



**“ESTUDIO TOXICOLÓGICO POR CADMIO Y ARSÉNICO EN LAS FUENTES DE AGUA EXPUESTAS A CENIZA VOLCÁNICA EN LAS PARROQUIAS GUANANDO Y LA PROVIDENCIA”**

**“TOXICOLOGICAL STUDY BY CADMIUM AND ARSENIC IN THE SOURCES OF WATER EXPOSED TO VOLCANIC ASH IN THE PARISHES GUANANDO AND PROVIDENCIA”**

**Edwin Fernando Basantes Basantes**

Master Universitario en Ciencia y Tecnología Química, Especialidad Química Analítica, Magister en Toxicología Industrial y Ambiental, Bioquímico Farmacéutico, Docente de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, carrera Ingeniería Forestal.  
ebasantes@esepoch.edu.ec

**Cristian Lozano Hernández**

Magister en Toxicología Industrial y Ambiental, Ingeniero en Biotecnología Ambiental, Docente de la Universidad Técnica de Cotopaxi Facultad de Recursos Naturales.

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

Edwin Fernando Basantes Basantes y Cristian Lozano Hernández (2018): “Estudio toxicológico por cadmio y arsénico en las fuentes de agua expuestas a ceniza volcánica en las parroquias Guanando y La Providencia”, Revista Caribeña de Ciencias Sociales (diciembre 2018). En línea [//www.eumed.net/rev/caribe/2018/12/estudio-toxicologico-agua.html](http://www.eumed.net/rev/caribe/2018/12/estudio-toxicologico-agua.html)

**RESUMEN**

La presente investigación tuvo por objeto realizar un estudio toxicológico de las fuentes de abastecimiento de agua de las parroquias Guanando y La Providencia del Cantón Guano Provincia de Chimborazo Ecuador, por encontrarse cercanas al Volcán Tungurahua, pudiendo existir la presencia de metales pesados como Arsénico y Cadmio. Se realizó la identificación de estas fuentes y se obtuvo las muestras de agua para su análisis, se identificó los analitos arsénico y cadmio que están presentes en estas zonas, todos los análisis se realizaron en el Laboratorio CESTTA de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Se aplicó una estadística descriptiva donde se obtuvo la media y la varianza, a su vez los datos obtenidos se

compararon con los niveles permisibles dados por las normativas ecuatorianas vigentes TULSMA Libro VI, anexo I, la Norma NTE – INEN 2011, y con las normas internacionales, llegando a la conclusión de que el Arsénico y el Cadmio se encuentran dentro de los niveles permisibles dadas por estas normas. Se calculó la Dosis diaria promedio vitalicia (DDPV), a la cual están expuestos los habitantes de estas zonas, así como también el Coeficiente de Peligro (CP), lo cual permitió determinar que la población de estas Parroquias Guanando y La Providencia, no se encuentran en riesgo toxicológico ya que los resultados del Coeficiente de Peligro (CP), no sobrepasan el valor de referencia recomendado por la EPA(<1).

**Palabras clave:** analitos - arsénico - cadmio.

## **ABSTRACT**

The purpose of this research was to carry out a toxicological study of the water supply sources of the Guanando and La Providencia parishes of Guano Canton, Chimborazo Province, Ecuador, because it is near the Tungurahua volcano and can present the presence of heavy metals such as arsenic and cadmium. He was the identification of these sources and obtained water samples for analysis that allowed identifying the analytes such as arsenic and cadmium that are present in these areas, all analyses were performed in the laboratory CESTTA of the Polytechnic School of Chimborazo. You apply a descriptive statistic was obtained where the average and variance, in turn obtained data were compared with permissible levels given current Ecuadorian regulations TULSMA Book VI, annex I, the Norma NTE - INEN 2011, and with international standards, coming to the conclusion that the arsenic and cadmium are within permissible levels given by these standards. Was calculated daily dose average lifetime (DDVP), to which the inhabitants of these areas, as well as also the coefficient of danger (CP), are exposed allowing you to determine the population of these parishes Guanando and La Providencia, not found in toxicological risk since the results of the risk coefficient (CP), do not exceed the reference value recommended by the EPA (<1).

**Key words:** analytes - arsenic - cadmium.

## **1. INTRODUCTION**

Capo (2007) afirma que al hablar de contaminación suele interpretarse como si fuera la consecuencia de la actividad humana, y a menudo se cae en el fácil simplismo de confundir industria y contaminación, con ello se olvida que no solo las industrias son contaminantes y que también hay contaminación de origen natural. La ubicación de las fuentes de abastecimiento de agua de las Parroquias en estudio de la investigación se encuentran cercanas al Volcán Tungurahua, pudiendo presentar la presencia de Arsénico y Cadmio en las fuentes de abastecimiento de agua, porque la ceniza llega a estas zonas.

