contenidos de AsI en el músculo son bajos (0.002-0.006 ng/g) y constituyen la primera referencia sobre AsI en este alimento.

**Palabras clave.** Arsénico total, Arsénico inorgánico, carne, *Lama glama*.

## DETERMINATION OF TOTAL AND INORGANIC ARSENIC IN MUSCULAR AND VISCERAL TISSUES OF AUTOCHTHONOUS CAMEL (*Lama glama*) FROM JUJUY- ARGENTINE

## SUMMARY

Population are exposed to arsenic through consumption of water, vegetables and animal origin food. The aim of this work is the determination of total (AsT) and inorganic arsenic (AsI) in muscle and liver of *Lama glama*. To determine AsT, samples were digested by means of "dry ash" technique and As was quantified through hydride generation- inductively coupled plasma-optical emission spectrometry (HG-ICP-OES). AsI was determined by employing acid digestion, subsequent extraction of AsI with chloroform and re-extraction with diluted acid. AsI was finally quantified by flow injection-hydride generation-atomic absorption spectrometry (FI-HG-AAS). AsT contents in liver (0.19-0.45 Fg/g) were higher than those found in muscle (0.06-0.26 Fg/g), but none of them exceed maximum allowed limits established by argentinean legislation. AsI levels in muscle are low (0.002-0.006 ng/g) and reported data is the first contribution about AsI contents in this food.

**Key words.** Total arsenic, inorganic arsenic, meat, *Lama glama*.

## INTRODUCCIÓN

El arsénico ocupa el vigésimo lugar de abundancia en la corteza terrestre, se presenta en forma combinada con otros elementos, en más de 200 compuestos diferentes (Thomton y Farago, 1998). Las

principales vías de exposición para el hombre son los alimentos y el agua de bebida, en los cuales el As se presenta en forma de varias especies químicas de distintas toxicidad (Marrero *et al.*, 2001). De las conocidas actualmente, el AsI, término que en-

<sup>1</sup>Grupo InQA, Investigación en Química Aplicada. (1) Universidad Nacional de Jujuy, Gorriti 237, San Salvador de Jujuy, Jujuy, Argentina. rebeccainesponce@hotmail.com

<sup>2</sup>Unidad de Actividad Química, Centro Atómico Constituyentes, Comisión Nacional de Energía Atómica. Av. Libertador 8250 (1429). Buenos Aires, Argentina.

<sup>3</sup>Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos. Laboratorio de Contaminación Metálica. Apartado de Correos 73 - 46100 - Burjassot (Valencia) España.

globo a la sumatoria de las especies As(III) y As(V), está clasificado como carcinógeno para el ser humano (grupo I) por la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (Smedley y Kinniburgh, 2001). La Organización Mundial de la Salud (WHO, 1989) recomienda un contenido de As en el agua de bebida de  $10 \mu\text{g L}^{-1}$  (WHO, 1993) y establece como valor toxicológico de referencia para el As una Ingesta Semanal Tolerable Provisional de AsI de  $15 \mu\text{g/semana/kg}$  peso corporal (WHO, 1989).

La provincia de Jujuy, dada su condición geográfica, se encuentra dentro de las zonas que denotan contaminación natural con arsénico en aguas y suelos. En algunas poblaciones autóctonas de la Puna la contaminación del agua con As supera los  $5 \text{ mg/L}$  (Rey de Sastre *et al.*, 1987).

El tratamiento de descontaminación del agua en estas zonas es mínimo, por lo que ante la ausencia de fuentes alternativas y potables, el agua contaminada es utilizada indiscriminadamente para el consumo humano y animal, regadío, etc. (Manrique, 1988).

Todas las investigaciones realizadas hasta ahora en la Argentina han relacionado el Arsenicismo Crónico Endémico con los niveles de As en el agua de bebida. No existen estudios en los que se evalúe la incidencia que los alimentos (origen animal o vegetal) pudieran tener sobre la ingesta diaria de

arsénico, y en consecuencia, sobre la aparición de patologías asociadas a este tóxico.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar los contenidos de AsT y AsI en la carne de llama (*Lama glama*). Esta carne, rica en proteínas y con un bajo contenido en colesterol, presenta un consumo diario tradicionalmente limitado a estratos sociales de bajos ingresos focalizados en la región Puneña, donde la principal actividad económica se desarrolla en torno a la ganadería. La carne de llama es consumida por los pobladores del lugar y comercializada hacia otras poblaciones, desconociéndose el efecto que la contaminación medioambiental por As existente en la región Puneña ejerce sobre la seguridad alimentaria del producto consumido por la población (Bidondo, 1989).

