



## Niveles de plomo y arsénico en leche y pelo de vacas lecheras del valle de Moquegua

### Lead and arsenic levels in milk and hair in dairy cows from the Moquegua valley

Rocio G. Condori<sup>1,a,\*</sup>, Julio Málaga<sup>1,b</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.

<sup>a</sup> Médico Veterinario y Zootecnista, ✉ [guadalupeca100@gmail.com](mailto:guadalupeca100@gmail.com),  <https://orcid.org/0000-0003-0700-9916>

<sup>b</sup> Dr., ✉ [jmalaga@unap.edu.pe](mailto:jmalaga@unap.edu.pe),  <https://orcid.org/0000-0003-4942-0041>

\* Autor de Correspondencia: Tel. +51 941304838

<http://dx.doi.org/10.25127/riagrop.20214.717>

---

<http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/RIAGROP>

[revista.riagrop@untrm.edu.pe](mailto:revista.riagrop@untrm.edu.pe)

Recepción: 15 de julio 2021

Aprobación: 14 de agosto 2021

---

Este trabajo tiene licencia de Creative Commons.  
Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0  
International Public License – CC-BY-NC-SA 4.0

#### Resumen

El objetivo del estudio fue determinar los niveles de concentración de plomo y arsénico en leche y pelos de vacas de la cuenca lechera del valle de la Moquegua. Se obtuvo 12 muestras de leche y 12 muestras de pelos, debidamente identificados, para cuantificar las variables de estudio. Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad de la Facultad de Ciencias Farmacéuticas, Bioquímicas y Biotecnológicas de la Universidad Católica de Santa María de Arequipa, mediante la técnica de absorción atómica con horno de grafito. Los datos obtenidos fueron procesados y analizados mediante la prueba estadística de T de Student. Las concentraciones de plomo en la leche y pelo de las vacas del valle de Moquegua fueron  $0.2867 \pm 0.082$  mg de plomo/kg en leche y  $2.04 \pm 0.438$  mg de plomo/kg en pelo ( $P < 0.05$ ). Los niveles de arsénico fueron  $0.9616 \pm 0.53$  mg/kg en pelo y  $0.0916 \pm 0.046$  mg/kg en leche en vacas. Estos datos, contrastados con la prueba múltiple de significación de T de Student reflejaron diferencias significativas. Los dos metales analizados, tanto en leche como en pelos de las vacas alimentadas con pastos regados con aguas del río Torata, superan los límites máximos permisibles.

**Palabras claves:** Arsénico, leche, plomo, pelo, vaca.

## Abstract

The aim of the study was to determine the concentration levels of lead and arsenic in milk and hair from cows in the dairy basin of the Moquegua Valley. 12 milk samples and 12 hair samples duly identified were obtained to quantify the study variables. The samples were analyzed in the Quality Assay and Control Laboratory of the Faculty of Pharmaceutical, Biochemical and Biotechnological Sciences of the Catholic University of Santa María de Arequipa, by means of atomic absorption technique with a graphite furnace. The data obtained were processed and analyzed using the statistical test of "t" (student). The lead concentrations in the milk and hair of the cows of the Moquegua Valley were  $0.2867 \pm 0.082$  mg of lead / kg of milk and  $2.04 \pm 0.438$  mg of lead / kg of hair ( $P < 0.05$ ). The arsenic levels were  $0.9616 \pm 0.53$  mg / kg of hair and  $0.0916 \pm 0.046$  mg / kg of milk in cows. These contrasted to the multiple significance test of "t" (student) showed significant differences. The two metals analyzed in both milk and hair from cows fed pastures irrigated with waters from the Torata River exceed the maximum permissible limits.

**Keywords:** Arsenic, milk, lead, hair, cow.

## 1. INTRODUCCIÓN

La contaminación ambiental producida por metales pesados de la industria y el crecimiento urbano afectan el aire, agua, y suelos. Además, se pueden acumular a largos plazos en niveles tóxicos en los suelos, donde permanecen por largos periodos debido a que no son degradados y pueden biotransformarse en la cadena alimentaria (ATSDR, 2007). Esta acumulación puede provocar grandes trastornos de la salud en la población humana, a quienes los metales pesados, como el plomo y arsénico, pueden ocasionar alteraciones a nivel del sistema nervioso central, alteraciones dérmicas, cardiovasculares, respiratorias, gastrointestinales y renales. Así mismo provoca alteraciones citogenéticas e inmunológicas y en el sistema reproductor, mientras que el plomo preocupa especialmente por su neurotoxicidad.

