



CONTAMINACIÓN MINERA EN MACROFITAS ACUÁTICAS EN VACUNOS LACTEOS EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE TITIHUE HUANCANE-PUNO

MINING CONTAMINATION IN AQUATIC MACROPHYTES IN LACTEOUS VACCINES IN THE CAMPESINA DE TITIHUE HUANCANE-PUNO COMMUNITY

Marcelo Madariaga Mamani¹

¹Universidad Nacional del Altiplano, Escuela de PosGrado, Av. Sesquicentenario N° 1154, Ciudad Universitaria, Puno Perú, marcelom535@hotmail.com

RESUMEN

La investigación se llevó en la Laguna Titihue de la Comunidad Campesina de Titihue, ubicado en el Distrito y Provincia de Huancané de la Región de Puno, se inicia 25/01/2016 a 10/04/2017, los objetivos son: determinar los efectos negativos ambientales del deterioro de las macrófitas totora y llachu (*Schoenoplectus tatora* y *Microphyllum* sp) alimento en la producción ganadera, determinar la calidad de producción de leche de ganado alimentado con macrofitas (totora y llachu) por los comuneros de Titihue, y promover la implementación de estrategias orientadas a la recuperación de la calidad y proponer el plan integral de manejo de los recursos naturales acuática para el desarrollo sostenible de la Comunidad Campesina Titihue. La metodología utilizada para la investigación fue a través de método analítico, en el laboratorio y por medio de encuesta a los 03 sectores de la Comunidad Campesina de Titihue, Los tratamientos en estudio son de 04 metales pesados (arsénico, boro, cadmio y plomo), su contenido es estimado en base al análisis químico método denominado "Metales totales ICP-MS: ICP-MS (Espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente)". El análisis es realizado en las macrofitas totora, llachu y en la leche procedente de vacunos, en tres sectores (Jacha Titihue, Titihue Central y Pampa Titihue). Los resultados procedentes del análisis químico fueron evaluados mediante análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Duncan al 0.05 de probabilidad. Los resultados obtenidos son los siguientes: a) La mayor cantidad de contaminante de metales pesados en macrofitas Totora (se registró en Boro, en totora (88.997 mg/kg), seguido de llachu (38.855 mg/kg). En arsénico se tuvo 0.050 mg/kg, cadmio y plomo con 0.020 mg/kg. b) La calidad de la leche no es apta debido a que se encontró elevado nivel de contaminantes, de Boro tuvo mayor contaminante con 0.250 mg/kg, seguido de arsénico con 0.060 mg/kg, plomo con 0.100 mg/kg y cadmio con 0.050 mg/kg. Cuyas concentraciones al comparar con legislaciones internacionales y nacionales de LMP, lo cual indica no sería apto para consumo humano.

Palabras clave: contaminación, leche, macrofitas, metales pesados, Titihue.

ABSTRACT

The research is carried out on Lake Titihue of the Peasant Community of Titihue, located in the District and Province of Huancané of the Region of Puno, begins 25/01/2016 to 04/10/2017, whose general objectives are to evaluate the impact Of the mineral contamination on the natural resources in the aquatic and livestock environment in Lake Titihue and as specific objectives is to determine the negative environmental effects of the deterioration of the macrophytes totora and llachu (*Schoenoplectus tatora* and *Microphyllum* sp) food in the cattle production, to determine The quality of milk production of cattle fed with macrophytes (totora and llachu) by the community of Titihue, and promote the implementation of strategies oriented to the recovery of quality and propose the comprehensive plan for the management of aquatic natural resources for development Sustainable development of the Titihue Peasant Community. The methodology used for the research was through an analytical method, in the laboratory and through a survey of the 03 sectors of the Titihue Peasant Community. The treatments under study are 04 heavy metals (arsenic, boro, cadmium and lead), its content is estimated based on the chemical analysis method called "Total Metals ICP-MS: ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry)". The analysis is performed in the macrophytes totora, llachu and milk from cattle, in three sectors (Jacha Titihue, Titihue Central and Pampa Titihue). The results from the chemical analysis were evaluated using analysis of variance and Duncan's means of comparison test at 0.05 probability. The results obtained are as follows: a) The highest amount of heavy metal pollutant in Totora macrophytes (recorded in Boro, at totora (88,997 mg / kg), followed by llachu (38,855 mg / kg), with arsenic 0.050 Mg / kg, cadmium and lead with 0.020 mg / kg b) Milk quality not suitable due to high level of contaminants, Boron had a higher contaminant with 0.250 mg / kg, followed by arsenic with 0.060 mg / Kg, lead with 0.100 mg / kg and cadmium with 0.050 mg / kg. Whose concentrations when compared to international and national PML legislation, which indicates would not be fit for human consumption.

Key words: Heavy metals, milk, macrophytes, pollution, Titihue

*Autor para Correspondencia: marcelom535@hotmail.com





INTRODUCCIÓN

La mayoría de las actividades mineras se concentran en las cuencas altas de los ríos, y el mal manejo contribuye a desencadenar efectos ambientales adversos que repercuten en toda la cuenca Ramis y también en el desarrollo de otras actividades productivas, como es la agricultura y ganadería. A pesar de los cambios y la modernización en la industria minera y de la preocupación por la protección, preservación y restauración del medio ambiente, las comunidades están expuestas a niveles altos de contaminación, fundamentalmente por los pasivos ambientales mineros (Amezaga y Balvín, 2006; Bebbington, Humphreys Bebbington y Bury, 2010; Coelho y Teixeira, 2011). Además de su riqueza hídrica, la meseta contiene gran cantidad de yacimientos mineros cuya explotación ha causado la contaminación del agua superficial con Cu, Pb, Zn, Fe y Al, lo cual ha ocasionado la muerte de ganado 70 mil cabezas de ganado y enfermedades en la población local. Esta situación ha desencadenado una serie de enfrentamientos entre los mineros y agricultores; por lo tanto, estos efectos perjudiciales entran en conflicto debido a que las actividades mineras se han convertido en el principal contribuyente del crecimiento económico local y sobre todo nacional (Huang *et al.*, 2010).

