

Elementos traza de importancia nutricional y toxicológica: biotransferencia desde matrices ambientales a alimentos de origen animal

Trace elements of nutritional and toxicological importance: biotransference from the environment to food of animal origin

ARELLANO, F.; RODRIGUEZ, MS; ALVAREZ-GONÇALVEZ, C; FERNANDEZ CIRELLI, A. & PÉREZ CARRERA, A.

Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Veterinarias. Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua (CETA), Buenos Aires, Argentina. Universidad de Buenos Aires – CONICET. Facultad de Ciencias Veterinarias. Instituto de Investigaciones en Producción Animal (UBA-CONICET), Buenos Aires, Argentina.

RESUMEN

En Argentina, existen diferentes regiones de producción animal, donde la calidad de agua y suelo es afectada por la presencia de elementos traza de origen natural y/o antrópico, que pueden ser transferidos a los alimentos derivados de la actividad ganadera. La presencia de estos elementos puede ocasionar un impacto negativo en la producción y la sanidad animal e implicar un riesgo para la salud humana. El análisis de la biotransferencia (BTF), bioacumulación y la determinación de riesgos de exposición son herramientas analíticas que permiten estimar el posible impacto de los elementos traza sobre la calidad de los alimentos y el riesgo en la salud del consumidor. Nuestro grupo de trabajo, integrado por investigadores/as del Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua (CETA, UBA) y del Instituto de Investigaciones en Producción Animal (INPA, CONICET-UBA), ha desarrollado diferentes líneas de investigación, orientadas a estudiar la presencia de elementos traza de importancia nutricional (Cu, Fe, Mn, otros) y toxicológica (As, Cr, Pb, otros) en agua de bebida animal, forraje y suelo, destinados al uso agropecuario; y la biotransferencia de los mismos a alimentos de origen animal, entre los que puede mencionarse la carne, la leche y los derivados lácteos. Nuestros trabajos de investigación han hecho hincapié principalmente en el As, por las elevadas concentraciones en agua subterránea que han sido registradas en extensas áreas de producción agropecuaria de nuestro país. En este marco, el principal objetivo de este trabajo es realizar un análisis de los principales resultados de las líneas de investigación iniciadas en 2002, vinculadas con el estudio del contenido de dichos elementos en matrices ambientales (agua, suelo y forrajes) y alimentos de origen animal, la biotransferencia de los mismos en la cadena de producción pecuaria y el posible riesgo para los consumidores.

Palabras clave: (arsénico), (elementos traza), (biotransferencia), (alimentos), (calidad de agua)

ABSTRACT

In Argentina, animal production takes place in several regions where water and soil quality are affected by the occurrence of trace elements both of natural or anthropogenic origin, which may be transferred to the food chain. Their presence may have a negative impact in both animal production and health and may be a risk to human health. Biotransference analysis (BTF), bioaccumulation and exposition risk determination are analytical tools that enable the estimation of the possible impact of trace elements on food quality and health risk for consumers. In Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua (CETA, UBA) and Instituto de Investigaciones en Producción Animal (INPA, CONICET-UBA), our research team has studied the occurrence of trace elements of nutritional significance (*i.e.* Cu, Fe, Mn) as well as toxicological relevant (*i.e.* As, Cr, Pb) in animal drinking water, forage and soil and their biotransference to animal food, such as meat, milk and derivatives. Our investigations focus on As, because of the high concentrations registered in groundwater in areas destined to animal production. The aim of the present review is to analyse the main results obtained since 2002 on the occurrence of specific trace elements in the environment (water, food, forage) and animal food, and their biotransference to human food with possible risk for consumers.

Keywords: (arsenic), (trace elements), (biotransference), (food), (water quality)

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, el proceso de agriculturización que se ha producido en Argentina se ha caracterizado principalmente por la intensificación de los sistemas ganaderos en algunas regiones y la marginalización de la ganadería en otras, el incremento en superficie destinada a cultivos, el avance de la soja y de la tecnología, sumado al crecimiento de la población, la creciente demanda de alimentos y la falta de contemplación de externalidades en cuanto a aspectos ambientales. Estos hechos, principalmente por el corrimiento de la frontera agropecuaria a tierras menos favorables para la producción, han aumentado el riesgo de deterioro de los suelos y de la calidad del agua utilizada para bebida animal. Muchas de esas fuentes de agua han sido y son utilizadas con este fin; sin embargo en varias ocasiones su aptitud se ve afectada por la presencia excesiva de sales disueltas y/o por concentraciones elevadas de elementos como arsénico (As), vanadio (V), boro (B) y flúor (F), perjudiciales para la salud del ganado^{8,15,36,71,72,97}.

En la actualidad, el aumento en la demanda y el consumo de productos agropecuarios se produce en el marco de requerimientos de estándares de calidad cada vez más estrictos. La caracterización composicional y la cuantificación de micronutrientes y microcontaminantes son

esenciales para brindar información acerca de la calidad nutricional e inocuidad en los alimentos a los consumidores, sobre esta temática existe información publicada a nivel internacional^{31,34,48}. Sin embargo, en Latinoamérica, los estudios son más escasos. Por otra parte, existe información en la literatura enfocada en la influencia de la alimentación de los animales sobre la composición de la leche y productos derivados^{2,22,25}.

En las últimas décadas, determinar de la presencia de elementos trazas, tales como el arsénico (As), cromo (Cr), manganeso (Mn), níquel (Ni), y/o plomo (Pb), en matrices ambientales y alimentos derivados de origen animal, ha sido foco de estudio en varios países desde el punto de vista de la trazabilidad desde el agua o alimento a derivados cárnicos o lácteos^{1,14,23,31,42,89}. Además, en algunos casos, se ha realizado el análisis sobre el riesgo de exposición a través de la ingesta por parte de los consumidores.

A continuación se detallan algunos efectos posibles debido a la presencia de distintos elementos traza, teniendo en cuenta que a corto o largo plazo, pueden afectar de distintas formas a la salud del ganado y, por lo tanto, verse reflejado en los niveles productivos. La presencia de Pb en agua o alimento puede afectar el desarrollo de los animales e incluso generar abortos en

cabras cuando la concentración ingerida es alta. En cuanto a la exposición prolongada a As y/o Cr, puede generar problemas en la piel, problemas circulatorios, aumento de riesgo de aparición de neoplasias y daños en distintos tejidos u órganos. En el caso del Cu, si bien es considerado un micronutriente entre los 0,1 y 1 ppm en el agua, cuando su concentración excede los valores umbrales, además de generar gusto y olor desagradable en el agua, llevando a una menor ingesta de la misma y puede causar daños en el hígado y riñones. Por otra parte, elevadas concentraciones de Fe y Mn pueden generar una reducción en la ingesta del agua por parte del animal debido al sabor metálico, además, ambos elementos interfieren en la absorción de Zn y Mo por ser elementos antagónicos, pudiendo generar fallas en el organismo por una deficiencia metabólica¹¹.

En nuestro equipo de trabajo, se han desarrollado diferentes líneas de investigación asociadas al estudio de la presencia de elementos traza de importancia nutricional y toxicológica en agua utilizada para bebida del ganado y su biotransferencia a alimentos de origen animal. Se ha puesto especial énfasis en el As teniendo en cuenta su presencia en concentraciones elevadas en agua subterránea en diferentes regiones de importancia agropecuaria en Argentina, el impacto sobre la seguridad alimentaria y el riesgo para la salud que supone la exposición a este elemento^{11,13,49,67,71,75}. La cuantificación de los elementos analizados en las muestras de agua de bebida, suelo y alimentos se realizó por espectrofotometría atómica por plasma de acoplamiento inductivo (ICP-OES), según las recomendaciones de la US-EPA (200.7)⁹⁴. El equipo utilizado fue un espectrómetro PERKIN ELMER Optima 2000 DV. En el caso de las muestras de leche en polvo y fórmulas comerciales infantiles, la determinación de elementos traza se realizó por espectrofotometría de masas por plasma de acoplamiento inductivo (ICP-MS). Los análisis químicos en las muestras de agua fueron realizados según técnicas empleadas habitualmente y descriptas en APHA¹⁰ y Rodier⁸¹. Las metodologías analíticas utilizadas en suelos figuran en manuales de instituciones tales como el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos⁹⁴, la bibliografía internacional^{30,90} y los manuales habitualmente utilizados en la República Argentina³³.

Elementos traza en agua de bebida animal

En el caso particular de la producción animal, el agua ocupa un lugar destacado pues debe asegurarse una provisión adecuada en cantidad y calidad para cubrir los requerimientos de cada especie animal y los servicios de agua asociados, vinculados, por ejemplo, con la utilizada para la limpieza de los animales e instalaciones, enfriado de la leche y otros procesos que requieren cantidades significativas de agua.

Esta provisión de agua en cantidad suficiente y de buena calidad es fundamental para todos los sistemas productivos, ya que garantiza cubrir los requerimientos nutricionales y sanitarios de las diferentes especies, el rendimiento productivo e incide sobre la calidad de los productos obtenidos.