La presencia de plomo en la leche representa un peligro, porque puede causar diferentes enfermedades en animales y humanos si sobrepasa el límite máximo permitido de 0.02 mg por kilogramo de leche o 0.002 mg/dL., según el CODEX general estándar para

contaminantes y toxinas en comida y alimentos (1995). Aunque es de interés de las entidades gubernamentales vigilar el impacto de las actividades extractivas sobre las personas y el medio ambiente, se debe considerar que no existen, en nuestros medios, estándares nacionales para todos los contaminantes, por lo que se suelen adoptar estándares o parámetros internacionales.

A pesar de su importancia en la salud pública, hace falta estudios acerca del papel que la leche de vaca juega como vehículo para el plomo. También se requiere un enfoque más detallado de los posibles vehículos que permiten que esta se contamine, desde el suelo hasta que llega a la mesa de los consumidores. Además, se debe analizar su consecuente importancia en la intoxicación por este metal, no solo de esta sino también de otros alimentos en los cuales se debe realizar de manera rutinaria. En estudios realizados en leche pasteurizada, se ha encontrado niveles mayores a los límites permisibles, según la legislación nacional e internacional (Sosa-García, 2004). La presencia de metales pesados en los lácteos constituye un

tema de actualidad, debido a la contaminación de la cadena trófica involucrada y a los daños que ocasionan en la salud, la exposición crónica de estos metales en alimentos, que regularmente se presenta en forma asintomática (Ayala y Bonilla, 2013).

En el contexto del valle de Moquegua, no se ha encontrado investigaciones en relación a la concentración de metales pesados en la leche y pelo de vacas. Por lo tanto, los resultados permitirán sensibilizar a los criadores de vacunos, con la finalidad de planificar, vigilar e implementar acciones preventivas sobre la presencia de metales pesados y se contribuya a una vida saludable. El objetivo fue determinar niveles de plomo y arsénico en leche y pelo de vacas de producción lechera de la cuenca del valle de Moquegua.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Lugar de estudio

El estudio se realizó en el valle de la provincia de Mariscal Nieto, del departamento de Moquegua. El centro poblado de Torata se encuentra al lado izquierdo del río Trata, a 28 km aproximadamente al noreste de la ciudad de Moquegua, tiene una superficie territorial de 1337 km<sup>2</sup> y se ubica a una altitud de 2215 m s. n. m., en los 1° 04' 18" de latitud sur y 70° 50' 8" de longitud oeste, con respecto al meridiano de Greenwich.

Las muestras de estudio fueron tomadas en los distritos de Torata, por estar cercanos al río de Torata, cuyos pobladores riegan sus cultivos con aguas que provienen de la actividad minera de la empresa Souther Cooper Corporation y Pasto Grande, en el valle de Moquegua porque los pobladores pastan sus vacas al costado de la

carretera Panamericana Sur y la carretera Interoceánica. Se sabe que el aumento intenso y constante de las actividades desarrolladas por el hombre, que incluyen las actividades industriales, ha favorecido la producción y emisión de sustancias contaminantes hacia el medio ambiente, porque facilita la entrada de dichas sustancias tóxicas en la cadena trófica.

### 2.2. Material experimental

Los animales incluidos en la investigación fueron vacas de raza Holstein entre el segundo y quinto parto. Los elementos excluidos fueron vacas que estuvieran recibiendo un tratamiento con antibiótico por cualquier enfermedad, vacas de primer parto y sexto parto, Vacas que consumían pastos que no estuvieran regados con agua del río Torata y criadores que no utilizan riego del río Torata.

Con estos criterios, se identificaron 12 vacas con diferente número de parto, que se alimentaban en pastos cultivados y que estuvieron bajo un sistema de crianza semiextensivo, alimentadas con alfalfa y ensilado de maíz. En cuanto al consumo de agua, estas bebían agua proveniente del río Torata.