Las plantas absorben elementos esenciales del suelo, como Fe, Mn, Mo, Cu, Zn y Ni, o micronutrientes porque son requeridos en pocas cantidades. Pero también absorben elementos que no cumplen función biológica como Cd, Cr, Hg y Pb, tóxicos incluso en bajas concentraciones. Además, es importante señalar que los micronutrientes pueden ser tóxicos para las plantas cuando son absorbidas encima de ciertos valores umbrales (Peralta *et al.*, 2009). El nivel de acumulación difiere entre las especies; así, la capacidad de absorción de algunas es mayor, mientras que otras solo acumulan en bajas concentraciones y hasta el tallo. Con respecto a la disponibilidad ambiental de los elementos tóxicos, se afirma que los alimentos son un camino para estos elementos, particularmente en poblaciones con una dieta restringida a productos locales, como es el caso de los agricultores de subsistencia o autoconsumo (Peralta *et al.*, 2009).

La región de Puno, por sus características y potencialidades, presenta una serie de recursos naturales, en particular de minerales como el oro, estaño etc. donde intervienen numerosos grupos de extractores, formales o informales, que sin aplicar tecnologías apropiadas para la extracción, vienen desarrollando la actividad de la explotación de minerales, provocando la contaminación de los recursos hídricos, afectando principalmente el Rio Ramis y su cuenca (Flores, 2008).

La evaluación de la seguridad alimentaria depende de la determinación de sustancias tóxicas en los alimentos; es de vital importancia desarrollar métodos analíticos precisos para interpretar los datos correctamente. La capacidad de seleccionar con criterio la metodología adecuada para el aislamiento y detección de contaminantes en alimentos e interpretar el significado de la presencia de residuos tóxicos se pueden conocer las diferentes formas de prevención tendientes a minimizar los niveles de estas sustancias en los alimentos (Shibamoto y Bjeldanes, 1993). Las concentraciones de elementos trazas esenciales así como de elementos tóxicos en productos de origen animal están ligados en gran medida a la composición de la dieta animal, las prácticas agrarias y la exposición a elementos tóxicos en la ganadería (Rey *et al.*, 2013).

La leche se conoce como una excelente fuente de Ca, y puede suministrar cantidades moderadas de Mg, de Zn y muy pequeños contenidos de Fe y Cu, pero debido a la contaminación del medio ambiente puede contener niveles de metales tóxicos (Tripathi *et al.*, 1999; Kazi, 2009; González, 2009). Los metales pesados entran en el cuerpo humano a través de la inhalación e ingestión. Es bien sabido que Pb y Cd





son tóxicos y los niños son más sensibles a estos que los adultos. Mientras Cu y Zn son esenciales, pueden ser tóxicos cuando se toman en exceso, la toxicidad y la necesidad varían de elemento a elemento. El aumento intenso y constante de las actividades antropogénicas e industriales han favorecido la emisión de sustancias contaminantes hacia los ecosistemas, los cuales están íntimamente relacionados con las especies animales, en particular, las domésticas, incluyendo al hombre, lo que facilita la entrada de dichas sustancias tóxicas en la cadena trófica. El contenido residual de algunos elementos de la leche y carne es un importante indicador directo del grado de contaminación (González, 2009).

El arsénico ha sido clasificado por la Agencia para Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades (ATSDR) como la sustancia más peligrosa en una lista de veinte sustancias tóxicas; asimismo, ha sido considerado, en 1987, como un carcinógeno humano por la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC) (Coelho y Teixeira, 2011). El arsénico es un elemento distribuido extensamente por la corteza terrestre, en forma de sulfuro de arsénico, o arseniatos y arseniuros metálicos (Organización Mundial de la Salud, 2006).

La toxicidad del arsénico está relacionada con el cáncer a la vejiga, pulmones, piel y próstata. El cadmio es un metal con altos efectos tóxicos. En 1993 la IARC determinó que es un elemento carcinógeno y ocupaba el séptimo lugar entre las sustancias más peligrosas en la clasificación de la ATSDR (Coelho y Teixeira, 2011). El cadmio se produce naturalmente en niveles extremadamente bajos; se libera principalmente al medio ambiente en aguas residuales, fertilizantes y por contaminación difusa, ya que es utilizado en la industria del acero y del plástico (Organización Mundial de la Salud, 2006). El Pb se encuentra en el ambiente en forma natural. Sin embargo, la mayoría de los niveles altos que se encuentran en el ambiente se originan de actividades humanas. En general el Pb es poco móvil en el ambiente; se dispersa en forma de partículas por fuentes de aire y a su vez es eliminado por acción gravitacional por la lluvia (ATSDR, 2007). Los síntomas de la intoxicación aguda por Pb son dolor de cabeza, irritabilidad, dolor abdominal y varios síntomas relacionados con el sistema nervioso. Las personas con niveles promedio de Pb en sangre menores de 3 mmol/L pueden mostrar signos de síntomas nerviosos periféricos con menor velocidad de conducción nerviosa y la reducción de la sensibilidad cutánea (Nordberg *et al.*, 2007).

Piscoya (2011), da a conocer que los resultados de Investigación en la Universidad Nacional Piura se encontraron evidencias de contaminación en aire, suelo y agua con productos como cianuro y mercurio. En minería informal (que produce 24 Tn. de oro al año), el problema se torna incontrolable por la difusión y desconocimiento de las localidades donde se practica y falta de estudios de impacto ambiental, que generan poco desarrollo de éstas comunidades. Existen zonas de actividad ilegal en Amazonas, Loreto, Ucayali, Loreto, Puno, Huánuco, Ica, Arequipa, Ayacucho, Cusco, Cajamarca, La Libertad, Piura, Lima, Pasco, Tacna y Moquegua. El Proyecto Especial Lago Titicaca (1999), realizó investigaciones referidas a la contaminación del Lago Titicaca y sus afluentes encontrando como resultado para la sub cuenca del río Ramis (puente Samán) en muestras de aguas para los elementos pesados, las siguientes concentraciones: As=12.54 mg/l ; Cd=0.24 mg/l; Cr=5.41 mg/l; Ni= 2.61 mg/l; Pb= 0.99 mg/l; Hg= 0.51 mg/l; los cuales superan los límites máximos permisibles según la OMS. Además determinaron en muestras de agua para el lago Titicaca – desembocadura del río Ramis que el plomo (0.014 mg/l) se encuentra por encima del límite permisible según los valores guía de USEPA (0.0058 mg/l) referida para metales totales, mientras los elementos Fe, Zn, Cu, Mn, Cd, Hg y As se encuentran por debajo de los límites permisibles. En sedimentos se tuvo para el As = 17.2 – 16.3 mg/kg; Cd = 2.1 – 2 mg/kg; los cuales se encuentran dentro de los niveles más bajos de toxicidad considerados por la OMEE (6-33





mg/kg para As y 0.6 – 10 mg/kg para Cd). En vegetación correspondiente a *Schoenoplectustatora* muestra valores de Fe = 935.2 mg/kg; Mn = 2569 mg/kg; Pb = 14.7 mg/kg; B = 22911 mg/kg y Al = 8687 mg/kg; en *Elodea potamogeton* para el As se tuvo 122.5 mg/kg. Estas concentraciones sobrepasan los valores referenciales para plantas sin observar efectos tóxicos.