Por ello, esta investigación propone conocer si el agua que las comunidades utilizan tienen altos contenidos de Arsénico o Cadmio mediante: (a) un análisis químico que permitirá la caracterización del agua de las fuentes, (b) la determinación del contenido de dichos metales

en un periodo de tiempo y el cálculo de la Dosis diaria promedio vitalicia (DDPV) y el Índice de peligro (CP) para determinar si existe un riesgo toxicológico para la población de estas comunidades.

### **1.1.El agua**

El agua, al mismo tiempo que constituye el líquido más abundante en la Tierra, representa el recurso natural más importante y la base de toda forma de vida. Aproximadamente el 97% del agua del planeta es agua salina, en mares y océanos; apenas 3% del agua total es agua dulce (no salina) y de esa cantidad un poco más de dos terceras partes se encuentra congelada en los glaciares y casquetes helados en los polos y altas montañas (Vickie, 1999).

Calidad del agua para consumo humano La calidad de cualquier masa de agua, superficial o subterránea depende tanto de factores naturales como de la acción humana. Sin la acción humana, la calidad del agua vendría determinada por la erosión del substrato mineral, los procesos atmosféricos de evapotranspiración y sedimentación de lodos y sales, la lixiviación natural de la materia orgánica y los nutrientes del suelo por los factores hidrológicos, y los procesos biológicos en el medio acuático que pueden alterar la composición física y química del agua (ONU-DAES, 2014).

Por lo general, la calidad del agua se determina comparando las características físicas, químicas y biológicas de una muestra de agua con directrices de calidad o estándares. En el caso del agua potable, estas normas se establecen para asegurar un suministro de agua limpia y saludable para el consumo humano y, de este modo, proteger la salud de las personas. Estas normas se basan en niveles de toxicidad científicamente aceptables tanto para los humanos como para los organismos acuáticos.

El deterioro de la calidad del agua se ha convertido en motivo de preocupación a nivel mundial con el crecimiento de la población humana, la expansión de la actividad industrial y agrícola y la amenaza del cambio climático como causa de importantes alteraciones en el ciclo hidrológico (ONU-DAES, 2014).

A nivel global, el principal problema relacionado con la calidad del agua lo constituye la eutrofización, que es el resultado de un aumento de los niveles de nutrientes (generalmente fósforo y nitrógeno) y afecta sustancialmente a los usos del agua. Las mayores fuentes de nutrientes provienen de la escorrentía agrícola y de las aguas residuales domésticas (también fuente de contaminación microbiana), de efluentes industriales y emisiones a la atmósfera procedentes de la combustión de combustibles fósiles y de los incendios forestales. Los lagos y los pantanos son especialmente susceptibles a los impactos negativos de la eutrofización debido a su complejo dinamismo, con un periodo de residencia del agua relativamente largo, y al hecho de que concentran los contaminantes procedentes de las cuencas de drenaje.

## **1.2. Toxicología ambiental**

Estudia los daños causados al organismo por la exposición a los tóxicos que se encuentran en el medio ambiente. El objetivo principal de la toxicología ambiental es evaluar los impactos que producen en la salud pública la exposición de la población a los tóxicos ambientales presentes en un sitio contaminado (Universidad de Arizona 2001).

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1. Sitio de estudio**

La presente investigación se llevó a cabo en:

Parroquia Guanando perteneciente al cantón Guano provincia de Chimborazo-Ecuador.

Parroquia La Providencia perteneciente al cantón Guano provincia de Chimborazo-Ecuador.

### **Cantón Guano Situación Geográfica**

Pais : Ecuador

Provincia: Chimborazo

Cantón : Guano

El Cantón Guano está ubicado al norte de la provincia de Chimborazo entre las coordenadas 01°36'10" de grados de latitud sur, 81° de latitud oeste, 0°6'30" del meridiano de Quito, 0°11'30" de latitud occidental. Guano, está ubicado en la Provincia de Chimborazo, a una altura de 2683 metros de la cabecera cantonal. Está limitado al norte, con varios cantones de la Provincia de Tungurahua; al sur; con el Cantón Riobamba; al este con el río Chambo; y al oeste, con el Cantón Riobamba y una pequeña parte de de la Provincia de Bolívar.