### 2.3. Metodología

#### 2.3.1. Muestreo de leche de vacas

La toma de muestras se realizó con la coordinación previa de la Agencia Agraria de Mariscal Nieto y los productores de la zona.

Las muestras de estudio se colectaron durante el proceso de ordeño diario, en las vacas de raza Holstein, pertenecientes a los sectores de Cala-Cala, Santa Rita, Yacango y Torata Alta, del Distrito de Torata.

Se colectaron 12 muestras de leche en recipientes de boca ancha. Luego, se llenó en unas botellas de plástico estériles ya rotuladas (número de muestra, sector, arete, número de parto y estado sanitario). De cada vaca, se tomó 500 mL de leche.

#### 2.3.2. *Recolección de las muestras de leche individuales*

Con una desinfección previa de la ubre y de los peones, se realizó la limpieza y preparación de las vacas seleccionadas. Para ello, se aprovechó la rutina de ordeño que finalizó con la aplicación de una solución yodada o de alcohol al 70 %, con unas toallitas húmedas desechables, con el fin de asegurar al máximo la obtención de una muestra libre de contaminantes (estiércol, tierra, restos de alimento u otros) (Licata *et al.*, 2004). Se desecharon los primeros chorros del ordeño manual y se tomaron 50 ml de leche de dos pezones diferentes. La leche fue envasada en botellas de plástico, rotuladas y conservadas en el *cooler*, aproximadamente a 4°C, para ser llevados inmediatamente al Laboratorio de Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad de la Facultad de Ciencias Farmacéuticas, Bioquímicas y Biotecnológicas de la Universidad Católica de Santa María de Arequipa, para realizar el respectivo análisis de metales pesados.

#### 2.3.3. *Muestreo de pelo de vaca*

Se colectó el pelaje de vacas, de las partes de la cabeza, lomo y cola, hasta conseguir 100 g. Antes de la colección, se hizo el cepillado correspondiente para quitar las malezas, tierra o estiércol, para luego ser colocados en una bolsa plástica con cierre hermético para evitar cualquier tipo de contaminación. Posteriormente, todas estas muestras fueron

remetidas al laboratorio al igual que con las otras muestras.

#### 2.3.4. *Procesado de las muestras*

Fueron analizadas 12 muestras, que incluyeron la leche fresca y 12 muestras de pelo. Se debe destacar que las muestras de leche y pelo se tomaron a la misma vaca, siendo un total de 12 vacas materia de estudio en diferentes sectores de Moquegua, ubicados a los costados de la carretera panamericana e interoceánica.

#### 2.3.5. *Procedimientos analíticos*

Los análisis fueron realizados en el Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad de la Facultad de Ciencias Farmacéuticas, Bioquímicas y Biotecnológicas de la Universidad Católica de Santa María de Arequipa, mediante espectroscopia de absorción atómica. Para ello, se utilizó un equipo marca PerkinElmer®, modelo Optima 8000, según protocolos que el laboratorio usa.

### 2.4. **Análisis de datos**

Los datos de metales pesados en la leche y pelo de las vacas fueron analizados mediante la prueba estadística de T de Student.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1. **Plomo en vacas**

En la tabla 1, se observa las concentraciones de plomo en la leche y pelo de las vacas del valle de Moquegua. Se encontró  $2.04 \pm 0.438$  mg de plomo/kg de pelo y  $0.2867 \pm 0.082$  mg de plomo/kg de leche ( $P < 0.05$ ). Estos resultados, contrastados a la prueba múltiple de significación de T de student, reflejaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ).

**Tabla 1.** Concentración de plomo (mg) en la leche y pelo de vacas del Valle de Moquegua

Fuente de plomo	n	Promedio $\pm$ DS	V.E.
Pelo	12	2.0433 $\pm$ 0.438 <sup>a</sup>	1.25 – 2.88
Leche	12	0.2867 $\pm$ 0.082 <sup>b</sup>	0.22 – 0.52

a y b Letras diferentes indican que no hay diferencias significativas ( $P \geq 0.05$ )