Pinzón (2015), indica que, la leche y los productos lácteos han sido reconocidos en todo el mundo por su influencia beneficiosa sobre la salud humana. Los niveles de metales en concentraciones tóxicas son un componente importante de la seguridad y la calidad de la leche. Uno de los reportes que se determinaron los niveles de los metales Cd y Pb en leches comercializadas en la ciudad de Bogotá D.C., discriminando su productora o su marca, encontrando que los niveles de las muestras estudiadas cumplían con los parámetros normativos referidas en la Resolución 4506 de 2013 del Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia con respecto al nivel máximo de Pb (0,020 mg/Kg), debido a que se encontraron dentro del rango de 6,08 a 17, 09 µg/Kg (0,006 a 0,017 mg/Kg). Los niveles encontrados de cadmio estuvieron en el rango de 13,86 a 19,90 µg/Kg (0,014 a 0,019 mg/Kg).

En los últimos años muchos informes han reportado la presencia de metales pesados en leche y otros productos lácteos; (González, 2009), se midieron las concentraciones de elementos esenciales como el Zn y Cu y elementos potencialmente tóxicos como el Pb y Cd en diferentes muestras de leche y empaques de comida para bebés, evaluando los niveles recomendados tanto los elementos esenciales, como para los elementos tóxicos. Se encontró que la concentración de Cd es muy baja 0,1 mg/L y bastante constante en todos los tipos de leche. El contenido de Pb en la leche de vaca fue el más bajo incluso en comparación con la leche materna. Las concentraciones de los metales evaluados son aproximadamente un orden de magnitud mayor en los empaques para alimentación infantil que en diferentes tipos de leche evaluados (Tripathi *et al.*, 1999).

En el documento nacional de la Unidad de Evaluación de Riesgos para la Inocuidad de los Alimentos del Instituto Nacional de Salud (Acosta *et al*, 2011); hace mención que dentro del contexto internacional existen diferentes estudios tales como: (Maas *et al*, 2010) donde se evidenció que las muestras provenientes de dos granjas evaluadas superan los límites permitidos por el Codex Alimentarius para el caso del Pb (en el rango de 0,009 - 126 µg/g), y para el caso del Cd se encontraban las muestras en el rango de 0,34 -1,01 ng/g. El artículo publicado por Kazi y sus colaboradores muestran los valores encontrados para metales tóxicos en leche cruda y procesada; concluyendo que no hubo diferencias significativas para los niveles de Cd entre las muestras de leche cruda y las muestras procesadas. No obstante, la concentración de Pb y Al fue mayor en la leche procesada que la obtenida en las granjas. Las muestras estuvieron por debajo de los límites establecidos por la legislación de Croacia: Pb <100 µg/L, Cd <10 µg/L. (Kazi, 2009). Por otro lado en el artículo publicado por Enb A., *et. al.* se evidencia que algunas muestras superan el LMR del Codex Alimentarius para Pb (Rodríguez *et al*, 2005).

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación se llevó de 25 de enero del 2016 al 10 de marzo del 2017 en la Laguna de Titihue de la Comunidad Campesina de Titihue, y tiene 03 sectores, como Jacha Titihue, Titihue Central y Pampa Titihue; el área total de la comunidad es 1013.83 has con una población de 1000 habitantes se encuentra en el Distrito y Provincia de Huancané de la Región de Puno. Está ubicado entre la laguna Arapa y el Lago Titicaca, por el oeste limita con el río ramis, por el sur con la vía Juliaca – Huancané, por el este con la Comunidad Campesina de Huancho y por el norte con la Comunidad Campesina de Chacamarca y se encuentra dentro de la Comunidad Campesina el lago Titihue.





La población humana está representada por toda la población de la Comunidad de Titihue y tiene 03 sectores, como Jacha Titihue, Titihue Central y Pampa Titihue, y la muestra es de 20 ganaderos de producción de leche para la entrevista de cada sector. Según el Censo Nacional de Población y Vivienda del INEI 2005, en la comunidad de Titihue hubo 158 familias (INEI, 2009). Para el caso de las macrofitas, la población estará representada por todo (totora y llachu) y el ganado vacuno de leche en el ámbito de la Comunidad de Titihue. La muestra es representativa al azar de dos muestras por totora y llachu procedente de tres zonas de la laguna de Titihue. Según INEI (2012), la población de vacunos en la cuenca de Huancané fue de 39 718 vacunos.

Frecuencia temporal requerida para la toma de datos

La frecuencia temporal requerida para la toma muestras se realiza una sola vez en los 03 sectores (Jacha Titihue, Titihue Central y Pampa Titihue) de la Comunidad Campesina de Titihue, donde se encuentra en la Laguna de Titihue.

Materiales y equipos

- Material de gabinete: papel bond, papel bulky, lápices de cera, lapiceros, resaltadores, tinta HP, CDS, Cuadernos, fotocopiado, anillado, lap-top, calculadora.
- Material de campo : Tablero de apuntes, botas, guantes, bolsas de polietileno, cortadora, mapa de recursos naturales
- Espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente
- Equipos como: cámara fotográfica digital, GPS.
- Apoyo con vehículos: Camioneta, motocicleta, lancha.

Análisis estadístico

Para análisis de químico de las macrofitas (totora y llachu)

Los metales pesados a analizar fueron (mg/kg): Arsénico (As), Boro (B), Cadmio (Cd) y Plomo (Pb). Las zonas de donde se obtuvo las muestras de totora y llachu, representan a los bloques son: Zona A (Pampa Titihue), Zona B (Titihue Central) y Zona C (Jacha Titihue). El análisis estadístico usado para el análisis químico es Diseño Bloque Completamente al Azar, con arreglo factorial de 4 metales pesados (Arsénico=As, Boro=B, Cadmio=Cd y Plomo=Pb) por 2 macrofitas (totora y llachu), los cuales hacen un total de 8 tratamientos en estudio, estos serán distribuidos en tres bloques (zona A, Zona B y Zona C, con un total de 24 unidades experimentales. El modelo estadístico para un diseño de Bloques Completos al azar con arreglo factorial de factores es (López, 2004; Ibañez, 2009):

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \gamma_k + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk}$$