Existen guías de calidad de agua de bebida animal que recomiendan los valores máximos de determinados componentes químicos presentes en el agua, entre las que pueden mencionarse aquellas de la USEPA⁹⁵, y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)³⁷. A nivel nacional, la Ley de Residuos Peligrosos (Ley 24.051)⁵⁴ indica las concentraciones máximas de algunos compuestos orgánicos e inorgánicos que pueden estar presentes en el agua para consumo animal, pero esta ley contempla únicamente aquellos compuestos que son considerados como peligrosos, dejando de lado determinados parámetros físico-químicos (por ejemplo: cloruros, conductividad eléctrica, pH, dureza) y compuestos que si bien no son peligrosos, pueden influir negativamente en la calidad del agua de bebida y representar un riesgo para la salud de los animales afectando así la producción. Por otro lado, esta ley no contempla especie, raza ni sistema productivo. Por otro lado, la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación establece valores máximos recomendados de algunos compuestos inorgánicos en agua de bebida animal teniendo en cuenta la especie animal, tipo de producción y ocurrencia real o potencial del contaminante en el territorio nacional, analizando la información toxicológica disponible⁹¹. Algunos autores como Sager^{86,87} recomiendan niveles máximos y mínimos de otros parámetros importantes al momento de evaluar la aptitud del agua para bebida animal, entre los que se encuentran el pH, sólidos totales

disueltos (STD), dureza total, dureza de calcio (Ca) y de magnesio (Mg), sulfatos y nitratos, entre otros. Por otro lado, Bavera *et al*¹⁶ propone una clasificación cualitativa del agua de bebida para bovinos en función de su composición: muy buena, buena, aceptable, deficiente o mala según la concentración de determinados elementos o sales (sulfato, nitrato, cloruro de sodio, sólidos totales y As) presentes en el agua.

En la llanura Chaco Pampeana, tanto nuestro equipo de trabajo como otros autores, han realizado estudios para determinar la calidad del agua de bebida animal para la producción de especies animales tradicionales en cuanto a la composición físico-química^{38,68,69,84}, y a la determinación

de elementos traza inorgánicos^{21,35,36,74,75}. Pese a esto, la información respecto a la composición del agua de bebida animal en diferentes regiones de la llanura Pampeana sigue siendo escasa. Por otro lado, hay muchas zonas de producción animal para las cuales no hay información disponible sobre la calidad del agua utilizada. En las zonas estudiadas por nuestro grupo de investigación (sudeste de Córdoba y noroeste de Buenos Aires), los resultados obtenidos evidencian que la calidad del agua de los establecimientos de producción analizados presenta diferencias significativas, aún dentro de una misma zona (Tablas 1 y 2). La determinación de los parámetros físico-químicos se realizaron según las técnicas descriptas por APHA¹⁰.

Tabla 1: Caracterización físico-química en agua de bebida animal ^{38,67,68,69,70,71,72}.

	Zona noroeste de provincia de Buenos Aires (n=30)			Zona sudeste de provincia de Córdoba (n=30)			Referencia
	Media ± DS	Mediana	Rango	Media ± DS	Mediana	Rango	Rangos
pH	7,8 ± 0,6	7,7	6,6 – 9,2	7,9 ± 0,4	7,9	7,3 – 8,7	6,1-9,2
STD (mg/L)	800,0 ± 630,0	592,0	175,0 – 2640,0	2029,0 ± 1840,0	1143,0	217,0 – 6595,0	185,0-3000,0
% NaCl	3,2 ± 2,7	2,3	0,7 – 10,6	7,8 ± 7,3	4,3	0,8 – 25,8	
Conductividad (µS/cm)	1539,0±1248,0	1183,0	7,1 – 5280,0	4059,0 ± 3680,0	2286,0	433,0 – 13190,0	225,0-9596,0
Cl ⁻ (mg/L)	114,0±161,0	59,3	5,0 – 675,0	40,8 ± 67,7	12,0	1,00 – 218,0	<1600,0 o 4000,0
Dureza Total (mg CO ₃ /L)	270,0± 229,0	185,0	48,0 – 950,0	124,0± 142,0	63,0	7,00 – 550	<120,0
Dureza de Ca (mg/L)	110,0 ± 130,0	62,0	27,0 – 556,0	102,0 ± 139,0	24,5	4,00 – 550	36,0-875,0
Dureza de Mg (mg/L)	160,0 ± 117,0	125,0	11,0 – 394,0	221,0 ± 25,8	8,50	0,00 – 89,0	-
Calcio (mg/L)	43,9 ± 52,1	24,7	10,8 – 223,0	40,6 ± 55,7	9,7	1,50 - 220	13,0-127,0
Magnesio (mg/L)	38,9 ± 28,5	30,4	2,7 – 95,8	5,4± 6,3	2,1	0,0 – 21,7	<250,0
Nitratos (mg/L)	3,1 ± 3,6	1,8	0,4 – 16,2	2,4 ± 3,1	1,3	0,2 – 14,7	0,01-0,20
Fosfatos (mg/L)	0,4 ± 0,3	0,2	0,02 – 1,9	0,2 ± 0,4	0,01	0,01 – 1,4	0,01-0,8
Sulfatos (mg/L)	73,4± 105,0	35,0	3,00 - 441,0	47,0 ± 32,7	33,0	12,0 – 133,0	183-5900

En las muestras analizadas, los principales parámetros que presentaron mayor variabilidad y diferencias estadísticamente significativas entre provincias fueron CE y concentración de Ca, V, Mg y en menor medida de As, presentando los valores más elevados en

los establecimientos del sudeste de Córdoba, a excepción del Mg cuyos niveles más altos se encontraron en los establecimientos relevados de la provincia de Buenos Aires. En cuanto al Mo, se observaron niveles mayores en las muestras provenientes del sudeste de Córdoba.

Tabla 2: Rango de concentración y media +/- DS de elementos traza de importancia nutricional y toxicológica en agua de bebida animal ^{21,35,36,54,67,68,69,70,71,72,84}

	Provincia de Buenos Aires (n=30)		Provincia de Córdoba (n=30)		Valores de referencia
	Media ± DS	Rango	Media ± DS	Rango	Rangos
As (µg/L)	35,4 ± 33,5	<LD – 108	169 ± 375	<LD – 2079	<200-500/0,5-4550
B (mg/L)	0,6 ± 0,3	0,01 – 1,0	1,6 ± 1,3	0,20 – 523	<5
Cr (µg/L)	0,3 ± 0,8	<LD – 2,6	0,6 ± 2,2	<LD – 9,3	<1000/ 20-230
Cu (µg/L)	3,6 ± 5,2	<LD – 14,7	<LD	<LD	<1000
F (mg/L)	1,0 ± 0,7	0,23 – 2,2	1,7 ± 1,0	0,2-3,4	<1
Fe (µg/L)	7,4 ± 16,2	<LD – 59,1	0,6 ± 2,8	<LD – 14,9	-
Mn (µg/L)	66,2 ± 72,3	<LD- 219,0	123,0 ± 158,0	<LD – 600	0-120
Mo (µg/L)	170,0 ± 150,0	<LD – 3166	43,7 ± 24,2	<LD – 634,1	<500
Pb (µg/L)	348,1 ± 261,4	<LD-5526	26,3 ± 18,4	<LD – 530,1	<100
V (µg/L)	57,0 ± 87	<LD – 381	101 ± 131	31,51-442	<100/ 0,009-2700
Zn (µg/L)	9,8 ± 16,7	<LD – 68,4	7,8 ± 7,8	<LD – 19,7	<50

Entre los resultados más importantes desde el punto de vista del posible impacto productivo se destacan los niveles de salinidad del agua. Los resultados mostraron que el 47% de las muestras analizadas presentaban niveles de salinidad por debajo 1500 mg/L, límite inferior recomendado para bebida de bovinos⁸⁷. Los niveles de As encontrados fueron significativamente diferentes en las dos áreas de estudio, encontrando los niveles más elevados en el sudeste de Córdoba (Tabla 2). En las muestras analizadas se observó una correlación positiva de los niveles de As-F y As-V posiblemente debido al origen común de estos elementos. La CE también se encontró correlacionada con los niveles de As en agua.

En la misma zona de estudio, se determinó que las muestras de agua pertenecientes al sudeste

de la provincia de Córdoba presentaron diferencias significativas en STD, porcentaje de NaCl y conductividad, siendo mayores los valores que los determinados en las muestras provenientes de la provincia de Buenos Aires. Sólo un 30 % de las muestras provenientes del sudeste de Córdoba se encontraron dentro de un rango de uso aceptable para el ganado, mientras que el 73 % de las muestras provenientes de establecimientos ubicados en el noroeste de Buenos Aires entraban en ese rango. En cambio, la dureza total y de Mg, las concentraciones de Mg, de cloruros (Cl⁻) y de fosfatos (PO₄³⁻) fueron significativamente mayores en las muestras provenientes de Buenos Aires. Del total de muestras analizadas, el 43 % corresponden a aguas muy duras y salobres. El 86 % de estas muestras pertenecen a la capa freática. Sólo el 19 % de las muestras provenientes del

