

# Identificación y cuantificación de metales en agua para consumo humano en el distrito de Lircay - Angaraes - Huancavelica - 2015

## Identification and quantification metals in drinking water in Lircay district - Angaraes - Huancavelica - 2015

Amadeo Enriquez Donaires<sup>[1]</sup>, Luz Marina Acharte Lume<sup>[1]</sup>, Luis Quispealaya Armas<sup>[1]</sup>, Daniel Florencio Lovera Dávila<sup>[2]</sup>

RECIBIDO: 26/05/2016 - APROBADO: 30/06/2016

### RESUMEN

Esta investigación se realizó durante el año 2015 en el distrito de Lircay, provincia de Angaraes, departamento de Huancavelica. En ella se formuló el problema sobre cuántos metales y en qué concentraciones existen en el agua para consumo humano en tres reservorios de este. El objetivo general precisamente fue identificar y cuantificar los metales en agua para consumo humano en estos reservorios. El marco teórico se realizó con temas de importancia a nivel internacional, nacional y local.

Para realizar los muestreos se respetó el protocolo de muestreo para aguas. De esta manera, se tomaron las muestras en el riachuelo Ato (M1), que conduce al reservorio del mismo nombre; este distribuye a las redes de las viviendas de Pueblo Viejo, Pueblo Nuevo y barrio Santa Rosa. Así también en el riachuelo Ahuay (M2), que conduce al reservorio de la Virgen del Carmen, proveedor del barrio llamado igual, y en el río Sicra (M3), que conduce al reservorio de Aylana, distribuidor del barrio Bellavista. Las muestras tomadas en total fueron seis, de las cuales, como resultado, se obtuvieron 21 elementos metálicos (Al, As, B, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Sb, Se, V y Zn). Dichas muestras se analizaron en el laboratorio de la Dirección General de Salud (DIGESA) con el equipo espectrofotómetro (ICP-OES). Las concentraciones se encuentran entre los parámetros de 0.001 mg/L como mínimo y 9.4434 mg/L como máximo; la concentración en promedio se encuentra por debajo de la normativa Agua para Consumo (AC), Agua Natural (AN) Categoría 1, Agua Natural (AN) Categoría 4 y AN Categoría 3, de los cuales el Fe, As, Cu y Pb se encuentran sobre los límites máximos permisibles. El Zn y el Cd se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles, por lo que se valida la hipótesis.

**Palabras clave:** Máximos límites permisibles, elementos metálicos y agua.

### ABSTRACT

This research was held in 2015 in the District of Lircay Angaraes Province Department Huancavelica, where the problem was formulated how many and where concentrations exist metals in drinking water in three reservoirs Lircay district Angaraes, Huancavelica whose overall objective was: to identify and quantify metals in drinking water in three reservoirs Lircay district, Province of Angaraes, Department of Huancavelica - 2015.

The theoretical framework was performed with issues of importance at national and local levels.

To make sampling the sampling protocol for waters, thus respecting the samples were taken at the Ato (M1) stream that leads to the reservoir of the same name, which are distributed to networks of homes Pueblo Viejo, Pueblo Nuevo and Barrio Santa Rosa, so the Ahuay (M2) stream that leads to the reservoir of the Virgen del Carmen and is distributed to Barrio Virgen del Carmen and Sicra (M3) river leading to the reservoir Aylana which distributes the Barrio Bellavista. The samples in total were six, of which result 21 metal elements ((Al, As, B, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mg, Mn, Mo, Na were obtained, Ni, Pb, Sb, Se, V and Zn), the samples were analyzed in the laboratory of the Directorate General of Health (DIGESA) with the team spectrophotometer (ICP-OES) whose concentrations are among the parameters of 0.001 mg / L minimum and 9.4434 mg / L maximum concentra-

1 Docente de la Universidad Nacional de Huancavelica. E-mail: luzacharte@yahoo.com

2 Docente de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. E-mail: dloverad@unmsm.edu.pe

tion on average are below the standard for Water Consumption (AC), Natural Water (AN) Cat. 1, Natural Water (AN) and AN Cat.4 Cat.3, of which Fe, as, Cu and Pb are on maximum allowable limits. the Zn and Cd are below the maximum permissible limits, so the hypothesis is validated.