Para análisis de químico de la leche de ganado lechero

Los metales pesados a analizar fueron (mg/kg): Arsénico (As), Boro (B), Cadmio (Cd) y Plomo (Pb). Las zonas de donde se obtuvo las muestras de leche procedente de ganado vacuno, que representan a los bloques son: Zona A (Pampa Titihue), Zona B (Titihue Central) y Zona C (Jacha Titihue). El análisis estadístico usado para el análisis químico de la leche, es el Bloque Completamente al Azar, donde los tratamientos e evaluar serán 4 metales pesados (Arsénico=As, Boro=B, Cadmio=Cd y Plomo=Pb), distribuidos en tres bloques que son las zonas en estudio (Jacha Titihue, Titihue Central y Pamapa Titihue), con un total de 12 unidades experimentales. El diseño estadístico para un diseño Bloques Completos al Azar es el siguiente (López, 2004; Ibañez, 2009):

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij}$$





Muestreo de totorales y llachales

EL muestreo de macrofitas (totorales y llachales) se realizó al azar recorriendo una ruta, iniciando primero en la zona (sector Pampa Titihue), luego pasando a la Zona B (sector Titihue central), y finalizando Zona C (sector Jacha Titihue).

Para el corte de los totorales, se utilizó segaderas que comuneros utilizan para esta faena, el cual tiene un mango de 2 metros para extraer la totora desde la raíz. Para la extracción del llacho, el corte se hizo de una profundidad de 2 a 4 metros. De cada zona se obtuvo 03 muestras: Totora 400 g y Llacho 400 g. Estas muestras se acondicionaron en frascos de plástico debidamente cerradas, las cuales fueron refrigeradas en cajas de tecnopor. Las muestras se enviaron al laboratorio (Institución Privada Certificaciones del Perú S.A. “CERPER”) el 17 -10-2016 por Vía terrestre para el análisis de metales.

Toma de muestras de leche

La toma de muestras de leche se hizo de vacunos raza Brown swis de tipo PPC (puro por cruce). La extracción, se hizo por ordeño en horas 6.30 a.m. Se extrajo una muestra por cada zona, en total se tuvo 3 muestras, de 1000 ml c/u; estas muestras se acondicionaron en frascos de plástico debidamente cerradas, las cuales fueron refrigeradas en cajas de tecnopor. Las muestras se enviaron al laboratorio el 17-10-2016 por Vía aérea para el análisis de metales.

Método de análisis químico de metales pesados en macrofitas y leche.

El método de análisis químico de metales pesados fue: “Metales totales ICP-MS: ICP.MS (Espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente)”.

Realización de encuestas

Para la realización de encuestas se confeccionó un cuestionario, el cual fue aplicado preferentemente a agricultores de 40 años de edad en promedio. El número de encuestas fue de 7 por cada zona (sector), con un total de 21 encuestas. La, cual fue realizada en el mes de setiembre del 2016.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contenido de contaminante en metales pesados de las macrófitas (totora y llachu) como alimento en la producción ganadera

El contenido de contaminante en las macrofitas totora y llachu en las tres zonas, fue de 0.050 mg/kg para arsénico. Para cadmio fue de 0.020 mg/kg, y para Plomo de 0.020 mg/kg. existiendo un contenido similar de cadmio y plomo en totora y llachu. (Figura 1).

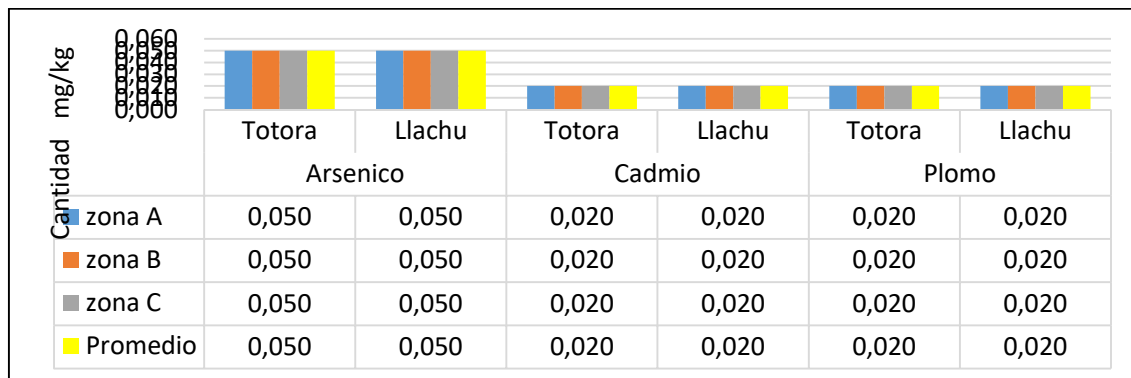




Figura 1. Contenido de metales pesados (arsenico, cadmio y plomo) en mg/kg en muestras de macrofitas.
 Fuente: En base a los resultados de analisis de laboratorio.

Los resultados obtenidos son diferentes a los reportado por El Proyecto Especial Lago Titicaca PELT (1999), quienes en investigaciones referidas a la contaminación del Lago Titicaca y sus afluentes encontrando como resultado para la sub cuenca del rio Ramis (puente Samán) para el caso de *Schoenoplectus tatora* en Pb con un valor de 14.7 mg/kg.

El boro en las macrofitas totora y llachu en las tres zonas fue diferente, en la zona A fue de 12.430 y 9.235 mg/kg en totora y llachu respectivamente. En la zona B fue de 243.500 y 54.400 mg/kg en totora y llachu respectivamente. Y para la zona C fue de 11.060 y 52.930 mg/kg en totora y llachu respectivamente. (figura 2).

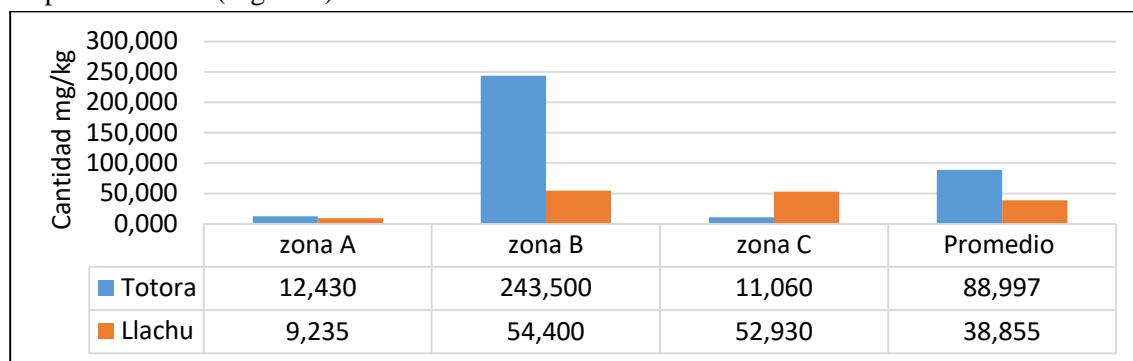


Figura 2. Contenido de metal pesado boro (mg/kg) en muestras de macrofitas
 Fuente: En base a los resultados de analisis de laboratorio.