norroeste de la provincia de Buenos Aires entran dentro del rango de blandas o moderadamente duras. En el caso de los Cl⁻, se observó una correlación negativa respecto del porcentaje de NaCl, siendo mayor la concentración de Cl⁻ en las muestras provenientes de la provincia de Buenos Aires, pero menor el % de NaCl, respecto de los establecimientos relevados en el sudeste de Córdoba. En ningún caso se observaron niveles superiores a los sugeridos para agua de consumo de bovinos. Los niveles de As encontrados en las muestras de agua de los establecimientos estudiados se encontraron entre valores por debajo del límite de detección (LD = 10 µg/L) y 2079 µg/L. El 34 % de las muestras presentaron niveles de As inferiores a los recomendados por el Código Alimentario Argentino (CAA) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) para agua potable de consumo humano (10 µg/L). En cuanto a las recomendaciones para bebida animal, sólo 7,3 % superó los valores recomendados a nivel internacional (NRC⁶⁴, 200 µg/L). Sólo una de las muestras, proveniente de la localidad de Bell Ville (Córdoba), superó los niveles recomendados a nivel nacional para agua de bebida animal de 500 µg/L⁵⁴. En trabajos previos se observaron, en el sudeste de la provincia de Córdoba, valores muy por encima de los recomendados a nivel nacional con niveles entre 61 y 4550 µg/L, en muestras de agua provenientes de la capa freática y entre <LD y 189 µg/L en muestras provenientes de pozos semisurgentes^{70,71}. Los valores son similares a los reportados por nuestro equipo de trabajo^{67,68,69,70,71,72,84} y por otros autores para la zona^{36,41,45,66}. Además, se detectó la presencia de V en concentraciones altamente variables, encontrándose valores menores a 8µg/L (LD) hasta 442 µg/L. En sudeste de Córdoba se encontraron los mayores niveles de V, alcanzando una mediana de 41 µg/L, mientras que en las muestras provenientes de los establecimientos de la provincia de Buenos Aires la mediana fue de 10 µg/L. Las concentraciones de este elemento se corresponden con los valores informados previamente por Pérez Carrera *et al*⁷⁴ para la zona del sudeste de Córdoba. Con respecto al F, se detectó su presencia en concentraciones que se encontraban entre 0,22 mg/L y 3,42 mg/L, con una media de 1,08 mg/L. No se encontraron diferencias significativas (H=0,13; p=0,7235) entre los niveles encontrados en los establecimientos relevados en

ambas zonas de estudio. Las concentraciones de este elemento presentaron una gran variabilidad y se corresponden con los valores informados previamente por otros autores^{35,72}. En el 33,3 % de las muestras los niveles de F fueron superiores a los recomendados a nivel nacional (<1 mg/L), superando el 20,5 % los niveles recomendados nacionales e internacionalmente para agua de bebida animal (<1mg/L). Las concentraciones de Mo en las muestras de agua analizadas fueron muy variables encontrándose niveles por debajo del límite de detección (LD=10 µg/L) hasta 634 µg/L, con una media de 42,3 µg/L para las muestras provenientes de la provincia de Córdoba y una media de 21,7 µg/L para las muestras provenientes de la provincia de Buenos Aires. En general, los niveles encontrados se corresponden con los valores informados previamente para la región Chaco-Pampeana^{5,70}.

Elementos traza en suelo

El suelo es reconocido como un recurso esencial para el desarrollo de las actividades agropecuarias, desempeñando valiosas funciones ecosistémicas y cumpliendo un rol fundamental en la seguridad alimentaria³⁸.

En Argentina, una de las limitantes del desarrollo de la actividad ganadera está vinculada con la calidad del suelo para la implantación de forrajes, ya que las variaciones en sus características impactan en la calidad de los mismos. En la actualidad los forrajes siguen manteniendo su importancia trascendental para el desarrollo humano ya que constituyen, para los productores, la fuente más económica de alimentación para el ganado, por eso los impactos sobre ellos se traducen en consecuencias sobre la salud y producción animal⁷². A pesar de la importancia económica de las especies forrajeras, los efectos del As y otros elementos traza asociados no han sido estudiados en profundidad en las especies más utilizadas como alimento para el ganado.

Con respecto a los suelos de las zonas estudiadas (Tabla 3), todos los parámetros físico-químicos analizados se encontraron dentro de los límites establecidos por la Ley 24.051⁵⁴ para uso agrícola, por lo que, desde este punto de vista, presentan una buena aptitud para la implantación de forrajes. Con respecto a los elementos traza, el

As se encontró por debajo del límite de detección de la técnica utilizada (3 mg/kg), pero sí se detectó presencia de otros elementos traza asociados al

As, como Mo y V en la mayoría de las muestras, sin embargo, en ninguna de ellas se superaron los valores recomendados por la Ley 24.051⁵⁴ (Tabla 3).

Tabla 3: Caracterización físico-química y contenido de elementos traza en muestras de suelo agropecuario.^{53, 67, 68, 69,70, 71.}

	Provincia de Buenos Aires (n=30)			Provincia de Córdoba (n=30)			Referencia	Límite de la ley 24.051
	Media ± DS	Mediana	Rango	Media ± DS	Mediana	Rango	Rangos	Uso agrícola
pH	6,7 ± 0,6	6,7	6,2-7,7	7,2	7,8	4,8-9,5	5-10 *	-
Conductividad (µS/cm)	94,7	68,1	2,9-211	415,4	173,3	3,8-2228	-	-
MO	11,8	11	1-26	13,2	13,0	4,0-25,0	0,04-8,6 **	-
Fosfatos (mg/kg)	5,43	4,70	2,66-9,63	4,24	3,90	1,23-8,89	-	-
Sulfatos (mg/kg)	63,7	52,3	26-132	116,3	115,1	52,6-251	0,9-12,1	-
As (mg/kg)	-	-	<LD	-	-	<LD	7-20	20
Cu (µg/g)	-	19,0	12,0-49,0	-	-	-	-	500
Mo (µg/g)	7,7	8,0	5,0-9,0	7,9	8,0	<LD-12,6	<2	5
Pb (ng/g)	5,1	4,0	<LD-19,0	5,3	3,0	<LD-29,0	-	375
V (ng/g)	32,2	35,0	22,0-39,0	35,4	38,0	<LD- 56,0	-	200
Zn (µg/g)	61,0	59,0	36,0-120,0	68,2	65,0	42,0-110,0	<5000	600

Elementos traza en especies forrajeras

La exposición de las plantas a diferentes metales traza, suele causar diferentes alteraciones en su fisiología dependiendo de numerosos factores tales como el elemento en cuestión, las interacciones con otros elementos y el tipo de suelo, la especie vegetal y el grado de exposición^{19, 20, 59,74, 82, 84}. Hay evidencia de que el As presente en las matrices ambientales se biotransfiere a los vegetales. Algunas plantas pueden acumular elementos dentro y fuera de sus tejidos, de manera que pueden transferirse a los animales y al ser humano^{19,20,59,69,70,72,82}. Las plantas a su vez, pueden acumularlos o metabolizarlos cambiando las propiedades químicas y toxicológicas de los compuestos que absorbieron^{19, 52}.

Teniendo en cuenta el tipo de dieta de cada especie pecuaria y los niveles de elementos traza presentes, se puede estimar la exposición tanto a

elementos traza de importancia nutricional, como lo son el Fe, el Mn, el Cu o el Zn como aquellos de importancia toxicológica como el As, el Cr o el Pb, entre otros. Para conocer el contenido de dichos elementos en los distintos tipos de alimentos destinados al consumo del ganado, se analizaron agrupándolos según el contenido de agua en los mismos, para esto se pesó 1g de cada alimento antes y después de llevarlo a estufa (a sequedad) para determinar el porcentaje de humedad. Teniendo en cuenta esto se los clasificó de la siguiente manera: alimentos de alto contenido hídrico (forraje/pastura fresca, hidroponías), contenido hídrico medio (ensilados y fardos) y bajo contenido hídrico (pellet, granos de maíz, de algodón, otros), según lo descrito por otros autores^{40, 50}. Se observó que el 7,1 % de las muestras superaron niveles de toxicidad descritos para Cu, Fe, Mn, Mo y Zn, siendo mayoritariamente los alimentos de alto y medio contenido hídrico los que exceden los límites máximos sugeridos por el NRC⁶⁴.

En relación a los elementos traza de importancia toxicológica, se observó que los valores medios y medianos se encontraban dentro de los rangos descritos por otros autores (Tabla 4). Sin embargo, las concentraciones de Pb, Cr y As superaron dichos rangos (aproximadamente un 6,5 % de las muestras), principalmente en los alimentos de contenido hídrico medio como son los ensilados de sorgo, maíz o trigo, fardos y similares.

En trabajos previos realizados en nuestro laboratorio se determinaron niveles de As en alfalfa proveniente de establecimientos del sudeste de la provincia de Córdoba, que estuvieron entre 0,07 y 1,5 mg/kg^{68,69,70}. Los valores de As determinados en forraje son similares a los descritos previamente por otros autores^{53,60,85,97, 98}.

Tabla 4. Rangos de concentración de elementos traza determinados en µg/g de MS según el grupo de alimento determinado por el grado de humedad. Grupo A: menor porcentaje de humedad (8,6 a 21,3%), Grupo B: humedad intermedia (21,5 a 63,6%) y Grupo C: mayor humedad (65,3 a 90,6%)^{42, 47,5 3, 60, 64, 67, 68, 69,70, 85, 97,98}

	Grupo A	Grupo B	Grupo C	Valores de referencia
	Rango	Rango	Rango	Rango
As (µg/g)	<LD – 5,3	<LD – 3,2	<LD – 4,4	0,24-3,16
B (µg/g)	0,9 – 44,8	16,0 – 1001,0	5,72–562,0	-
Cr (µg/g)	<LD – 2,1	<LD – 512,0	<LD – 18,6	2,7-32,6
Cu (µg/g)	2,7 – 43,2	2,0 – 1658,0	<LD – 31,5	<40/4,0-17,1
Fe (µg/g)	53,6 – 851,0	7,3–>15000,0	35,7–14418,0	<1000
Mn (µg/g)	25,2 – 151,0	<LD – 6057,0	13,0–72,5	<1000/31,8-1740
Mo (µg/g)	0,5 – 6,5	<LD – 161,0	<LD – 8,9	<1000/ 0,05 a 14,0
Ni (µg/g)	<LD – 1,1	<LD – 9,19	<LD – 3,9	1,25-78,3
Pb (µg/g)	<LD – 3,1	<LD – 189,0	<LD – 11,8	1,3 a 9,3
V (µg/g)	<LD – 20,0	<LD – 376	<LD–28,1	-
Zn (µg/g)	<LD – 128	12,4>14500	6,2 – 171	<500**

Elementos traza en alimentos de origen animal

Los alimentos de origen animal, como carne y leche o derivados lácteos, constituyen una parte fundamental de la alimentación humana, siendo una fuente importante de nutrientes y minerales. Sin embargo, en algunos casos, puede producirse la acumulación de determinados contaminantes, lo que implicaría diversos riesgos para la salud humana y animal. Los contaminantes presentes en los alimentos pueden ser de naturaleza biológica, (por ej. por el manejo inadecuado de los productos), o química

(por ej. por el uso incorrecto de medicamentos veterinarios o plaguicidas, o contaminación ambiental con contaminantes orgánicos o elementos traza inorgánicos).