#### MATERIALES Y MÉTODOS

**Muestras.** Se seleccionaron muestras de músculo ( $n=26$ ) e hígado ( $n=14$ ) de llamas (*Lama glama*) que habían habitado tanto en zonas con elevados niveles de As en el medio ambiente (El Moreno en Susques; Rinconadillas en Cochinocha), como en zonas donde la presencia del elemento no era significativa (Abra Pampa). Las muestras de músculo fueron proporcionadas por los propietarios de los animales. Todos los ejemplares tenían entre 2 y 3

CUADRO 1. Condiciones analíticas empleadas en la determinación de arsénico total mediante ICP-OES y arsénico inorgánico mediante FI-HG-AAS.

#### ICP-OES

Potencia	1,1 Kw
Frecuencia	40 MHz (axial view)
Argón plasma	$1,5 \text{ L min}^{-1}$
Argón auxiliar	$2 \text{ L min}^{-1}$
Caudal de muestra	$0,7 \text{ L min}^{-1}$

#### FI-HG-AAS

Bucle	500 FL
Agente reductor	$0,2\% \text{ (m/v) NaBH}_4$ en $0,05\% \text{ (m/v) NaOH}$ ; flujo $5 \text{ mL min}^{-1}$
HCl	$10\% \text{ (v/v)}$ ; flujo $100 \text{ mL min}^{-1}$
Gas transportador	Argón. Flujo $100 \text{ mL min}^{-1}$
Célula de cuarzo	$900 \text{ }^\circ\text{C}$
Longitud de onda	$193,7 \text{ nm}$
Rendija	$0,7 \text{ nm}$
Lámpara de As	$400 \text{ mA EDL System 2}$ .

años y su peso estaba próximo a los 90-120 kg. Las muestras se recogieron en recipientes de plástico previamente descontaminados y se almacenaron en refrigeración hasta su análisis.

**Determinación de AsT.** Las muestras se sometieron a una mineralización por vía seca empleando ácido nítrico y agente mineralizante. Las cenizas se disolvieron en HCl y la cuantificación del As se llevó a cabo por espectroscopía de emisión atómica por plasma inductivo acoplado con generación de hidruros (HG-ICP-OES). En la Figura 1 se observa el esquema del equipo utilizado (Marrero y Farías, 2001).

**Determinación de AsI.** La metodología aplicada fue desarrollada por Muñoz *et al.* (1999). Se añade agua de-ionizada y HCl a las muestras. La mezcla se mantiene en reposo durante toda la noche. Posteriormente se reduce con HBr y sulfato de hidracina, y el AsI se extrae con cloroformo, y se retroextrae en HCl 1 N. La fase de retroextracción es posteriormente mineralizada por vía seca y cuantificada mediante espectroscopía de absorción atómica con generación de hidruros mediante inyección en flujo (Muñoz *et al.*, 1999).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los contenidos de arsénico total e inorgánico hallados en músculo e hígado de llama se muestran en los Cuadros 2 y 3, respectivamente. El peso de las muestras que llegaron al laboratorio fue bajo, hecho que limitó los análisis a realizar en cada una de ellas.

Por esta razón no fue posible el análisis de AsI en partes de las muestras de músculo y en la totalidad de las muestras de hígado.

En el músculo de los animales procedentes de Abra Pampa, zona no contaminada, los contenidos de AsT (media  $\pm$  sd:  $0,132 \pm 0,043 \mu\text{g/g}$  peso fresco), son semejantes a los hallados en las llamas de Rinconadillas, zona contaminada (media  $\pm$  sd:  $0,114 \pm 0,062 \mu\text{g/g}$  peso fresco). Sin embargo, en la zona contaminada El Moreno, los contenidos de AsT se duplican (media  $\pm$  sd:  $0,233 \pm 0,041 \mu\text{g/g}$  peso fresco). Respecto al AsI, los contenidos medios hallados en el músculo de las muestras de Abra Pampa (media  $\pm$  sd:  $3 \pm 1 \text{ ng/g}$  peso fresco) y Rinconadillas (media  $\pm$  sd:  $4 \pm 2 \text{ ng/g}$  peso fresco) no difieren significativamente entre sí. Las bajas concentraciones de AsI indican que la carne de llama no supone un alimento de riesgo para los consumidores, aunque para realizar una evaluación más certera del riesgo sería de interés estudiar las especies órgano-arsenicales existentes en este alimento.

En el hígado, los contenidos de AsT superan los encontrados en el músculo, siendo la relación (AsT hígado/AsT músculo) de 1,7 en Abra Pampa y 1,5 en El Moreno. El mayor contenido se detectó en una muestra de hígado de El Moreno ( $0,45 \mu\text{g/g}$  peso fresco). La mayor acumulación del As en este órgano es atribuible a que el hígado es el principal órgano implicado en los mecanismos de detoxificación del arsénico.