Los resultados obtenidos del análisis químico son diferentes a los reportado por El Proyecto Especial Lago Titicaca PELT (1999), quienes en investigaciones referidas a la contaminación del Lago Titicaca y sus afluentes encontrado como resultado para la sub cuenca del rio Ramis (puente Samán) para el caso de la vegetación correspondiente a *Schoenoplectus tatora* en B con un valor de 22911 mg/kg.

En la tabla 1, se observa la prueba de Duncan para los Bloques (zonas) sobre la cantidad total de contaminante de metales pesados, en donde se observa que solo existe diferencia numérica, donde la zona 2 tuvo mayor contenido de contaminante total de los cuatro metales pesados con 37.26 mg/kg, la zona 3 con 8.02 mg/kg y la zona 1 con 2.73 mg/kg de contaminante total. La zona 2, tuvo mayor contaminación de debido a que las macrofitas de ese lugar tuvieron mayor asimilación de los metales pesados, debido a que lo asimilaron de los relaves mineros.





Tabla 1. Prueba de duncan (P 0.05) para bloques (zonas) sobre cantidad total contaminante (mg/g) de metales pesados en muestras de macrofitas

Orden de merito	Bloques	Media (mg/kg)	P 0.05
1	ZONA2	37.26	a
2	ZONA3	8.02	a
3	ZONA1	2.73	a

Fuente: Elaboración propia en base al análisis estadístico.

En la tabla 2, se observa la prueba de Duncan para el contenido contaminante de los metales pesados en macrofitas de las tres zonas, en donde hay diferencia estadística, donde el Boro tuvo la mayor cantidad con 63.93 mg/kg, el cual es estadísticamente superior a los demás metales pesados, seguido Arsénico con 0.05 mg/kg, Cadmio con 0.02 mg/kg, y Plomo con 0.02 mg/kg.

Tabla 2. Prueba de duncan (P 0.05) para el contenido contaminante de metales pesados (mg/kg) en muestras de macrofitas de las tres zonas

Orden de merito	Metal pesado	Media(mg/kg)	P 0.05
1	Boro	63.93	a
2	Arsénico	0.05	b
3	Cadmio	0.02	b
4	Plomo	0.02	b

Fuente: Elaboración propia en base al análisis estadístico.

En la tabla 4, se observa la prueba de Duncan para macrofitas sobre el contenido de contaminante de los metales pesados en total de las tres zonas, en donde se observa que solo hay diferencia numérica, en donde la macrofita Totora tuvo mayor contenido de contaminante en total con 22.27 mg/kg, seguido de la macrofita Llachu con contenido contaminante de 9.74 mg/kg.

Tabla 3. Prueba de duncan (P 0.05) para macrofitas sobre el contenido de contaminante de metales pesados en total (mg/kg) de las tres zonas

Orden de merito	Metal pesado	Media (mg/kg)	P 0.05
1	Totora	22.27	a
2	llachu	9.74	a

Fuente: Elaboración propia en base al análisis estadístico.

Los resultados obtenidos analizados mediante la prueba de Duncan son menores al comparar con el reporte del Proyecto Especial Lago Titicaca PELT (1999), quienes indican que en *Schoenoplectus tatora* tuvo, en Pb un valor de 14.7 mg/kg. y en B un valor de 22911 mg/kg.

Contenido de contaminante de metales en la producción de leche de ganado alimentado con macrofitas (totora y llachu).

En la figura 4, se observa que el contenido de boro en la muestras de leche de las tres zonas, el contenido de arsénico en las tres zonas fue de 0.06 mg/kg, Boro con 0.25 mg/kg, Cadmio con 0.05 mg/kg, y Plomo con 0.1 mg/kg en totora. El promedio de contenido de los cuatro metales pesados de las tres zonas fue de 0.12 mg/kg. (Tabla 4).



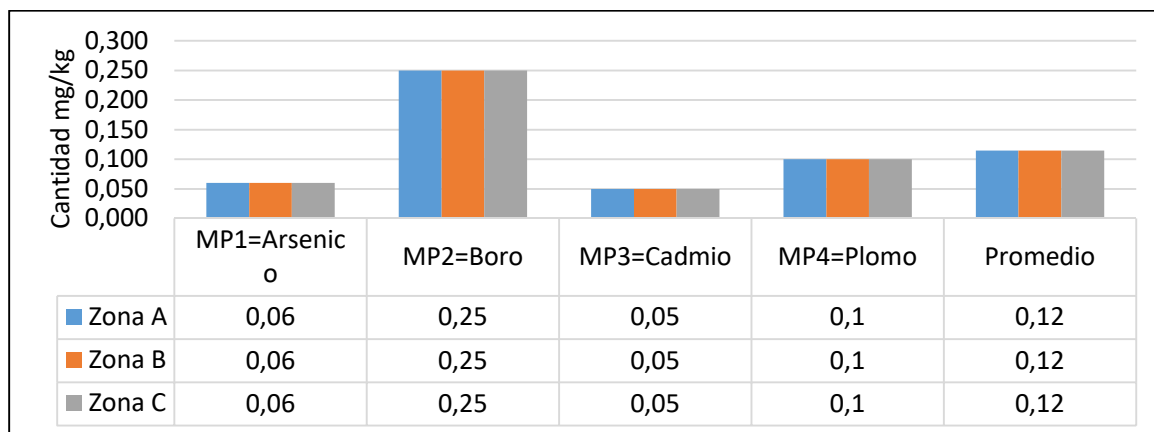


Figura 3. Contenido de contaminante de metales pesados (arsenic, boro, cadmio y plomo) en muestra de leche de las tres zonas

Fuente: En base a los resultados de analisis de laboratorio.