**Keywords:** Maximum permissible limits, metallic elements and water.

## I. INTRODUCCIÓN

El distrito de Lircay, provincia de Angaraes, departamento de Huancavelica, ubicado a 3260 msnm, tiene una población de 24,551 habitantes, quienes consumen agua de las vertientes naturales. Por este motivo, se tuvo el interés de identificar y cuantificar los metales presentes en el agua para consumo humano en los puntos estratégicos del río Sicra y los riachuelos Ahuay y Ato, así como en la red de abastecimiento de las viviendas y laboratorio de Química de la Facultad de Ingeniería de Minas-Civil-Ambiental de la Universidad Nacional de Huancavelica. Se buscaba determinar si se encontraba dentro de los límites permisibles dados por las normativas Agua de Consumo (AC), Agua Natural (AN) en las Categorías 1, 4 y 3.

Para llevar a cabo este estudio se tomaron muestras de agua, de acuerdo a los protocolos, para ser trasladadas previa conservación dentro de un cooler hasta el laboratorio y realizar el análisis respectivo (EPA, 1978, 2009).

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas que se han utilizado para la recolección de datos fueron las siguientes:

Para la ubicación de las coordenadas UTM –WGS 84, el equipo utilizado fue de la marca GARMIN, con una precisión de tres metros de radio de los riachuelos Ahuay y Ato, asimismo del río Sicra. Los resultados se pueden ver en las Figuras N.º 1 y 2 (Palacios, 1994).

Riachuelo Ato (18 L)

N: 0531069

E: 8564727

m.s.n.m. : 3,359



Punto de muestreo del riachuelo Ato

Figura N.º 1. Coordenadas UTM riachuelo Ato

Riachuelo Ahuay (18 L)

N: 0531068

E: 8559018

m.s.n.m. : 3,285

Río Sicra (18 L)

N: 0530855

E: 8560177

m.s.n.m. : 3,336



Figura N.º 2. Coordenadas UTM riachuelo Ahuay

### 2.2. Procedimiento de recolección de datos

El procedimiento de recolección de datos fue de la siguiente manera:

El equipo técnico ubicó las fuentes de captación de los riachuelos Ato, Ahuay y el río Sicra, a fin de recolectar las respectivas muestras de agua, como se observa en las Figuras N.º 3 y 4.

#### DIAGRAMA DE PROCESO DE ANÁLISIS DE METALES EN AGUAS

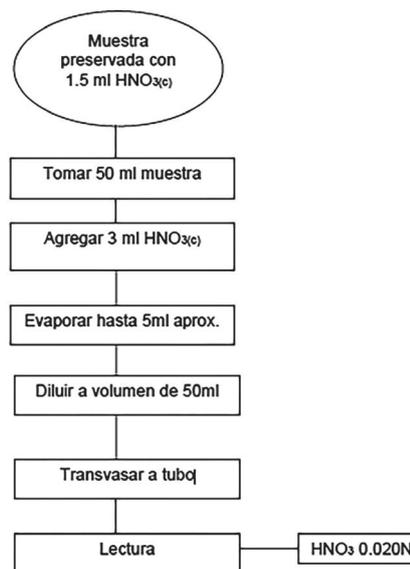


Figura N.º 3. Diagrama de Proceso de Análisis de Metales en Aguas.



Figura N.º 4. Rotulación de los envases para la toma de muestra de agua.

En la Figura N.º 4 se observa que es importante la rotulación de los envases para la muestra indicando fecha, hora, lugar, cantidad, etc.