Cabe destacar que en los establecimientos de producción lechera, los animales permanecen un tiempo prolongado en el sistema productivo. Este hecho permite estudiar el efecto crónico de la exposición a elementos traza a través de la dieta, sus consecuencias para el organismo animal y la biotransferencia a la leche y derivados lácteos.

Estudio de elementos traza en leche cruda y derivados lácteos

Los elementos traza ingresan al organismo animal principalmente a través de la dieta (alimento, suplementos o el agua de bebida) y pueden acumularse en los tejidos o por transferencia pueden llegar a la leche

^{12,75,76}. En algunos casos, como el Cu, Fe y Zn, son componentes presentes habitualmente en la leche, sin embargo la información es escasa respecto de sus concentraciones o cómo varían según el tipo de ganado o la dieta ^{32,58}.

Tabla 5: Rango de concentración de elementos traza inorgánicos tóxicos y nutricionales. MR: material de referencia 8435. Referencias Rangos descritos por otros autores en leche cruda para las distintas especies pecuarias ^{7,11,12,17,28,34,51,61,80,92}.

	Cabras N= 25	Ovejas N= 40	Vacas N=42	MR	Control	Referencias
As (ng/g)	< LD- 70	< LD- 80,0	< LD- 110	70,0 ± 65,0	< LD	< LD-40
Cr (ng/g)	< LD- 59,5	< LD- 22,0	< LD- 76,2	0,6±0,6	0,8±0,6	0,1-1,3
Cu (µg/g)	< LD- 6,3 ^A	< LD- 2,7 ^B	< LD- 6,0 ^B	0,6 ± 0,2	0,3 ± 0,03	0,01-0,9
Fe (µg/g)	2,3-178,0 ^A	0,2- 93,8 ^B	< LD- 622 ^A	6,4±1,9	4,7±0,9	0,7-1300,0
Mn (µg/g)	< LD-13,8	< LD- 3,1	<LD- 10,8	0,3±0,1	0,1±0,1	0,1-0,4
Mo (µg/g)	< LD-2,0 ^A	< LD-10 ^B	0,1- 2,4 ^A	1,0±0,4	0,3±0,1	0,1-4,0
Pb (ng/g)	< LD- 2,9	< LD- 2,6	< LD- 4,2	0,4±0,2	0,1±0,1	0,01-7,9
V (ng/g)	< LD- 310,0	< LD- 990,0	< LD- 526,0	< LOD	60,0±59,0	42,7-137,0
Zn (µg/g)	17,5-76,4 ^A	4,2-106 ^B	16,8-73,2 ^A	25,9±1,3	25,6±5,8	0,001-226

También puede ocurrir que algunos elementos traza lleguen al producto final por el manejo inadecuado de la materia prima en la cadena de producción o comercial ^{28,78}.

Teniendo en cuenta esta información, se realizó una caracterización de la composición de elementos traza de importancia nutricional (Cu, Fe, Mn, Zn, otros) y/o toxicológica (As, Cr, Pb, V, otros) en leche cruda de origen ovino, bovino y caprino. Las muestras fueron digeridas y llevadas a sequedad. Posteriormente, se llevaron a horno mufla hasta la aparición de cenizas blancas y luego llevadas a un 10 % con HNO₃ y las determinaciones se realizaron a través de ICP-OES, como se indicó anteriormente⁹⁴. Además, se realizó un estudio comparativo, con publicaciones previas de otros autores a nivel mundial con los resultados obtenidos en nuestro laboratorio (Tabla 5).

De acuerdo con los resultados obtenidos en nuestros estudios, y comparando con los

valores determinados en leche cruda, se observó que los rangos de concentración obtenidos fueron mayores, para la mayoría de los elementos analizados a excepción del Fe, Pb y Zn, que los descritos por otros autores (Tabla 5). Además, se observaron diferencias significativas (p< 0,05) entre el contenido de elementos traza de importancia nutricional (Cu, Fe, Mo y Zn) determinados entre las muestras de leche de las distintas especies pecuarias estudiadas (Tabla 6), siendo el contenido de Cu similar en leche ovina y bovina y el contenido de Fe, Mo y Zn similar en leche caprina y bovina. Por otra parte, se obtuvieron valores de As y Pb por encima de los LMR (límites máximos tolerables) de 20 ng/g para estos elementos.

En la Tabla 6 se comparan los rangos de concentración de elementos traza determinados en leche cruda, comercial (fluida y leche en polvo) y quesos. Comparando los valores medianos de

concentración obtenidos entre leche cruda y leche comercial, la primera presentó concentraciones significativamente mayores ($p < 0,05$) en todos los elementos analizados; las muestras de leche comercial presentaron menos de un 10 % del contenido descrito en leche cruda según el tipo de elemento, a excepción del As que se encontró por debajo del LD en leche cruda mientras que en leche comercial fue de $26,7 \pm 4,2$ ng/g, siendo dicho valor mayor al LMR de 20 ng/g sugerido por el Reglamento Técnico del Mercosur (decreto N°14, 2013). Por otro lado, las concentraciones medias de Cu, Fe, Cr, Pb y V fueron significativamente mayores en las muestras de leche cruda que en las de queso, siendo menor al 10 % de las concentraciones determinadas en la leche cruda. En cuanto a las concentraciones medias de Mn, Mo, Zn y As, se observó una tendencia a mayores concentraciones en las muestras de queso que en las de leche cruda, siendo el queso de oveja el que presentó una media mayor para Mn y Mo principalmente. Por otro lado, según el análisis de Kruskal Wallis se observó que los valores medios de

As, Cr, Cu, Mn, Mo, Pb y V presentaron diferencias significativas, siendo las concentraciones medias de Cr, Mn, Mo y Pb mayores en quesos que en leche comercial (Tabla 6). Las concentraciones medias de As, Cu y V fueron significativamente mayores en leche comercial (fluida y en polvo) que en las muestras de queso. Por otra parte, en comparación con los niveles informados por diferentes autores, los valores determinados en nuestros estudios se encontraron dentro de los rangos descritos en la literatura^{28,79,86,87,88,99}, tanto para leches comerciales, como quesos de las distintas especies pecuarias estudiadas (Tabla 6).

Por otro lado, se analizó el contenido de elementos traza en muestras de leche en polvo y fórmulas infantiles de marcas comerciales, las mismas representaron un alto porcentaje (aprox. 70 %) de las marcas que el mercado ofrece al público en Argentina¹³. Las muestras se digirieron por vía húmeda, utilizando un horno microondas y las determinaciones de los elementos traza se realizaron por ICP-MS como se mencionó anteriormente⁹⁴.

Tabla 6: Rangos de valores mínimos y máximos de ET determinados en leche cruda y derivados lácteos^{4,27,31,32,42,51,55,58,71,72,77,65,78}.

	Leche Cruda	Leche comercial	Quesos	Rango de referencia
As (ng/g)	<LD- 110,0	<LD- 167,0	<LD- 57,0	<LD- 648,0
Cr (ng/g)	<LD- 76242	<LD- 415,0	<LD- 608,0	<LD-484,0
Cu (µg/g)	<LD- 6,3	<LD- 3,7	<LD- 0,9	0,01- 15,1
Fe (µg/g)	<LD- 622,0	1,46- 186,0	<LD- 16,2	0,1- 17,2
Mn (µg/g)	<LD- 13,8	<LD- 1,0	<LD- 0,9	0,01- 9,9
Mo (µg/g)	<LD- 2,40	0,1- 0,5	0,02- 0,9	0,1- 0,9
Pb (ng/g)	<LD-4160,0	<LD- 159,0	<LD- 184,0	<LD- 1190,0
V (ng/g)	<LD- 990,0	<LD- 260,0	<LD- 161,0	<LD- 110,0
Zn (µg/g)	<LD- 76,4	18,3- 78,5	8,3- 105,0	0,3-225,0

Se observó una alta variabilidad en las concentraciones determinadas y se encontraron diferencias significativas en el contenido de aquellos elementos traza de importancia nutricional únicamente. Las concentraciones de Cu y Fe fueron mayores en las muestras de fórmula infantil, la de Mo mayor en las de leche

en polvo descremada y entera, la de B solo en leche en polvo descremada. Las concentraciones de Mn y Zn fueron significativamente mayores en las muestras de fórmula infantil y leche en polvo descremada. En general, el rango obtenido para los elementos traza determinados se encontró entre los valores descriptos por otros autores^{28,86,87,88,99}.

Por otro lado, las concentraciones de As y Mo determinadas en todas las muestras de leche en polvo y de V en leche en polvo descremada fueron mayores a las informadas por Nardi⁶³. Caso contrario fue lo observado para las concentraciones medias de Cr y Pb en todas las leches en polvo y para V en leche en polvo entera fueron menores a los descritos por dicho autor.