n = Número de animales en estudio

V.E. = Valores extremos

Los valores encontrados en el presente estudio superan límites permisibles reportados y recomendados por EEC (2006). Ante esto, Chata (2015) refiere que según estándares de permisibilidad de la Unión Europea, el plomo no debe superar el 0.02 mg/kg de leche. La superioridad de los valores se debería a que los animales adquieren mediante consumo de pastos y agua que contiene el metal, a causa de la actividad minera de Cuajone. Otro factor sería que el ambiente del Valle de Moquegua está contaminado por los vehículos que circulan en la Panamericana Sur del Perú, sobre todo los vehículos que utilizan gasolina. En similar estudio, Bárcena (2011) encuentra concentraciones de plomo, en la leche de las vacas de la cuenca Llallimayo – Umachiri, 638 veces superior al límite máximo permisible, es decir, mayor a 0.020 mg/kg de leche. Esta elevada concentración se debería a la actividad minera ARASI SAC, que está ubicado en la cabecera de la cuenca Llallimayo, del distrito de Ocuvi, en Puno,

Valores inferiores al presente estudio fueron reportados por Pacco (2018), quién registra concentración de plomo promedio de 0.0256 mg/kg de leche, en vacas alimentadas con pastos regados con agua del río de la cuenca Llallimayo. Igualmente, Moreno (2003), en

estudios de metales pesados en leche de vacas alimentadas con alfalfa producida en suelos irrigados con aguas residuales en Puebla y Toxcla, en México, determinó que la concentración de plomo de 0.039 mg/kg, que es un valor superior al límite internacional permitido. Este resultado obtenido es inferior a lo obtenido en nuestro estudio, que también supera el límite máximo permisible establecido por la Unión Europea. Esto se debería a la acumulación de plomo en las hojas de alfalfa y estos al ser consumidos por los rumiantes se concentran más en los huesos largos y pueden ser movilizados a la leche de las vacas principalmente después del parto. Por otro lado, González *et al.* (2006), al valorar diversos metales en muestras de leche de granjas localizadas en Asturias (zona de gran actividad industrial y minera), encontraron los valores de plomo que oscilan entre 0,71 y 16,06  $\mu$ g/l. Estos valores de plomo son inferiores a los límites establecidos por las diversas reglamentaciones, tanto nacionales como internacionales. Aunque los valores más elevados aparecen en animales que pastan sobre zonas muy próximas a antiguas o a actuales minas de carbón.

Valores superiores al presente de estudio fueron registrados por Rodríguez (2002), como de 0.8714 y 0.5998 mg/kg de leche cruda de bovino de cinco establos del noreste de Nuevo León, México. Estas concentraciones superan los niveles máximos permisibles establecidos por normas internacionales. Esta superioridad se debería a factores tan variados como el agua de bebida del animal, los forrajes y/o el alimento balanceado, además de factores como la técnica y/o el método de análisis de los metales.

### 3.2. Arsénico en vacas

En la tabla 2, se observa los niveles de concentración de arsénico en el pelo y leche de vacas pastoreadas en pastos regados con agua del río Moquegua, contaminada por la actividad minera. Se encontraron  $0.9616 \pm 0.53$  mg/kg de pelo y  $0.0916 \pm 0.046$  mg/kg, de leche en vacas. Estos datos fueron contrastados a la prueba múltiple de significación de T de Student y reflejaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ). Esta diferencia posiblemente se debe a la disposición de pastizales contaminados con el metal en la alimentación de los vacunos.

**Tabla 2.** Concentración de arsénico (mg) en la leche y pelo de vacas del Valle de Moquegua

Fuente de plomo	n	Promedio $\pm$ DS	V.E.
Pelo	12	$0.9616 \pm 0.530^a$	0.192 – 2.212
Leche	12	$0.0916 \pm 0.046^b$	0.040 – 0.200

a y b Letras diferentes indican que no hay diferencias significativas ( $P < 0.05$ )  
 n = Número de animales en estudio  
 V.E. = Valores extremos

El laboratorio CERPER S.A. (Xstrata Tintaya S. A. 2009) reporta para arsénico valores menor a  $0.06 \mu\text{g}/\text{kg}$  de muestra de hígado y riñón de los Ovinos. No obstante, estos no llegan a sobrepasar valores establecidos como permisibles para consumo humano. Igualmente, reporta, en muestras de ovinos en un ámbito control sin actividad minera, valores de arsénico en concentraciones por debajo del límite de detección. Este valor encontrado en el presente estudio fue superior al reporte de Ponce *et al.* (2006), quienes encontraron, en el músculo de las llamas procedentes de Abra