Los envases para la muestra de agua deberán ser de plástico, con la capacidad de un litro. El protocolo de muestreo fue orientado por el químico Carlos Lavado Atoc, quien tiene la suficiente experiencia en el tema.



Figura N.º 5. Toma de muestra del riachuelo Ato.

La cantidad de muestra adecuada es de un litro, previamente el envase debe ser lavado con la misma agua de muestra; asimismo, es necesario estabilizar con ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) debido a que se van a evaluar metales.

La toma de muestra fue en una caída de la vertiente de agua en un punto adecuado del canal que conduce hacia el reservorio primario de Ato, que abastece a los barrios Pueblo Viejo, Pueblo Nuevo y Santa Rosa, del distrito de Lircay. Figura N.º 5.

La muestra de agua del riachuelo Ato está codificada como M1. Figura N.º 6.



Figura N.º 6. Proceso de estabilización de los metales en agua con  $\text{HNO}_3$ .



Figura N.º 7. Preservación de las muestras en el cooler para su envío al laboratorio.

La preservación de la muestra durante el recorrido hasta el laboratorio para el análisis correspondiente fue fundamental, por ello se transportó en un cooler para evitar cambios de temperaturas bruscas y variaciones en los resultados del análisis. Figura N.º 7.



Figura N.º 8. Toma de muestra en el riachuelo Ahuay.

La toma de muestra de agua del riachuelo Ahuay fue en un punto de la caída que conduce hacia el reservorio primario de Virgen del Carmen, que abastece al barrio del mismo nombre, en el distrito de Lircay. Figura N.º 8.

La muestra de agua del riachuelo Ahuay está codificada como M2. Figura N.º 9.



Figura N.º 9. Estabilización de metales de la muestra del riachuelo Ahuay con  $\text{HNO}_3$



Figura N.º 10. Toma de muestra del río Sicra.

La toma de muestra de agua del río Sicra fue en un punto de ingreso a la tubería de conducción hacia el reservorio primario de Aylana, que abastece al barrio Bellavista, del distrito de Lircay. Figura N.º 10

La muestra de agua del riachuelo Ato está codificado como M3.



Figura N.º 11. Estabilización de metales de la muestra del río Sicra con  $\text{HNO}_3$ .

La identificación y cuantificación de metales en las muestras de agua obtenidas del río Sicra y los riachuelos Ato y Ahuay se realizaron según los formatos de la DIGESA. Figura N.º 11.

La cantidad de muestra para el análisis fue 50 ml y se le agregó 3 ml de  $\text{HNO}_3$ . Esta se digirió a temperatura de  $85\text{ }^\circ\text{C}$ , hasta reducir el volumen a 5 ml. Se le dio un tiempo de enfriamiento para luego aforar hasta un volumen de 50 ml con agua desionizada. La lectura se realizó en el equipo ICP-OES (espectrofotómetro), en el laboratorio de la DIGESA.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Las seis muestras fueron obtenidas del río Sicra (M3), riachuelos Ahuay (M2) y Ato (M1), grifo del laboratorio de Química FIMCA (M6), ubicado en Santa Rosa, grifo de la casa de Celesta Huayra Aparco (M4), ubicado en el barrio Virgen del Carmen, y grifo del hotel Hacienda (M5), ubicado en el barrio Bellavista. Cada una de ellas estaba contenida en un envase plástico de un litro de capacidad, libre de contaminantes, debidamente estabilizada con ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) en proporción de 1:3. Remitidas al laboratorio para su análisis, de este volumen se tomó una muestra de 50 ml, a la que se le agregó 3 ml de  $\text{HNO}_3$ ,

Tabla N.º 1. Resultado de los análisis de laboratorios y comparación con LMP (MINAM)