Estudio de elementos traza en hígado y riñón de origen bovino

En Argentina, la carne bovina constituye una parte fundamental de la dieta. La misma requiere altos estándares de calidad y controles

de seguridad. Las menudencias y las achuras, son parte de la dieta de las poblaciones, principalmente de las de bajos recursos¹⁰⁰. Entre los menudos de mayor consumo en la Argentina, podemos mencionar al riñón y el hígado. Estos órganos, son los encargados de eliminar toxinas del organismo²⁶. Es por lo anteriormente descrito que es imprescindible conocer las concentraciones de elementos traza que pueden estar presentes en dichos órganos.

En la Tabla 7 se muestran los rangos de concentraciones determinados en nuestro laboratorio para As y elementos asociados y aquellos informados por otros autores en hígado y riñón.

Tabla 7: Rango de concentración de elementos traza ($\mu\text{g}/\text{kg}$) determinados en hígado y riñón de muestras bovinas procedentes de la provincia de Buenos Aires y Córdoba^{3,9,18,24,29,56,57,65,67}

$\mu\text{g}/\text{kg}$	Hígado		Riñón		Referencia
	Buenos Aires	Córdoba	Buenos Aires	Córdoba	$\mu\text{g}/\text{g}$
As	24,0-150,0	22,0-247,0	58,0-198,0	109,0-501,0	0,05-46/0,11-68
Mo	1176,0-3278,0	1908,0-4937,0	1376,0-2460,0	1263,0-2674,0	1,1-1,4/0,3-0,5
Se	646,0-7173,0	335,0-4620,0	3322,0-6768,0	3864,0-6577,0	0,2/1-1,4
Sr	205,0-1699,0	195,0-1765,0	1343,0-2847,0	1127,0-6560,0	
U	<21	<30	13,0-54,0	8,0-85,0	0,3- 4,5/8,8
V	68,0-609,0	25,0-2229,0	140,0-563,0	165,0-1079,0	<3

Se encontraron diferencias significativas (de acuerdo al test de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) en los niveles de As total presente entre las muestras provenientes de ambas regiones, siendo las muestras de hígado y riñón provenientes del Sudeste de Córdoba (zona de elevada exposición a As) las que presentaban mayores niveles de este elemento. Las muestras de riñón e hígado provenientes de la provincia de Buenos Aires presentaron una mediana de 134 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (MS) y de 43 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (MS), mientras que en las de Córdoba la mediana fue de 270 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (MS) y de 106 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (MS), respectivamente. Esto indicaría que al aumentar los niveles de As en la dieta de los bovinos, las concentraciones de estos elementos

en los tejidos se incrementa. En todos los casos los niveles de As se encontraron por debajo de los límites máximos permitidos a nivel nacional (1000 mg/kg (MH), Plan CREHA 2012). Además, los niveles de As hallados en el presente trabajo son similares a los reportados previamente por otros autores.

Los niveles de V determinados fueron mayores a los reportados previamente por Pérez Carrera⁶⁸. Se encontraron diferencias significativas en los niveles de V entre las muestras de riñón provenientes de ambas zonas (sudeste de Córdoba y provincia de Buenos Aires), caso contrario a lo ocurrido entre las muestras de hígado de ambos sitios. Esta diferencia puede verse asociada a que

la concentración media de V en las muestras de agua provenientes del sudoeste de la provincia de Córdoba es significativamente mayor que en las de Buenos Aires.

Los niveles de Mo observados tanto en hígado como en riñón presentaron una elevada variabilidad y, además, no mostraron diferencias significativas entre las mismas.

Biotransferencia, Ingesta diaria y análisis de riesgo

Biotransferencia

En trabajos publicados previamente por nuestro equipo de trabajo ^{11,67,68,69,70,71} se estudió el factor de biotransferencia (BTF) como herramienta, para estimar la transferencia y/o acumulación de As en leche cruda a partir de la exposición del ganado a través del agua de bebida y/o alimentos.

Este factor relaciona el contenido de As y demás elementos traza presentes en la leche respecto del contenido de dichos elementos presentes en agua y alimento del ganado en la dieta ^{72,75}.

Se determinó la concentración de dicho elemento en agua de bebida animal, suelo y forraje y se pudo observar que la principal fuente de exposición al As para el ganado es el agua de bebida. Para estimar el BTF de los elementos traza analizados se tuvieron en cuenta los valores de ingesta de alimento, agua y peso medio de cada especie en función de datos obtenidos de NRC⁶⁴ e INTA⁵⁰ para vacas lecheras Holstein, cabras

lecheras Anglonubian y Saanen y ovejas lecheras Pampita y Frisona.

El cálculo de este BTF a partir de los resultados obtenidos en las diferentes campañas de recolección de muestras realizadas permitió, además, estimar la concentración de As en leche cruda a partir de los niveles de As determinados en las muestras de agua de bebida animal analizadas en diversos establecimientos de la provincia de Buenos Aires y sudeste de Córdoba.

Se determinaron los valores de BTF para elementos traza de importancia nutricional y toxicológica (Tabla 8). Teniendo en cuenta los valores medianos de BTF calculados se observaron diferencias significativas entre los micronutrientes (Cu, Mo y Zn) y los microcontaminantes (As, Cr, Pb y V) analizados entre los distintos tipos de especies pecuarias estudiadas. La leche ovina presentó valores medios de BTF significativamente mayores que las muestras de leche caprina y bovina tanto para Zn como Cu, mientras que para el Mo el valor mediano de BTF fue significativamente mayor para leche caprina en comparación con la ovina y bovina. Para el caso del Mn y el Fe, no se observaron diferencias significativas entre los BTF de las muestras de las diferentes especies estudiadas. Teniendo en cuenta los valores medianos obtenidos no se observó bioacumulación de dichos elementos en leche a partir de su ingesta desde el agua de bebida y el alimento del ganado.

En cuanto a los valores medianos de BTF calculados para los elementos traza de importancia toxicológica analizados se observaron diferencias significativas en la biotransferencia de los mismos entre las distintas especies pecuarias estudiadas (Tabla 8).

Tabla 8: rangos de BTF estimados para leche cruda calculados teniendo en cuenta el contenido de los elementos en agua de bebida animal y alimento fresco y balanceado ^{69,70}.

	LECHE		
	Caprina	Ovina	Bovina
As	0,008-0,01	0-0,02	0-0,009*
Cr	0-1,13	0-1,32	0-0,50
Cu	0-0,02	0-0,01	0-0,005
Fe	0-0,02	0-0,03	0-0,02
Mn	0-0,02	0-0,004	0-0,001
Mo	0-0,01	0-0,04	0-0,01
Pb	0-0,07	0-0,20	0-0,04
V	0-0,01	0-0,07	0-0,004
Zn	0,01-0,04	0,01-0,19	0-0,01

En leche ovina se observaron valores medios de BTF significativamente mayores que en leche de cabra y vaca para V, Pb y As, mientras que en el caso del Cr, el valor de BTF fue significativamente mayor para leche caprina. Solo se observaron valores de BTF superiores al umbral de 1 para el Cr en la leche ovina y caprina cuando las concentraciones de dicho elemento tanto en agua como alimento superaron el LMR establecido por el CAA y el Mercosur. Por lo tanto, esto sugiere un posible proceso de acumulación del Cr si los niveles en la dieta superan los LMR establecidos. En cuanto al resto de los elementos analizados no se observaron valores de BTF > 1, siendo los mismos no bioacumulables en leche^{75,76}. Los rangos descritos para As, en leche cruda

de bovinos fueron similares a los estimados previamente por nuestro grupo de trabajo^{67,68,69,70}.

Ingesta diaria

La ingesta diaria es una herramienta que permite estimar el consumo de diferentes elementos nutritivos o la exposición a elementos tóxicos. Para la realización de este cálculo se tuvo en cuenta el consumo promedio según edad (niños y adultos) de derivados lácteos para su posterior aplicación en las herramientas de análisis de riesgo. De manera tal de poder evaluar la exposición a los diversos elementos analizados a través de la dieta (Tabla 9).

Tabla 9: CDI de elementos traza en leche y derivados lácteos para niños (0 a 8 años) y adultos (> a 9 años) y datos de referencia (RFC) sugeridos por IRI⁹⁵.

	Derivados Lácteos		RFC* (ug/kg*d)
	Niños	Adultos	IRIS (EPA 2016)
As	0-2,3	0-0,2	0,3
Cr	0-20,9	0-2,4	3,0
Cu	0-47,5	0-5,5	40,0
Fe	0-2551,0	0-295,0	700,0
Mn	0-13,7	0-1,6	140,0
Mo	0,2-7,3	0,03-1,5	140,0
Pb	0-6,3	0-0,7	0,06
V	0-5,51	0-0,6	5,0
Zn	113-1437	7,1-166	300

En cuanto a los valores de la tasa de ingesta diaria (CDI, chronic daily intake) para elementos traza de importancia nutricional a partir de leche cruda (LC) y queso (Q), se observó que únicamente el Zn presentó valores de CDI medios mayores a 300 $\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{día}$ (RFC de IRI⁹⁵) en el grupo de infantes (de 0 a 24 meses).

En cuanto a la tasa de ingesta diaria (ADDI, average dose daily intake) para elementos traza de importancia toxicológica, el Pb y el Cr superaron los

RFC sugeridos por EPA⁹⁵, tanto en queso como leche comercial. Esto se observó en el caso del Pb con la ingesta en infantes (0,34 y 0,27 $\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{día}$ respectivamente) y niños (0,09 y 0,23 $\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{día}$ respectivamente) y, por otro lado para el Cr con la ingesta de queso en infantes (4,15 $\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{día}$). Cabe destacar que los valores máximos de tasa de ingesta (ADDI y CDI) estimados de As, Pb, Cr, Cu, Fe y Zn superaron los sugeridos por IRI⁹⁵ y que los grupos de edad más vulnerables en dichos casos serían los infantes y niños.