Pampa, en Argentina, en la zona no contaminada, los niveles de arsénico de  $0.132 \pm 0.043$  ng/g de peso fresco, son semejantes a los hallados en las llamas de Rinconadillas, zona contaminada  $0.114 \pm 0.062$  ng/g peso fresco. Sin embargo, en la zona contaminada, Moreno, los contenidos de arsénico total se duplican  $0.233 \pm 0.041$  pg/g de peso fresco. Respecto al arsénico inorgánico, los contenidos promedios hallados en el músculo de las muestras de Abra Pampa,  $3 \pm 1$  ng/g peso fresco y Rinconadillas  $4 \pm 2$  ng/g peso fresco, no difieren significativamente entre sí. Las bajas concentraciones de arsénico inorgánico indican que la carne de llama no es un alimento de riesgo para los consumidores, que difiere a lo obtenido en el presente estudio.

No obstante, Gonzales (2006) registra este metal pesado, arsénico, en las muestras, con concentraciones por debajo del límite de detección a través de la metodología empleada en forma individual, leche de cada una de las vacas o del tanque. Los diferentes metales pesados analizados estuvieron dentro de los rangos señalados por otras investigaciones. Por ello, el riesgo para la salud del consumidor la leche de vaca procedente de explotaciones de la provincia de León es muy bajo, aunque no nulo.

Los valores encontrados en el presente estudio son superiores al reporte de Molina (2015), quién investigó arsénico y metales pesados (cadmio, manganeso, mercurio y plomo) en orina y cabello de población infantil residente en Huelva, donde los niveles de Cd, Hg, Pb, Mn y As hallados en el pelo y la orina de los niños que viven cerca de las zonas industriales y mineras fueron en cabello  $0.0033$  para As y Cd,  $0.00022$  para mercurio,  $0.0132$  para Mn y  $0.0913$  para Pb y en orina  $0.120$  para Mn,  $0.002$  para Hg,  $0,030$  para As y Cd y  $0,830$  para Pb. Los cuales se encontraron dentro de los límites de

referencia y fueron similares a los valores observados en otros estudios de biomonitorización de la población infantil sin exposición a contaminación ambiental. No se encontró correlación significativa para cada elemento metálico entre la orina y el cabello. En relación a estudios anteriores, este resultado es menor y tiene cierta cercanía con el resultado al cual se arribó en esta investigación con respecto a la concentración de los niveles de arsénico en el pelaje de los vacunos.

#### 4. CONCLUSIONES

Los niveles de plomo en la leche y pelo de las vacas del Valle de Moquegua mostraron variabilidad y estos valores superan los límites permisibles según normas técnicas internacionales.

#### Referencias

Acosta, N.M., Castilla, Y. y Cortes, M. (2011). Identificación de riesgos químicos asociados al consumo de leche cruda bovina en Colombia. Ministerio de salud y Protección Social. Unidad de Evaluación de Riesgos para la Inocuidad de los Alimentos. 1 ed. Bogotá (Colombia): Instituto Nacional de Salud, 248 p

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR) (2007). Reseña Toxicológica del Plomo (versión actualizada). Recuperado de [http://www.atsdr.cdc.gov/es/csem/plomo/es\\_pbplo mo.html](http://www.atsdr.cdc.gov/es/csem/plomo/es_pbplo mo.html)

Alonso D.A. (2013). Contenidos máximos en metales pesados en productos alimenticios. Unión Europea Revisión, Octubre 2013.

Arnous O.M, Hassan A.A.M. (2015). Heavy metals risk assessment in water and bottom sediments of the eastern part of Lake Manzala, Egypt, based on remote sensing and GIS. *Arabian Journal of Geosciences*, 8, (10), pp. 7899-7918. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s12517-014-1763-6>

Ayala, J. y Romero, H. (2015). Presencia de metales pesados (Arsénico y Mercurio) en leche de vaca al sur de Ecuador. 17, 36-34.

Barcena. N.R. (2011). Determinación de metales Tóxicos en la Leche de Ganado Bovino en el Ambito de la Microcuenca lechera de Umachiri – Puno.