METAL	EFECTOS EN LA SALUD	BKPI(BL ANCO)	M1	M2	M3	M4	M5	M6	PROME DIO	A	LC	NORMATIVAS (mg/L)			
			(mg/L)	(nm)	(mg/L)	AC	AN Cat.1	AN Cat.4	AN Cat.3						
Al Aluminio	Daño al sistema nervioso central	<0.05	0.107	0.153	0.172	0.104	0.107	0.812	0.1864	308.215	0.05	0.2	0.2	--	50.05/0.1
As Arsénico	Disminución en la producción de glóbulos rojos y blancos	<0.02	0.025	<0.02	0.093	<0.02	<0.02	<0.02	0.0312	188.980	0.02	0.01	0.01	0.01	0.5/5
B (Boro)	El daño no es tan considerable	0.120	0.097	0.039	0.327	0.027	0.039	0.020	0.0956	249.878	0.02	1.5	0.5	--	--
Ba (Bario)	Causar parálisis	0.053	0.275	0.081	0.057	0.073	0.089	0.199	0.1181	455.403	0.001	0.7	0.7	0.7	0.7
Be (Berilio)	Daña los pulmones y causar neumonía.	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	234.881	0.0003	--	0.004	--	0.1 0.005/0.01
Cd (Cadmio)	Daño al sistema nervioso central entre otros	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	228.502	0.001	0.003	0.003	0.004	0.05/1
Co (Cobalto)	Problemas de Visión, Corazón y Tiroides.	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	238.892	0.008	--	--	--	--
Cr (Cromo)	Debilitamiento del sistema inmune entre otros.	0.004	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0.0023	283.583	0.002	0.05	0.05	--	--
Cu (Cobre)	Iritar la nariz, boca y los ojos, hígado, riñones y causar dolor de cabeza.	0.012	0.003	0.003	0.016	0.006	0.005	0.024	0.0099	324.754	0.003	2	2	0.02	0.2/0.5
Fe (Hierro)	Cáncer de pulmón	0.036	0.101	0.087	0.200	0.061	0.071	0.628	0.1691	238.204	0.01	0.3	0.3	--	1
Li (Litio)	Causar edema pulmonar.	<0.02	<0.02	<0.02	0.058	<0.02	<0.02	<0.02	0.0254	610.365	0.02	--	--	--	2.5
Mg Magnesio	Irita el tracto respiratorio	0.501	19.269	3.777	8.742	4.581	5.176	15.709	8.2507	379.078	0.015	--	--	--	150
Mn Manganeseo	Causa parkinson, embolia de los pulmones y bronquitis.	0.002	0.010	0.005	0.021	0.005	0.006	0.057	0.0151	257.610	0.001	0.4	0.1	--	0.2
Mo Molibdeno	Dolores de las articulaciones de las rodillas, manos y pies.	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	202.032	0.004	0.07	--	--	--
Na (Sodio)	Daño a los riñones e incrementa las posibilidades de hipertensión.	1.717	7.150	14.003	17.368	10.617	11.121	4.128	9.4434	589.592	0.013	200	--	--	200
Ni (Níquel)	Desarrolla cáncer de pulmón, nariz, laringe y próstata.	0.062	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.0174	231.604	0.01	0.02	0.02	0.025	0.2
Pb (Plomo)	Perturbación de la biosíntesis de hemoglobina y anemia.	<0.013	<0.013	<0.013	<0.013	<0.013	<0.013	<0.014	<0.0132	220.353	0.013	0.01	0.01	0.001	0.05
Sb Antimonio	Provoca enfermedades pulmonares, problemas de corazón, diarrea, vómitos severos y úlceras estomacales.	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	206.834	0.03	0.02	0.006	--	--
Se (Selenio)	Pelo quebrado y uñas deformadas, a sarpullidos, calor, hinchamiento de la piel y dolores agudos.	<0.045	<0.045	<0.045	<0.045	<0.045	<0.045	<0.045	<0.045	1196.026	0.045	0.01	0.01	--	0.05
V (Vanadio)	Imitación de pulmones, garganta, ojos y cavidades nasales.	<0.003	<0.003	0.005	<0.003	0.004	0.004	0.003	0.0036	282.401	0.003	--	0.1	--	2/24
Zn (Zinc)	Úlcera de estómago, imitación de la piel, vómitos, náuseas y anemia.	0.120	<0.015	0.016	0.073	0.035	0.036	0.643	0.134	206.200	0.015	3	3	0.03	--