En arsenico, Ayala y Romero (2013), reportaron valores de 0.007 a 0.014 mg/ka en muestras de leche comercializada, valores que no superan LMP según Norma Técnica Ecuatoriana (NTE) que es de 0.015 mg/kg. Estos resultados al comparar son similares y no superaran a NTE. En Plomo, los resultados obtenidos al compararlos con lo mencionado por Pinzón (2015), son mayores, ya que según el Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia con respecto al nivel máximo de Pb (0,020 mg/Kg), el investigador encontró dentro del rango de 6,08 a 17, 09 $\mu\text{g/Kg}$ (0,006 a 0,017 mg/Kg). También es superior a la legislación de la Unión Europea el límite máximo es de 0.02 mg/kg, estándares de calidad de agua en el Perú para boro 2.4, mg/kg, plomo 0.01mg/kg, arsénico 0.01mg/kg y cadmio 0.003 mg/kg. Rodríguez *et al* (2005), manifiesta que según a la legislación del Codex-FAO quien indica que es 0.02 mg/kg como máximo. Por tanto en este metal pesado su nivel de contaminante es alto, por lo tanto no cumple los Límites Máximos Permisible por loa antes expuesto. En cadmio, se observa que son mayores, ya que Pinzón (2015) reporta niveles de cadmio estuvieron en el rango de 13,86 a 19,90 $\mu\text{g/Kg}$ (0,014 a 0,019 mg/Kg).

Se observa la prueba de Duncan para los Bloques (zonas) sobre la cantidad total de contaminante de metales pesados, en donde se observa que no existe diferencia estadística, ni diferencia numérica, en donde el contenido de contaminante total de los cuatro metales pesados fue de 0.115 mg/kg en las tres zonas. (tabla 5).

Tabla 5. Prueba de duncan (P 0.05) para bloques (zonas) sobre contenido de contaminante (mg/kg) de cuatro metales pesados en muestra de leche

Orden de merito	Bloques	Media (mg/kg)	P 0.05
1	ZONA1	0.115	a
2	ZONA2	0.115	a
3	ZONA3	0.115	a

Fuente: Elaboración propia en base al análisis estadístico.

Se observa la prueba de Duncan para el contenido contaminante de los metales pesados en muestras de leche de las tres zonas, en donde se observa que existe diferencia estadística, en donde el metal pesado Boro tuvo la mayor cantidad de contaminante con 0.250 mg/kg, el cual es estadísticamente superior a los demás metales pesados, seguido del metal pesado Plomo con 0.100 mg/kg, Arsénico con 0.060 mg/kg y Cadmio con 0.050 mg/kg. (tabla 6).





Tabla 6. Prueba de duncan (P 0.05) para metales pesados sobre el contenido de contaminante (mg/kg) en muestra de leche de las tres zonas

Orden de merito	Metal pesado	Media (mg/kg)	P 0.05
1	Boro	0.250	a
2	Plomo	0.100	b
3	Arsénico	0.060	c
4	Cadmio	0.050	d

Fuente: Elaboración propia en base al análisis estadístico.

Al realizar un comparativo entre los resultados obtenidos con la legislación internacional, se ha observado que en los metales pesados como plomo, arsénico y cadmio, los valores superan a la legislación internacional (Tabla 7).

Tabla 7. Comparativo de resultados de LMP con legislaciones nacionales e internacionales

Metal Pesado (Mg/Kg)	Compa- Rativo	Lmp Según Legislaciones Nacionales Y Internacionales (Mg/Kg)					
		Union Europea	Codex Alimentarius	Rusia	Rumanía	Ecuador (Ntc 009:2008)	Peru Encaa
Boro	0.250	Mayor					2.4
Plomo	0.100	Mayor	0.02	0.02	0.02		0.01
Arsénico	0.060	Mayor				0.015	0.01
Cadmio	0.050	Mayor				0.01	0.003

*Perú : ENCAA = Estandares Nacionales de calidad de agua

Tabla 8. Comparativo de resultados con ecas de la legislación peruana

Parametro (mg/kg)	Compa- rativo	Aguas superficiales destinados a la producción de agua potable según los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. DECRETO SUPREMO N° 015-2015-MINAM			
		A1 (mg/L)	A2 (mg/L)	A3 (mg/L)	
		Aguas que pueden ser potabilizados con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizados con tratamiento	Aguas que pueden ser potabilizados con tratamiento avanzados	
Arsénico	0.250	Mayor	0.01	0.01	0.15
Boro	0.100	Menor	2.4	2.4	2.4
Cadmio	0.060	Mayor	0.003	0.005	0.01
Plomo	0.05	Mayor, igual	0.01	0.05	0.05

Fuente: DECRETO SUPREMO N° 015-2015-MINAM.

Al realizar un comparativo entre los resultados obtenidos con la legislación peruana, se ha observado que en los metales pesados como arsénico y cadmio, los valores superan a la legislación peruana (ECAS) en las tres categorías, mientras que el Plomo es mayor a la categoría A1, excepto en las categorías A2 y A3, donde es igual. El Boro se encuentra por debajo de la ECAS de la legislación peruana (Tabla 8).





Conocimiento de los agricultores sobre macrofitas y leche

Macrofitas

a) Alimentos forrajeros

La mayor disponibilidad de alimento es Otros alimentos (forraje, heno, etc). El 80.95% y el 61.90% indican que si poseen los alimentos de totora y llachu respectivamente. Mientras que el 19.05% y 38.10% no poseen las macrofitas. El 9.52% indica que poseen alimentos forrajeros, lo cual indica que tienen alimentos como concentrado y otros. Los resultados obtenidos son respaldados por CARE Perú (2009), quien indica que la alimentación en la zona circunlacustre se basa en la totora (8% de proteína) y el llacho (16% proteína). Además, la totora es extraída en una proporción de 900 a 5,530 kilos por familia al año, es decir un promedio de 2.5 a 15 kilos diarios, siendo el período de mayor extracción entre agosto a noviembre, producción destinada principalmente para la alimentación del ganado vacuno en un proceso de engorde ubicados en lugares cercanos al Lago Titicaca (ALT y PNUD, 2000).

b) Cantidad de consumo al día

La mayor cantidad de alimento consumido por días por el ganado es otros alimentos (forraje, heno, etc). En totora se consume 22.15 kg/día mientras que el llachu 9.93 kg/día.