CONSIDERACIONES FINALES

En este trabajo de revisión se han recopilado los estudios realizados de biotransferencia de elementos traza desde las matrices ambientales (agua de bebida y suelo) y forrajes a productos de consumo humano derivados de la actividad ganadera. Estos estudios revisten una importancia fundamental para poder estimar la exposición a elementos traza de importancia nutricional (ETN) y toxicológica (ETT) y que podrían poner en riesgo tanto la salud humana como animal. Esto se debe a que los mismos presentan una distribución variable según el tipo de matriz ambiental, agua, suelo y forraje, del tipo de ganado (por su fisiología) o el tipo de alimento de origen animal que se estudie.

A lo largo de nuestro trabajo se logró determinar que la mayor exposición del ganado a los ETT se debe, principalmente, a su elevado contenido en el agua de bebida animal. Mientras que en el caso de los ETN, la mayor exposición se debe a su exceso en la dieta del ganado. Es importante remarcar que el exceso en la ingesta de ETN y ETT en el ganado puede generar problemas a nivel fisiológico, ya que varios de ellos pueden actuar de forma antagónica afectando la biodisponibilidad de algunos elementos, tal es el caso del As, Cr, Cu, Fe, Mo, Mn y Zn.

En el estudio comparativo, se observó que en varias de las muestras de las matrices ambientales (suelo y agua de bebida) y alimento para ganado analizadas, tanto ETT (As, Cr, Pb) como los ETN (F, Mn, Mo y B), superaron los valores descritos por otros autores. En cuanto a las concentraciones determinadas en leche cruda, elementos como Cu, Mn, Zn, As, Cr y V, excedían los niveles descritos por otros autores. Por otro lado, en derivados lácteos, la mayoría de las concentraciones de los elementos analizados, a excepción del Mo y V, se encontraban dentro del rango detallado previamente por otros autores.

Posteriormente en un análisis de BTF, se pudo observar que los ETT son transferidos principalmente desde el agua de bebida animal a leche cruda. A su vez, se observó una acumulación de los mismos en los derivados lácteos analizados. En el caso de los ETN, lo mismo ocurre principalmente desde el alimento del ganado, ya sea forraje, pellet o ensilados. En el caso de los derivados cárnicos, los elementos traza pueden

acumularse en mayor proporción en hígado y riñón ya que son órganos que intervienen en la desintoxicación y eliminación de diferentes compuestos nocivos para el organismo.

En cuanto al estudio en la exposición a los consumidores, se observó, que según el tipo de dieta, los niños e infantes son los más expuestos a posibles efectos de intoxicación a través de la leche y derivados lácteos. Mientras que los adultos están más expuestos por la ingesta de derivados cárnicos.

En el análisis de la ingesta de leche y derivados lácteos en infantes y niños, se determinó que los valores de CDI de As, Mn, Mo y V se encontraban dentro de los límites sugeridos por IRI (EPA 2016), mientras que algunos de los valores de ingesta de Cr, Cu, Fe, Pb y Zn, se encontraban por encima de éstos.

Los estudios realizados hasta el momento demuestran la importancia del conocimiento de la presencia de elementos traza de importancia toxicológica y nutricional a lo largo de la cadena productiva y que mientras las concentraciones en las matrices ambientales se conserven dentro de los parámetros recomendados, el riesgo para la población es reducido.

BIBLIOGRAFÍA

1. Abdulkhalig, A.; Swaileh, K.M.; Hussein, R.M. & Matani, M. Levels of metals (Cd, Pb, Cu and Fe) in cow's milk, dairy products and hen's eggs from the West Bank, Palestine. *International Food Research J.* 2012; 19 (3): 1089-1094
2. Addis, M.; Cabiddu, A.; Pinna, G.; Decandia, M.; Piredda, G.; Pirisi, A.; Molle, G. Milk and cheese fatty acid composition in sheep fed Mediterranean forages with reference to conjugated linoleic acid cis-9, trans-11, *Journal Dairy Science.* 2005; 88: 3443-3454.
3. Akan, J. C., Abdulrahman, F. I., Sodipo, O. A., & Chiroma, Y. A. Distribution of heavy metals in the liver, kidney and meat of beef, mutton, caprine and chicken from Kasuwan
4. Akpanyung, E.O. (2006). Major and Trace Element Levels in Powdered Milk. *Pakistan Journal Nutrition.* 2010; 5(3): 198-202
5. Alcaine, A. A.; Sandhi, A.; Bhattacharya, P.; Jacks, G.; Bundschuh, J.; Thunvik, R. & Mörth, C. M. (2012). Distribution and mobility of geogenic arsenic in the shallow aquifers of the northeast of La Pampa, Argentina. Understanding the Geological and Medical Interface of Arsenic, 132-134.
6. Alvarez Gonçalves, C.V.; Arellano, F.E.; Pérez Carrera, A. Técnicas de estudio para la evaluación del daño al ADN y su aplicación en la producción animal. *SNS*, 7:21-37. ISSN2314-2901. 2015
7. Anastasio, A., Caggiano, R., Macchiato, M., Paolo, C., Ragosta, M., Paino, S., & Cortesi, M. L. Heavy metal concentrations in dairy products from sheep milk collected in two regions of southern Italy. *Acta Veterinaria Scandinavica.* 2006; 47(1), 1-6.
8. Andrade, F. *Los desafíos de la agricultura.* INTA, FCA UNMP, CONICET, IPNI. Ediciones International Plant Nutrition Institute. p. 135. 2016
9. Anke, M.; Seiber, O.; Müller, R.; Schäfer, U. & Zerull, J. Uranium transfer in the food chain from soil to plants, animals and man. *Chemie der Erde-Geochemistry.* 2009; 69, 75-90.
10. APHA. 1993. Standard methods for the examination of water and wastewaters. American Public Health Association, New York. 874pp.
11. Arellano, F.E.; Alvarez Gonçalves, C.V.; Pérez-Carrera, A.L.; Calzetta Resio, A.N. & Fernández Cirelli, A. Presencia de Elementos Traza Inorgánicos de Importancia Nutricional en Leche de Rumiantes. *SNS, Revista Senasa.* 2014; 5-6:1-8
12. Arellano, F.E.; Pérez Carrera, A.; Calzetta Resio, A.; Galicio, M. & Fernández Cirelli, A. Determinación de minerales en leche ovina durante la lactación Congreso Argentino de Ciencia y Tecnología en Alimentos XV, ISBN: 978-987-22165-7-3. 2015.
13. Arellano, F.E.; Braeuer, S.; Fernández Cirelli, A.; Goessler, W. and Pérez Carrera, A. "Occurrence of major and trace elements in powdered milk from Argentina." *International Journal of Dairy Technology, Society of Dairy Technology.* 2019; 70: 1-8. Article ID: IDT12611/DOI: 10.1111/1471-0307.12611
14. Ayar, A.; Sert, D.; Akin, N. The trace metal levels in milk and dairy products consumed in middle Anatolia-Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment.* 2009; 152: 1-12.
15. Barranquero, R.S.; Varni, M.; Vega, M.; Pardo, P.; Ruiz de Galarreta, A. Arsenic, fluoride and other trace elements in the Argentina Pampean plain. *Geologica Acta.* 2017; Vol.15, N° 3, December 2017, pgs-pgs. DOI: 10.1344/GeologicaActa2017.15.3.3.
16. Bavera, G.A. Aguas y aguadas para el ganado. 4ta edición. Rio cuarto: Imberti-Bavera, 498p. 2011.
17. Bilandžić, N.; Sedak, M.; Đokić, M. & Božić, Đ . Determination of Macro- and Microelements in Cow, Goat, and Human Milk Using Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry. *Spectroscopy Letters.* 2015; 48(9):677-684.
18. Blanco-Penedo, I.; Cruz, J. M.; López-Alonso, M.; Miranda, M.; Castillo, C.; Hernández, J. & Bedito, J. L. Influence of copper status on the accumulation of toxic and essential metals in cattle. *Environment International.* 2006; 32(7), 901-906.
19. Bundschuh, J.; Giménez Forcada, E.; Guéréquiz, R.; Pérez-Carrera, A.; García, M.E.; Mello, J. and Deschamps, E. 'Capítulo 3. Fuentes geogénicas de arsénico y su liberación al medio ambiente: Arsénico antropogénico', in Bundschuh, J., Pérez-Carrera, A. and Litter, M. (Eds.): Distribución de arsénico en las Regiones Ibérica e Iberoamericana, CYTED, Buenos Aires, 2008. pp.33-48.
20. Bundschuh, J.; Litter, M.; Parvez, F.; *et al.* 'One century of arsenic exposure in Latin America: a review of history and occurrence from 14 countries'. *Science of The Total Environment.* 2012; Vol. 429, pp.2-35.
21. Busso, A.S., & Santa Cruz, J. Distribución de elementos traza en las aguas subterráneas del Partido de Escobar, Buenos Aires, Argentina. *Ecología Austral.* 2005; 15:31-47. Junio 2005 Asociación Argentina de Ecología