Chary, N.S., Kamala, C.T. y Suman, D.S. (2008). Assessing risk of heavy metals from consuming food grown on sewage irrigated soils and food chain transfer 69, 513–524. doi:10.1016/j.ecoenv.2007.04.013

Chata, A. (2015) Presencia de Metales Pesados en Agua y Leche en la cuenca del río Coata. Puno-Perú.

Codex. (1995). CODEX STANDARD FOR CONTAMINANTS AND TOXINS IN FOOD AND FEED. Codex stan.

Badillo D.C. (2016). Determinación de la presencia de arsénico en leche cruda producida en la parroquia de Machachi (Tesis de pregrado).

Díaz A. (2013). Contenidos máximos en metales pesados en productos alimenticios. Unión Europea. Consultado en Octubre 2013.

EEC, Comisión de las Comunidades Europeas. (2006). Reglamento (CE) 1881/2006 de la Comisión de 19 de diciembre de 2006 por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios. Diario Oficial de la Unión Europea. p. 20.

Gonzales L. (2105). Determinación de la concentración de plomo y arsénico en agua para consumo animal y en leche cruda en cuatro ganaderías de El Salvador (Tesis de pregrado). Universidad de El Salvador.

Gonzales, R. (2009). Metales pesados en carne y leche de vacunos y certificación para la Unión Europea. *Revista Colombiana de Ciencias Agropecuarias*. Universidad de León, España. Disponible en: <http://rccp.udea.edu.co>. 22:3.

Guillen, R. y Medina, S. A. (2012). Determinación de plomo en leche de ganado bovino en el cantón Sitio del niño, municipio de San Juan Opico, El Salvador. Tesis de Ingeniería no publicada, Universidad de El Salvador. Facultad de Ciencias Agronómica. Departamento de Medicina Veterinaria, San salvador, El Salvador.

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

Molina, R. (2015). Análisis de arsénico y metales pesados en orina y cabello en la población infantil. Huelva

Moreno, M.D. (2003). Toxicología ambiental. Evaluación de riesgo para la salud humana.. 1st ed. Madrid: McGraw Hil.

- Nava, C. y Mendez-Armeta, M. (2011). Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio, plomo, arsénico y talio) 16, 140-147 (2017a). Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio, plomo, arsénico y talio) 16, 140-147.
- NSO (Norma Salvadoreña Obligatoria): NSO.67.01.01:06 (20 - 06 - 2008). Productos lácteos. Leche cruda de vaca. Especificaciones (Primera actualización). Diario Oficial, Torno 189 N°380
- Paco, D. (2018). Metales pesados en leche y pelo en vacas de la Cuenca Llallimayo. Tesis FMVZ. UNA - Puno. Repositorio VRI.
- Ponce, R., Silvia, S., Bovi, G., Vélez D. y Montoro, R. (2006). Determinación de arsénico total e inorgánico en carne y vísceras de camélidos (*lamaglama*) autóctonos de la provincia de Jujuy, argentina. *Rev. Fac. De Agronomía de la UBA, Buenos Aires*. 26(1):105.109.
- Rodríguez, H., Sánchez, E., Rodríguez, M., Vidales, J. A., Karim, A. y Martínez, G. (2005). Metales pesados en leche cruda de bovino. Recuperado de: <http://www.respyn.uanl.mx/vi/4/articulos/metales.html>.
- Singh A., Sharma R. K., Agrawal M. y Marshall F. M. (2010). Risk assessment of heavy metal toxicity through contaminated vegetables from waste water irrigated area of Varanasi, India. *Tropical Ecology*, 51(2 SUPPL.), 375-387. doi: 10.1016/j.fct.2009.11.041
- Unión Europea. (2016). Contenidos máximos en metales pesados en productos alimenticios. Recuperado de: <http://plaguicidas.comercio.es/MetalPesa.pdf>
- Vázquez A.A., Justin C.L., Siebe C. y Alcántar G.G. (2001). De La Isla De Bauer MDL. Cadmio, níquel y plomo en agua residual, suelo y cultivos en el valle del Mezquital, Hidalgo, México. *Agrociencia*, 35:267-274.
- Xstrata S.A. (2009). Estudio del Impacto Ambiental del Proyecto Antapaccay. Espinar - Cusco.