El Cantón Guano posee un clima templado con estaciones marcadas: seca, lluviosa, y verano frío; presentando presentando una temperatura media de 16°C.

Las fuentes de abastecimiento de agua, son vertientes naturales que se encuentran a una altura de 3200 metros de la cabecera cantonal del Cantón Guano, es conducida a través de tubería y por gravedad hacia una planta de tratamiento convencional, que consta de un filtro de grava, y una cloración, está ubicada a una altura de 2950 metros de la cabecera cantonal.

### **2.2. Caracterización de las fuentes de abastecimiento de agua de las comunidades**

Se identificó la zona: fuentes de abastecimiento de agua de la Parroquia Guanando y La Providencia, una vez en el lugar se tomaron las coordenadas del punto de muestreo:

Guanando: 17 M 799186 / 9844412 UTM

La Providencia: 17 M 798573 / 9847425 UTM

La toma de muestras se realizó según requerimientos del Standar Methods (2012), las muestras se transportaron bajo refrigeración en una caja térmica al Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo CESTTA para la realización de los análisis.

Tabla N° 1. Requerimientos especiales para toma de muestras

Analíto	Envase	VMN	Conservación	TMC
Arsénico	Plástico	100 mL	2mL/L HNO <sub>3</sub>	6 meses
Cadmio	Plástico	100 mL	2mL/L HNO <sub>3</sub>	6 meses

VMN= Volumen mínimo de muestra  
TMC= Tiempo máximo de conservación  
mL = Mililitro  
L= Litro

### 2.3. Determinación de Arsénico– EPA 200.7

La determinación de Arsénico (As) se lo realizó mediante el método espectrofotométrico de emisión atómica EPA 200.7, se utilizó un ICP atómico Thermo Scientific, la verificación del equipo se lo realizó mediante la lectura de un estándar de As de 0.05 mg/L, se colocó 25 mL de muestra en un tubo plástico para microondas, se adicionó 1mL de HNO<sub>3</sub> (c), se colocó la muestra en un microondas por 15 min, se enfrió la muestra y posteriormente se procedió a filtrarla, el filtrado se llevó a un volumen de aforo de 50 mL, se procedió a realizar la lectura a una longitud de onda de 193 nm, los resultados fueron calculados mediante la siguiente fórmula (Basantes, 2018).

$$C = \frac{LxVaxf}{1000xVo}$$

Donde:

C= Concentración del metal muestra

L= Lectura del equipo ug/L

Va= Volumen de aforo

f= Factor de dilución

Vo= Volumen inicial de la muestra

## 2.4. Determinación de Cadmio

La determinación de Cadmio (Cd) se lo realizó mediante el método espectrofotométrico de Absorción Atómica STANDARD METHODS 3111-B (2012) utilizado por Basantes, E. (2018), se utilizó espectrofotómetro A.A Shimadzu, la verificación del equipo se lo realizó mediante la lectura de un estándar de Cd (0.10 mg/L), para el tratamiento de la muestra se añadió 250 mL de muestra en un matraz Erlenmeyer de 500mL, luego se colocó 10 mL de HNO<sub>3</sub> (1:1) y se procedió a digerir la muestra durante un periodo de 2 horas en una plancha de calentamiento a 95 °C +/- 5 °C, se retiró y se dejó enfriar la muestra, posteriormente se añadió 2 mL de agua destilada y 3 mL de peróxido de hidrógeno al 30%, se procedió a digerir la muestra durante hasta obtener un residuo de aproximadamente 10 mL, se enfrió y filtró la muestra, luego se llevó a un volumen de aforo de 50 mL, se procedió a realizar la lectura de Cadmio a una longitud de onda de 228 nm (Basantes, 2018).

Los resultados se calcularon mediante la siguiente fórmula.

$$C = \frac{LxVaxf}{1000xVo}$$

Donde:

C= Concentración del metal muestra (mg/L)

L= Lectura del equipo mg/L

Va= Volumen de aforo

f = Factor de dilución

Vo= Volumen inicial de la muestra

## 2.5. Plan de monitoreo para cuantificar Arsénico y Cadmio

Se realizó un plan de monitoreo durante 4 meses para evaluar Arsénico y Cadmio presentes en las fuentes de abastecimiento de agua de la zona, se tomaron 8 muestras cada mes de las vertientes naturales de las Parroquias Guanando y La Providencia y se analizaron por duplicado.