22. Cabbidu, A.; Addis, M.; Pinna, G.; Spada, S.; Fiori, M.; Sitzia, M.; Pirisi, A.; Piredda, G.; Molle, G. The inclusion of a daisy plant (*Chrysanthemum coronarium*) in dairy sheep diet. 1: Effect on milk and cheese fatty acid composition with particular reference to C18:2 cis-9, trans-11. *Livestock Production Science*. 2010; 101: 57–67
23. Caggiano, R.; Sabia, S.; D'Emilio, M.; Macchiato, M.; Anastasio, A.; Ragosta, M. & Paino, S. Metal levels in fodder, milk, dairy products, and tissues sampled in ovine farms of Southern Italy. *Environmental Research*. 2006; 48–57.
24. Carvalho, F. P. & Oliveira, J. M. Uranium isotopes in the Balkan's environment and foods following the use of depleted uranium in the war. *Environment international*. 2010; 36(4), 352-360.
25. Chilliard, Y., & Ferlay, A. Dietary lipids and forages interactions on cow and goat milk fatty acid composition and sensory properties. *Reproduction Nutrition Development*. 2004; 45: 467–492.
26. Chmielnicka, J. & Cherian, M. G. Environmental exposure to cadmium and factors affecting trace-element metabolism and metal toxicity. *Biological Trace Element Research*. 1986; 10(3), 243-262.
27. Closa, S. J.; de landeta, M. C.; Andérica, D.; Pighín, A. & Cufre, J. A. "Contenido de nutrientes minerales en leches de vaca y derivados de Argentina". *ALAN*. 2003; 53: 320-324.
28. Coni, E., Bocca, A., Coppolelli, P., Caroli, S., Cavallucci, C., & Trabalza Marinucci, M. (1996). Minor and trace element content in sheep and goat milk and dairy products. *Food Chemistry* 57(2):253-260.
29. Dermauw, V.; Alonso, M. L.; Duchateau, L.; et al. Trace element distribution in selected edible tissues of zebu (*Bos indicus*) cattle slaughtered at Jimma, SW Ethiopia. *PloS one*. 2014; 9(1), e85300.
30. Díaz Romeau & Hunter. (1978) Metodologías de muestreo de suelo, análisis químico de suelos y tejido vegetal y de investigaciones en invernadero. En: <http://www.sidalc.net/repdoc/A6790e/A6790e.pdf>
31. Di Cagno, R.; Banks, J.; Sheehan, L.; Fox, P. F.; Brechany, E. Y.; Corsetti, A.; Gobetti, M., Comparison of the microbiological, compositional, biochemical, volatile profile and sensory characteristics of three Italian PDO ewes' milk cheeses. *International Dairy Journal*. 2003; 13: 961–972.
32. Dobrzański, Z., Kolacz, R., Górecka, H., Chojnacka, K., & Bartkowiak, A. The content of microelements and trace elements in raw milk from cows in the Silesian Region. *Polish Journal Environmental Studies*. 2005; 14: 685-689
33. Edafología. Guía de trabajos prácticos Edafología, FAUBA, 2004. 99pp.
34. Elbagermi, M.A.; Alajtal, A.I. & Edwards, H.G.M. A Comparative Study on the Physicochemical Parameters and Trace Elements in Raw Milk Samples Collected from Misurata- Libya. *Sop Transactions on Analytical Chemistry*. 2014; Volume 1(2) DOI: 10.15764/ACHE.2014.02002
35. Espósito, M., & Paolini, J.D (2010). Hidrología e hidroquímica de la cuenca del arroyo El Divisorio, provincia de Buenos Aires. Tesis doctoral. Universidad Tecnológica Nacional.
36. Farías, S.; Casa, V.; Vazquez, C.; Ferpozzi, L.; Pucci, G.; Cohen, I. Natural contamination with arsenic and other trace elements in groundwaters of Argentina Pampa Plain. *Sci Total Environ*. 2003; 309:187–99.
37. FAO Food and Agriculture Organization. El estado mundial de la agricultura y alimentación. *Anuario estadístico de la FAO*. 2015; 1:1-130.
38. Fernández Cirelli, A.; Schenone, N.; Pérez Carrera, A. & Volpedo A. (2010). Calidad de agua para la producción de especies animales tradicionales y no tradicionales en Argentina. *AUGMDOMUS*, 1:45-66, 2010 Asociación de Universidades Grupo Montevideo ISSN:1852-2181.
39. Fitz, W.J. & Wenzel, W.W. 'Arsenic transformations in the soil-rhizosphere-plant system: fundamentals and potential application to phytoremediation', *Journal of Biotechnology*. 2002; 99: 259–278.
40. Fox, L. M.; Krausman, P. R.; Morrison, M. L. & Kattnig, R. M. Water and nutrient content of forage in Sonoran pronghorn habitat, Arizona. *California Fish and Game*. 2000; 86(4), 216-232.
41. Francisca, F. M.; Cebollada Verdager, M. P.; Carro Pérez, M. E. Distribución espacial del arsénico en las aguas subterráneas de la provincia de Córdoba, Argentina. VIII Congreso Latinoamericano de Hidrología Subterránea, 25-29 de setiembre de 2006, Asunción, Paraguay.
42. Gabryszuk M.; Stoniewski K & Sakowski, T. Macro- and microelements in milk and hair of cows from conventional vs. organic farms. *Animal Science Papers and Reports*. 2008; vol. 26 (3), 199-209.
43. García-Marco, S.; Gómez-Rey, M. X. & González-Prieto, S. J. Availability and uptake of trace elements in a forage rotation under conservation and plough tillage. *Soil and Tillage Research*. 2014; 137, 33–42. doi:10.1016/j.still.2013.11.001
44. Goldhaber, S. B. Trace element risk assessment: essentiality vs. toxicity. *Regulatory toxicology and pharmacology*. 2003; 38(2), 232-242.

45. Gomez, M. L.; Blarasin, M. T. & Martínez, D. E. Arsenic and fluoride in a loess aquifer in the central area of Argentina. *Environmental Geology*. 2009; 57(1), 143-155.
46. Guerrero-Cervantes, M.; Ramírez, R. G.; González-Rodríguez, H.; Cerrillo-Soto, A. & Juárez-Réyes, A. Mineral content in range forages from north Mexico. *Journal of Applied Animal Research*. 2012; 40(2), 102-107. doi:10.1080/09712119.2011.607907
47. Gupta, U.C. & Gupta, S.C. Trace element toxicity relationships to crop production and livestock and human health implications for management. *Commun. Soil. Sci. Plant. Anal.* 1998; 29 (11-14): 1491-1522.
48. Haenlein, G. F. W. Nutritional value of sheep milk. *Sheep Dairy News*, 2002; 19: 5- 11.
49. Hopenhayn-Rich, C.; L. Browning, S. R.; Hertz-Picciotto, I.; Ferreccio, C.; Peralta, C. & Gibb, H. Chronic arsenic exposure and risk of infant mortality in two areas of Chile. *Environmental health perspectives*. 2000; 108(7), 667-673.
50. INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). 2014. Presencia de arsénico en aguas freáticas en el Departamento de Pichi Mahuida. Recursos Naturales. EEA Alto Valle, no 74.
51. Kędzierska-Matysek, M.; Barłowska, J.; Litwińczuk, Z. & Koperska, N. Content of macro and microelements in goat milk in relation to the lactation stage and region of production. *Journal of Elementology*. 2013; 107-114.
52. Khan, Z. I.; Ugulu, I.; Umar, S.; et al. Potential Toxic Metal Accumulation in Soil, Forage and Blood Plasma of Buffaloes Sampled from Jhang, Pakistan. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 2018; 101(2), 235-242. doi:10.1007/s00128-018-2353-1
53. Lavado, R. S.; Zubillaga, M. S.; Alvarez, R. & Taboada, M. A. Baseline levels of potentially toxic elements in pampas soils. *Soil & Sediment Contamination*. 2004; 13(5), 329-339.
54. Ley 24.051. Ley de Residuos Peligrosos. Decreto Reglamentario 831/93. República Argentina.
55. Licata, P.; Trombetta, D.; Cristani, M.; Giofré, F.; Martino, D.; Caló, M.; Naccari, F. Levels of "toxic" and "essential" metals in samples of bovine milk from various dairy farms in Calabria, Italy. *Environment International*. 2004; 30: 1-6.
56. Lopez Alonso, M.; Benedito, J.; Miranda, M.; Castillo, C.; Hernandez, J.; Shore, R. Toxic and trace elements in liver, kidney and meat from cattle slaughtered in Galicia (NW Spain). *Food additives and Contaminants*. 2000;17: 447-457.
57. López Alonso, M.; Montaña, F. P.; Miranda, M.; Castillo, C.; Hernández, J. & Benedito, J. L. Interactions between toxic (As, Cd, Hg and Pb) and nutritional essential (Ca, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Se, Zn) elements in the tissues of cattle from NW Spain. *Biometals*. 2004; 17(4), 389-397.
58. Lutfullah, G.; Khan, A.A.; Amjad, A.Y. and Perveen, S. Comparative Study of Heavy Metals in Dried and Fluid Milk in Peshawar by Atomic Absorption Spectrophotometry. *The Scientific World Journal*. 2014: 5pps. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/715845>
59. Ma, J. F.; Yamaji, N.; Mitani, N.; Xu, X. Y.; Su, Y. H.; McGrath, S. P., & Zhao, F. J. Transporters of arsenite in rice and their role in arsenic accumulation in ricegrain. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2008; 105(29), 9931-9935.
60. Massol-Deyá, A.; Pérez, D.; Pérez, E.; Berrios, M. & Díaz, E. Trace Elements Analysis in Forage Samples from a US Navy Bombing Range (Vieques, Puerto Rico). *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2005; 2(2), 263-266. doi:10.3390/ijerph2005020009
61. Miedico O.; Tarallo M.; Pompa, C. & Chiaravalle, A.E. Trace elements in sheep and goat milk samples from Apulia and Basilicata regions (Italy): Valuation by multivariate data analysis. *Small Ruminant Research*. 2016; 135 : 60-65.
62. Miranda, M.; Benedito, J. L.; Blanco-Penedo, I.; López-Lamas, C.; Merino, A. & López-Alonso, M. Metal accumulation in cattle raised in a serpentine-soil area: relationship between metal concentrations in soil, forage and animal tissues. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 2009; 23(3), 231-238.
63. Nardi, E.P.; Evangelista, F.S.; Tormen, L.; Saint’Pierre, T.D.; Curtius, A.J.; Souza, S.S.; Barbosa, F. The use of inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) for the determination of toxic and essential elements in different types of food samples. *Food Chemistry*. 2009; 112, 727-732.
64. National Research Council (NRC, 2001). *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7th ed. Washington DC: National Academy Press; 2001:408p.
65. Nriagu, J. O.; Bhattacharya, P.; Mukherjee, A. B.; Bundschuh, J.; Zevenhoven, R. & Loeppert, R. H. Arsenic in soil and groundwater: an overview. *Arsenic in Soil and Groundwater Environment - Biogeochemical Interactions, Health Effects and Remediation*. 2007: 3-60.
66. Paoloni, J.D.; Sequeira, M.E.; Fiorentino, C.E. Mapping of arsenic content and distribution in groundwater in the southeast Pampa, Argentina. *J Environ Health*. 2005; 67:50-53.
67. Pérez Carrera, A. & Fernández Cirelli, A. Niveles de arsénico y flúor en agua de bebida animal en establecimientos de producción lechera (Pcia. de Córdoba, Argentina). *Revista de Investigación Veterinaria (InVet)*. 2004; 6:1, 51-59.