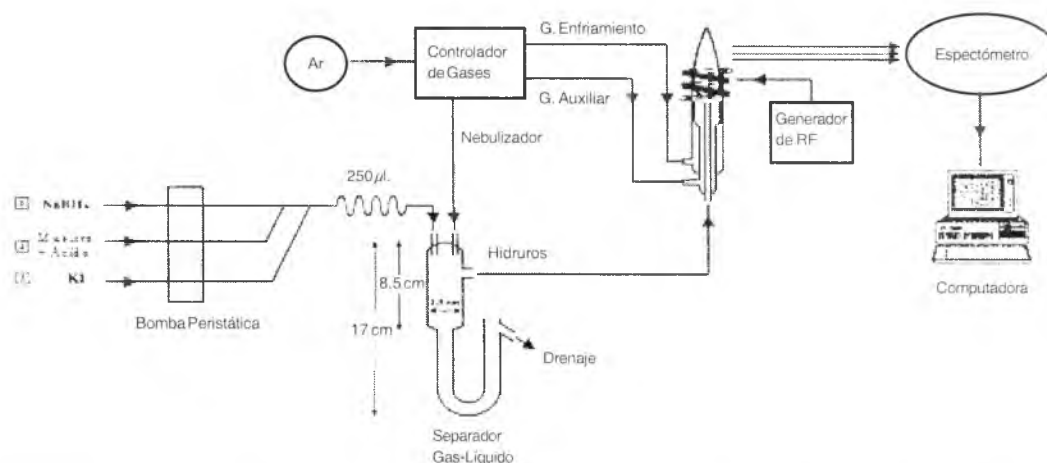


Figura 1. Diagrama de la facilidad instrumental para determinación de arsénico mediante HG-ICP-OES.

CUADRO 2. Contenidos de AsT y AsI en músculo de llama.

Procedencia	As total $\mu\text{g/g}$ peso fresco	As inorgánico $\text{ng/g}$ peso fresco
Abra Pampa	0,11	4
	0,09	4
	0,06	2
	0,15	2
	0,09	2
	0,15	n.a.
	0,09	n.a.
	0,15	n.a.
	0,19	n.a.
	0,11	n.a.
	0,17	n.a.
	0,17	n.a.
	0,19	n.a.
	Rinconadillas	0,09
"	0,06	3
"	0,11	6
"	0,22	5
"	0,09	5
El Moreno	0,24	n.a.
	0,24	n.a.
	0,26	n.a.
	0,28	n.a.
	0,17	n.a.
	0,24	n.a.
	0,17	n.a.
	0,26	n.a.

Referencia n.a.: no analizado

CUADRO 3. Contenidos de AsT en hígado de llama.

Procedencia	As total $\mu\text{g/g}$ peso fresco
Abra Pampa	0,22
	0,19
	0,17
	0,24
	0,26
	0,24
	0,24
El Moreno	0,45
	0,32
	0,35
	0,37
	0,35
	0,26
	0,35

Los contenidos de AsT hallados en las muestras no superan los límites máximos permitidos por la legislación argentina.

#### CONCLUSIONES

Se ha evidenciado una influencia del lugar de crianza en los contenidos de AsT en músculo e hígado de llama, así como una mayor acumulación del As en el hígado.

Los contenidos de AsI son muy bajos, indicando el bajo riesgo toxicológico asociado al consumo de músculo de llama.

#### BIBLIOGRAFÍA

- BIDONDO, E.A. 1989. "Historia de Jujuy". Argentina, Ed Plus Ultra, Cáp. 1: 17
- MANRIQUE, ZAGO. 1988. "Jujuy Argentina: Corazón geopolítico de América del Sur". Argentina, Ed Manrique Zago, pág. 235
- MARRERO, J. FARÍAS and S. SMICHOWSKI. 2001. "Influence of sample pre-treatment on the determination of As and Se in Antarctic krill by HG-ICP-AES". *Química Analítica* 20: 13-19.
- MUÑOZ, O.: D. VÉLEZ and R. MONTORO. 1999. Optimization of the solubilization, extraction and determination of inorganic arsenic (AsIII+AsV) in seafood products by acid digestion, solvent extraction and hydride generation atomic absorption spectrometry. *Analyst* 124: 601-607

- REY DE SASTRE, M.S.; A. VARILLAS y P. KIRSCHBAUM. 1987. "Estudio Cuantitativo de Arsénico en las aguas de la Provincia de Jujuy". Salta.
- SMEDLEY, P. and D. KINNIBURGH. 2001. "Arsenic in Drinking water: Source and Behaviour of arsenic in Natural Waters". *OMS* 78(9), 1093-1103.
- THOMTON, I. and M. FARAGO. 1998. "The Geochemistry of Arsenic". *Environ. Sci. Technol.* 32(16), 2425-2430.
- WHO. 1989. Evaluation of Certain Food Additives and Contaminants; 33rd report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives; WHO Technical Report Series 759; Geneva, Switzerland.
- WHO. 1993. World Health Organisation. Guidelines for Drinking-Water Quality, Vol. 1. Recommendations, WHO, Geneva.