A = Longitud de onda  
LC = Límite de cunatificación

esta se digestó a temperatura de 85 °C reduciendo el volumen a 5 ml. Se le dio un tiempo de enfriamiento para aforar hasta un volumen de 50 ml con agua desionizada. La lectura se realizó en el equipo ICP-OES (espectrofotómetro), en el laboratorio de la DIGESA. Como resultado se encontraron los siguientes metales: Al, As, B, Ba; Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Sb, Se, V y Zn, con concentraciones entre 0.001 mg/L como mínimo y 9.4434 mg/L máximo, de acuerdo a la Tabla N.º 1 (Mendez, 2000).

Las concentraciones promedio en mg/L se encuentran por debajo de las Normativas AC, AN Categoría 1, AN Categoría 4 y AN Categoría 3, resultados favorables y aptos para consumo humano, ver Tabla N.º 2. (NAS, 1977, 1982), (OMS,1996), (Sorg,1980).

Tabla N.º 2. Resultados del análisis de agua.

METALES	CONCENTRACIÓN Mg/L
Be	0.0003
Cd	0.0010
Co	0.0060
Cr	0.0023
V	0.0036
Mo	0.0040
Cu	0.0099
Pb	0.0132
Mn	0.0151
Ni	0.0174
Li	0.0254
Sb	0.0300
Ar	0.0312
Se	0.0450
B	0.0956
Ba	0.1181
Zn	0.1340
Fe	0.1691
Al	0.1864
Mg	8.2507
Na	9.4434

#### IV. CONCLUSIONES

1. En las muestras de agua para consumo humano del río Sicra, riachuelos Ahuay y Ato, y del grifo de las viviendas, se identificaron 21 elementos metálicos (Al, As, B, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Sb, Se, V y Zn).

2. La concentración (mg/L) de estos metales están en promedio entre <0.0003 y 9.4434 mg/L, valores que están por debajo de los límites permisibles de las normativas AC, AN Cat.1, AN Cat.4 y AN Cat.3 de calidad de agua. A estas concentraciones, estos elementos metálicos no son dañinos para la salud.

#### V. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos el apoyo brindado por los pobladores del distrito de Lircay, provincia de Angaraes, departamento de Huancavelica, y al Vicerrectorado Académico - Dirección Universitaria de Investigación de la Universidad Nacional de Huancavelica.

#### VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Agencia de Protección Ambiental de las Naciones Unidas-EPA(1978). In-depth Studies on Health and Environmental Impacts of Selected Water Pollutants. EPA Contract 68, pp. 01-4646.
2. Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos-EPA(2000). Estándares del Reglamento Nacional Primario de Agua Potable. EPA 815-F-00-007.
3. NAS- National Academy of Sciences (1977). Drinking water and health. Safe drinking-water commit-

- tee, U. S. National Research Council. Washington, D. C.
4. National Academy of Sciences.(1982). Drinking Water and Health. Vol. 4, Washington, D. C., U. S. National Research Council.
  5. OMS(1996). Guidelines for Drinking-Water Quality. Vol. 2. Health criteria and other supporting information. Segunda edición. Ginebra.
  6. Palacios V. O. y Aceves N. E. (1994). Instructivo para el muestreo, registro de datos e interpretación de la calidad del agua para el riego agrícola. Colegio de Postgraduados.
  7. Sorg T. J. y Logsdon, G. W. (1980). Treatment technology to meet the interim primary drinking water regulations for inorganics: Part 5. *Journal of the American Water Works Association*, 72, pp. 411-422.