Leche

a) Tenencia de vacunos

El 90.48% posee ganado, mientras que el 9.52% manifiestan que no poseen ganado. Los resultados obtenidos de la encuesta son respaldados CARE Perú (2006), quien a través de una experiencia reporta que, en los distritos de la Provincia de Huancané están asentadas numerosas familias dedicadas a la crianza de ganado vacuno con ofertas significativas. Además algunas comunidades del Distrito de Huancané, se han dedicado a la crianza y engorde de vacunos desde hace más de 20 años; lo que hace suponer que el ganado vacuno es la crianza con mayor prioridad.

b) Número de ordeños

El 57.14% realizan dos ordeños al día. El 33.33% solo realizan un ordeño al día.; y el 9.52% no realizan el ordeño debido a que poseen ganado vacuno. El promedio de leche extraída del ganado vacuno es de 7.05 l/día. Siendo la máxima de 20 l/día y la mínima de 2.0 l/día. Los resultados son respaldados por Guerrero (2008) quien manifiesta que, en Puno la raza Brown Swiss produce 33 litros de leche en dos ordeños y su promedio vaca campaña es de 22 litros, la cual puede variar de acuerdo a la incidencia de los factores climáticos y el tipo de alimentación del ganado.

c) Destino de la leche

El destino de la producción de leche es al mercado local con 52.38%. Mientras que el 38.10% es para autoconsumo. El 9.52% no tiene porque no posee ganado vacuno. Los resultados obtenidos de la encuesta son respaldados por Brousett *et al* (2015), quienes indican que la producción de leche en la región de Puno, lo comercializan mediante intermediarios (venta directa al porongueo), quienes la recolectan directamente de la unidad de producción para, posteriormente, llevarlas y comercializarlas en mercados a venta directa al público; lo cual nos da a entender que la mayor producción de leche es para la venta.





Propuesta de un plan integral de manejo de los recursos naturales acuática para el desarrollo sostenible de la comunidad campesina Titihue.

La propuesta tendrá los siguiente items:

- 1) Introducción
- 2) La propuesta de un plan de manejo integral de los recursos naturales acuáticos en la comunidad campesina de Titihue
- 3) El contexto de la comunidad campesina
 - 3.1) Contexto Socioeconómico.
 - 3.1.1) Democratización de la Comunidad
 - 3.1.2) Integración de otras Comunidades
 - 3.2) Principios y Políticas sobre Recursos Naturales Acuáticos
 - 3.2.1) Principios de recursos naturales (macrofitas)
 - 3.2.3) Compromisos de la Comunidad Campesina
 - 3.3.3) Legislaciones nacionales de recursos naturales acuáticos
- 4) La situación de los recursos naturales acuáticos
 - 4.1) Laguna Titihue
 - 4.2) Proyectos integrales de desarrollo
 - 4.3) Resumen de la Situación de los Recursos Naturales Acuáticos de la Comunidad Campesina de Titihue.
- 5) Oportunidades, fortalezas, obstáculos y debilidades y estrategias para potenciarlas y superarlas
 - 5.1) Oportunidades para el manejo integrado de recursos naturales acuáticos
 - 5.2) Fortalezas para el manejo integrado de recursos naturales acuáticos
 - 5.3) Obstáculos para el Manejo Integrado
 - 5.4) Debilidades para el Manejo Integrado
 - 5.6) Consideraciones Estratégicas para superar los Problemas y Debilidades
- 6) Objetivos del plan
 - 6.1) Objetivo General
 - 6.2) Objetivos Específicos
 - 6.4) Resultados del Plan de Acción
 - 6.5) Indicadores
 - 6.6) Supuestos y Riesgos
- 7) Organización y proceso de implementación del plan de acción
 - 7.1) Financiamiento del Plan de Acción para Comunidad Campesina de Titihue

CONCLUSIONES

Se ha evaluado cuatro metales pesados (Arsénico, Boro, Cadmio, y Plomo), de los 23 metales pesados según el informe de ensayos sobre contenido de metales pesados; ya que el análisis por muestra implica evaluar 23 metales pesados, según el laboratorio. Por ello, las conclusiones de la presente investigación, son los siguientes: En las macrofitas, la mayor cantidad de contaminante de metales pesados se registró en Boro, en totora (88.997 mg/kg), seguido de llachu (38.855 mg/kg). En arsénico se tuvo 0.050 mg/kg, cadmio y plomo con 0.020 mg/kg. La zona 2 tuvo mayor contaminación de metales pesados. En leche, el Boro tuvo mayor contaminante con 0.250 mg/kg, seguido de arsénico con 0.060 mg/kg, plomo con 0.100 mg/kg y cadmio con 0.050 mg/kg, cuyas concentraciones al comparar con legislaciones nacionales e internacionales superaron al LMP, lo cual indica no serían aptos para consumo humano. Al comparar con legislación peruana (ECAS) en las tres categorías, mientras que el plomo que el plomo es





mayor a la categoría A1, excepto en las categorías A2 y A3, donde es igual. El boro se encuentra por debajo de las ECAS de la legislación peruana. El plan integral de manejo de los recursos naturales acuática para el desarrollo sostenible de la comunidad campesina Titihue, plantea: 1) Fortalecer los procesos de coordinación interinstitucionales y la gestión comunitaria para el manejo y conservación de los recursos naturales, a través de la creación de capacidades locales y los mecanismos de concertación para la gestión ambiental. 2) Mejorar el estado de conservación del recurso totora y llacho, mediante la ejecución de proyectos de manejo y la implementación de mecanismos de regulación y control en el uso del recurso. 3) Fomentar una conciencia ambiental en los comunitarios, mediante la implementación de una campaña masiva de Educación Ambiental no formal e informal. 4) Crear capacidades técnicas y conciencia ambiental en líderes, técnicos y demás representantes comunitarios, mediante la implementación de un plan de capacitaciones. 5) Establecer una estructura organizativa interinstitucional para el seguimiento a las actividades de uso, manejo y aprovechamiento de los recursos naturales en la Laguna de Titihue.

AGRADECIMIENTOS

A las autoridades de la comunidad campesina de Titihue, Huancane-Puno, por brindarme las facilidades para realizar la investigación

A la población de la comunidad campesina de Titihue, Huancane-Puno, por facilitarme la información requerida para la investigación.

Al Dr. Luis Alfredo Palao Iturregui, por su asesoramiento durante la conducción de la presente investigación.