68. Pérez Carrera, A. (2006). Evaluación de elementos traza en agua, suelo, forraje y leche. Tesis doctoral, Universidad de Buenos Aires. 320pp.
69. Pérez Carrera, A. & Fernández Cirelli, A. Arsenic concentration in water and bovine milk in Cordoba, Argentina. Preliminary results. *Journal of Dairy Research*. 2005; 72:122-124.
70. Pérez Carrera, A.; Moscuza, C. & Fernández Cirelli, A. "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*. 2005; 25: 115-121.
71. Pérez Carrera, A.; Moscuza, C.; Grassi, D.; Fernández Cirelli, A. Composición mineral del agua de bebida en sistemas de producción lechera en Córdoba, Argentina. *Veterinaria México*. 2007; 38 (2): 153-164.
72. Pérez Carrera, A.; Alvarez Gonçalvez, C.V.; Fernández Cirelli, A. Vanadio en agua de bebida animal de tambos del sudeste de Córdoba, Argentina. *Investigación Veterinaria (InVet)*. 2014; 16: 39-47. ISSN 1514-6634.
73. Pérez Carrera, A.; Moscuza, C. and Fernández-Cirelli, A. 'Transfer of arsenic from contaminated dairy cattle drinking water to milk (Córdoba, Argentina)', in Bundschuh, J., Armienta, M.A., Bhattacharya, P., Matschullat, J. and Mukherjee, A.B. (Eds.): Natural Arsenic in Groundwaters of Latin America. Arsenic in the Environment, Taylor & Francis/Balkema, Leiden, The Netherlands, 2008. pp. 419-425.
74. Pérez Carrera, A. & Fernández-Cirelli, A. Arsenic biotransference to alfalfa (*Medicago sativa*). *International Journal of Environment and Health*. 2014; 7(1), 31-40.
75. Pérez Carrera, A., Alvarez-Gonçalvez, C.V. & Fernández-Cirelli, A. Transference factors as a tool for the estimation of arsenic milk concentration. *Environmental Science and Pollution Research*. 2016a; 17. DOI: 10.1007/s1135601667310.
76. Pérez Carrera, A.; Arellano, F. & Fernández Cirelli, A. Concentration of trace elements in raw milk from cows in the southeast of Córdoba province, Argentina. *Dairy Science Technology*. 2016b. DOI 10.1007/s1359401602905
77. Pilarczyk R.; Wójcik J.; Czerniak P.; Sablik P.; Pilarczyk B. & Tomza-Marciniak, A. Concentrations of toxic heavy metals and trace elements in raw milk of Simmental and Holstein-Friesian cows from an organic farm. *Environmental Monitoring Assessment*. 2013; 1-10.
78. Qin, L.; Wang, X.; Li, W.; Tong, X. & Tong, W. The minerals and heavy metals in Cow's milk from China and Japan. *Journal of Health Science*. 2009; 55(2):300-305.
79. Ramírez-Navas, J. S. Composición mineral de la leche de vaca: los fosfatos. *Tecnology of Lactation Latinoamerican*. 2009; 1.
80. Raynal-Ljutovaca, K.; Lagriffoul, G.; Paccard, P.; Guillet, I. & Y Chilliard. Composition of goat and sheep milk products: An update. *Small Ruminant Research*. 2008; 79 57-72.
81. Rodier, J. Análisis de aguas. Ediciones Omega. Barcelona. 1981, 1059 pp.
82. Rodriguez Fuentes, H.; Sanchez, A.; Rodriguez Sanchez, M.; Vidales Contreras, J.A.; Acuña Askar, K.; Martinez Turanzas, G. & Rodriguez Ortiz, J.C. Metales Pesados en leche cruda de bovino. *Revista Salud Pública y Nutrición*. 2005; 6(4): 6pp.
83. Rodriguez, M.; Alvarez Gonçalvez, C.V.; Pérez Carrera, A.; Fernández Cirelli, A. Efecto del arsénico sobre plantas forrajeras de importancia pecuaria en la Argentina. (Trabajo ganador de Premio Estímulo a las Investigaciones - UBA-) *Investigación Veterinaria (InVet)*. 2016; 18 (1):1-7. ISSN 1514-6634.
84. Rodriguez, M.S.; AlvarezGonçalvez, C.V.; Fernández Cirelli, A. & Pérez Carrera, A. Evaluación de la calidad del agua en la producción animal en la zona oeste de la provincia de Buenos Aires a través de un bioensayo de toxicidad. *IFRH*. 2018.
85. Rosas, I.; Belmont, R.; Armienta, A.; Baez, A. "Arsenic concentrations in water, soil, milk and forage in Comarca Lagunera, Mexico". *Water, Air and Soil Pollution*. 1999; 112: 1-2, 133-149.
86. Sager, M.; McCulloch, C. R. & Schoder, D. Heavy metal content and element analysis of infant formula and milk powder samples purchased on the Tanzanian market: International branded versus black market products. *Food chemistry*. 2018; 255, 365-371.
87. Sager, R.L. (2000). Agua para bebida de bovinos. Reedición de la Serie Técnica N° 126. San Luis: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación experimental San Luis.
88. Sigrist, M.; Hilbe, N.; Brusa, L.; Campagnoli, D. & Beldoménico, H. Total arsenic in selected food samples from Argentina: Estimation of their contribution to inorganic dietary intake. *Food Chemistry*. 2016; 210: 96-101.
89. Smedley, P.L. & Kinniburgh, D.G (2017) Molybdenum in natural waters: A review of occurrence, distributions and controls. *Applied Geochemistry*. 2017; Volume 84, September 2017, Pages 387-432.
90. Sparks, D.L. Methods of soil analysis: Part 3 – Chemical methods. SSSA Book series: 5, ASA, Madison, Wisconsin, USA. 1996. 1390pp.

91. SRHN (Subsecretaría de Recursos Hídricos), República Argentina. Metodología para el establecimiento de niveles guía de calidad de agua ambiente para bebida de especies de producción animal. Niveles Guía Nacionales de calidad de Agua Ambiente. 2007
92. Strzałkowska, Nina; Bagnicka, Emilia; Józwiak, A. & Krzyżewski, J. Macro- and micro-elements' concentration in goat milk during lactation. *Zuchtungskunde*. 2008; 80, (5) S. 404 – 411, 2008, ISSN 0044-5401
93. USDA. 1996. Soil Survey laboratory methods manual. Soil Survey Investigations Report N° 42. Version 3.0. 693 pp, Washington DC, USA.
94. US-EPA. Sampling and Analysis Methods, 2nd ed. L Keith ed. Method. 200.7
95. USEPA-IRIS. 2016. IRIS summary of inorganic arsenic and others trace elements. Retrieved November 2016, from Integrate Risk Information System. En: https://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris_documents/documents/subst/0278_summary.pdf
96. Viglizzo, E.F. & Frank, F.C. Land-use options for Del Plata Basin in South America: Tradeoffs analysis based on ecosystem service provision. *Ecological Economics*. 2006; Volume 57, Issue 15 April 2006, Pages 140-151.
97. Wilkins, C. & Salter, L. 2002. An arsenic accumulating fern in Cornwall. *Geo-Newsletter of the Royal Geological Society of Cornwall*. 2002; 19: 4-5.
98. Wilkins, C. & Salter, L. Arsenic hyperaccumulation in ferns: a review. Royal Society of Chemistry, *Environmental Chemistry Group Bulletin*. 2003; 8-10 pp.
99. Zamberlin, Š.; Antunac, N.; Havranek, J. & Samaržija, D. Mineral elements in milk and dairy products. *Mljekarstvo: časopis za unaprjeđenje proizvodnje i prerade mlijeka*. 2012; 62(2), 111-125.
100. Zapata, M.E.; Rovirosa, A.; Carmuega, E. Cambios en el patrón de consumo de alimentos y bebidas en Argentina, 1996-2013. *Salud Colectiva*. 2016; 12(4):473-486.