LITERATURA CITADA

- Acosta, N.M., Castilla, 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 UERIA. Instituto Nacional de Salud INS.
- ATSDR (2007). *Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades*. Resumen de Salud Pública Plomo, CAS # 7439-92-1; 2007).
- Ayala, J. Y Romero, H. (2013). *Presencia de metales pesados (arsénico y mercurio) en leche de vaca al sur de Ecuador*. Artículo científico. Universidad politécnica salesiana. LA GRANJA, Revista de Ciencias de la Vida, 17(1) 2013: 36-43. Quito, Ecuador.
- Bebbington, A., Humphreys Bebbington, D. Y Bury, J.. (2010). *Federating and Defending: Water, Territory and Extraction in the Andes*. En *Out of the Mainstream*, editado por Rutgerd Boelens, Armando Guevara y David Getches, 307-327. London: Earthscan.
- Brouset, M., Torres, A., Chambí, A., Mamani, B. Y Gutiérrez, H. (2015). *Calidad fisicoquímica, microbiológica y toxicológica de leche cruda en las cuencas ganaderas de la región Puno –Perú*. Revista de Investigación Universitaria, Vol. 4 (2): 33-43 ISSN: 2312-4253 (Versión impresa). Puno, Perú. 11 p.
- CARE, Perú. (2009). *Una experiencia de engorde de ganado en el altiplano*. Publicación producida en el marco del Proyecto “Generación de ingresos y empleo en unidades productivas familiares del altiplano mediante la cadena de valor de ganado vacuno para carne”. Lima, Perú. 43 p.
- Coelho, P.S.C., y J.P.F. Teixeira. (2011). *Mining activities: Health Impacts*. Encyclopedia of Environmental Health pp: 788-802.
- Flores, V. H. (2008). Informe de la inspección del río Ramis, Núcleo de Afirmación del Saber Andino.
- González, J. (2009). Conferencias magistrales, metales pesados en carne y leche y certificación para la Unión Europea (UE). Departamento Medicina, Cirugía y Anatomía Veterinaria. Facultad de Veterinaria. Universidad de León, España. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias.
- Huang, X., M. Sillanpää, E.T. Gjessing, S. Peräniemi, y Rd. Vogt. (2010). *Environmental Impact of Mining Activities on the Surface Water Quality in Tibet: Gyama Valley*. Science of Total Environment 408, n° 19-4177-4184.
- Ibañez, V. (2009). *Métodos estadísticos*. Editorial universitaria. Primera edición. Puno, Perú.
- Kazi, T.G., Jalbani, N., Baig, J.A. (2009). *Assessment of toxic metals in raw and processed milk samples using electrothermal atomic absorption spectrophotometer*. Food and Chemical Toxicology 47(9):2163-9.
- López, E.A. (2004). *Estadística aplicada a la producción Agrícola*. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. Guatemala.
- Maas, S.; Gimbert, F.; Lucot, E. (2010). *Trace metals in raw cows' milk and assessment of transfer to Comté cheese*. Food Chemistry. 129 (1): pp: 7-12.





- Nordberg, G.F., Fowler, B.A., Nordberg, M. (2007). *Inhalation Handbook on the toxicology of metals*. 3rd Edition, San Diego, California. Academic Press Inc. pp 599-630.
- Organización Mundial De La Salud. (2006). *Guía para la Calidad de Agua Potable. Primer Apéndice a la Tercera Edición*. . Vol. I. Geneva: Ediciones de la OMS.
- Peralta, J., M. Lopez; M. Narayan, G. Saupe, Y J. Gardea. (2009). *The biochemistry of environment heavy metal uptake by plants: Implications for the food chain*. The International Journal of Biochemistry and Cell Biology, nº 41. pp: 1665-1677.
- Piscoya, J. (2011) *Minería y Contaminación ambiental en Piura*. Tesis de post grado Universidad Nacional de Piura – Escuela de Post Grado. Programa de Maestría en Ingeniería Ambiental. Piura, Perú. 112 p.
- Rey, F., Miranda, M., López, M. (2013). *Essential trace and toxic element concentrations in organic and conventional milk in NW Spain*. Food and Chemical Toxicology 55: 513–518.
- Shibamoto, T. Y Bjeldanes, L.E. (1993). *Introduction to food toxicology*. (pp 21-26) San Diego, California, USA. Academic Press Inc.
- Tripathi, R.M., Raghunath, R., Sastry, V.N. (1999). *Daily intake of heavy metals by infants through milk and milk products*. The Science of the Total Environment 227: 229-235.

WEBGRAFIA

- Amezaga, J. y Balvín, D. (2006). *Environmental Regulation of Mine Waters in South América*. Recuperado el 2014/10/08 del sitio web:
<http://www.labor.org.pe/webermisa/images/ERMISA%20D1.pdf>
- CARE, Perú. (2006). Engorde y comercialización de ganado vacuno. Una experiencia económica en Huancané y Moho - Puno". Producida por encargo del Programa Redes Sostenibles para la Seguridad Alimentaria - REDESA, de CARE Perú. Lima, Perú. 62 p. Recuperado el 2017/05/28 del sitio web:
<http://www.care.pe/pdfs/cinfo/libro/ENGORDEGANADOfinal.pdf>
- Guerrero, J. (2008). Vacas que se adaptan a la altura. Foro de discusión virtual en Engormix.com. Recuperado el 2017/05/30 del sitio web:
<http://www.engormix.com/ganaderia-leche/foros/vacas-adapten-altura-t794/>
- INEI. (2009). *Contexto social, económico e institucional de la región Puno*. Las comunidades campesinas en la región de Puno. Recuperado el 2016/05/12 del sitio web:
<http://www.allpa.org.pe/sites/default/files/Las%20Comunidades%20Campesinas%20-%20Puno%20%282009%29.pdf>
- INEI. (2012). IV Censo Nacional Agropecuario (IV CENAGRO). Resultados preliminares. Informe preliminar. Lima, Perú. 93 p. Recuperado el 2016/05/12 del sitio web:
http://www.fao.org/fileadmin/templates/ess/ess_test_folder/World_Census_Agriculture/Country_info_2010/Reports/Reports_4/PER_SPA_PRE_REP_2012.pdf
- Pinzón, C.G. (2015). *Determinación de los niveles de plomo y cadmio en leche procesada en la ciudad de Bogotá D.C*. Tesis de Magister en Toxicología. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Medicina, Departamento de Toxicología. Bogotá D.C. 144 p.; Colombia. Recuperado el 2016/05/21 del sitio web:
<http://www.bdigital.unal.edu.co/47779/1/599661.2015.pdf>
- PROYECTO ESPECIAL LAGO TITICACA – PELT. (1999). *Investigación y monitoreo de los Ríos Carabaya-Ramis, Cabanillas y del Lago Titicaca*. Puno - Perú; 62 p. Recuperado el 2016/08/27 del sitio web:
<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd08/carabaya.pdf>
- Rodríguez, H.R.; Alejo E.S.; Sánchez, M.R. (2005). *Metales pesados en leche cruda de bovino*. Salus cum propositum vitae. 6 (4) Recuperado el 2013/06/11 del sitio web:
<http://www.respyn.uanl.mx/vi/4/articulos/metales.html>