## 2.6. Riesgo de Toxicidad

### Dosis diaria promedio vitalicia

Para la evaluación de la cantidad de tóxico ingerido (I) por las 2 comunidades, se determinó la concentración del tóxico presente en el agua de las fuentes de abastecimiento de las comunidades en estudio, los datos de la tasa de contacto, duración de la exposición, masa

corporal y el promedio de exposición se lo obtuvo bibliográficamente de la base de datos de la de la IRIS USEPA (2012).

$$DDPV = \frac{CT \times TC \times B \times TE}{W \times Tv}$$

DDPV= Dosis diaria promedio vitalicia (mg/kg/día)

CT = Concentración del toxico (mg/L)

Tc = Tasa de contacto (L/día)

B = Biodisponibilidad del toxico %

Texp = Tiempo de exposición (día/año)

Wc = Masa corporal (Kg)

Tv = Tiempo de vida (días)

## 2.7. Coeficiente de peligro

Bibliográficamente en la base de datos de la IRIS USEPA (2012), se determinó la Dosis oral de referencia crónica (oralDRf) del arsénico ( $3 \times 10^{-4}$  mg/kg/día), y del cadmio (0.06 mg/kg/día) la cual nos permitió determinar el coeficiente de peligro (CP).

$$CP = \frac{DDPV}{DRf}$$

Donde

CP= Coeficiente de peligro

DDPV= Dosis diaria promedio vitalicia mg/kg/día

DRf= Dosis oral de referencia mg/kg/día

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1. Cuantificación de arsénico y cadmio

TABLA 2. Cuantificación de As y Cd de las fuentes de agua abastecimiento de las comunidades Guanando y La Providencia, durante los meses de Junio a Septiembre del 2013.

Sitio de estudio	N de muestras		As mg/L	Cd mg/L
Guanando	32	n=2	0,0045	0,0034
La Providencia	32	n=2	0,0043	0,0033

n= Número de repeticiones

Durante el trabajo de laboratorio se realizó el análisis de las muestras de agua donde se analizaron los niveles de Arsénico y Cadmio.

Todos los valores reportados de los analitos de Arsénico y Cadmio tanto en la parroquia Guanando y La Providencia se encuentran dentro de los niveles permisibles dictados por legislación ecuatoriana TULSMA en el libro VI anexo I, en la TABLA 1. Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional (LMP As= 0,05 mg/L ; LMP Cd= 0,01 mg/L).

La prueba z que se realizó a un nivel de confianza del 95 % demostró que no existe una diferencia significativa entre las medias de los grupos entre la Parroquia Guanando y la Parroquia La Providencia.

### 3.2. Riesgo Toxicológico

Tabla 3. Cálculo de la dosis diaria promedio vitalicia DDPV

Sitio de estudio	DDPV mg/kg/día	As. DDPV mg/kg/día	Cd.
Guanando	$3,2 \times 10^{-5}$	$2,4 \times 10^{-4}$	
La Providencia	$3,0 \times 10^{-5}$	$2,3 \times 10^{-4}$	

DDPV= Dosis diaria promedio vitalicia

Se calculó la DDPV de Arsénico para las dos Parroquias donde obtuvimos un valor de  $3,2 \times 10^{-5}$  mg/Kg/día, en la Parroquia Guanando y un valor de  $3,0 \times 10^{-5}$  mg/Kg/día en la Parroquia La Providencia, y la DDPV de Cadmio para las dos parroquias donde obtuvimos un valor de  $2,4 \times 10^{-4}$  mg/Kg/día, en la Parroquia Guanando y un valor de  $2,3 \times 10^{-4}$  mg/Kg/día en la Parroquia La Providencia.

Estos valores fueron comparados con la base de datos de la IRIS EPA donde reporta Dosis Oral de referencia (Oral DRf) =  $3 \times 10^{-4}$  mg/Kg/día de Arsénico y una (Oral DRf)= 0,005 mg/Kg/día de Cadmio con este dato se calculó el coeficiente de peligro CP que se reporta en la Tabla 3.

Tabla 4. Determinación del coeficiente de peligro

Sitio de estudio	CP: As mg/L	CP: Cd mg/L
Guanando	0,11	0,04
La Providencia	0,10	0,04

CP= coeficiente de peligro

Se calculó el Coeficiente de Peligro en las distintas zonas de estudio como se puede observar en la tabla 3, valores inferiores al valor límite recomendado por la EPA (<1).

#### 4. CONCLUSIONES

- Se realizó el análisis de las muestras de agua obtenidas de las fuentes de abastecimiento de agua tanto para la Parroquia de Guanando como para la Parroquia La Providencia los resultados obtenidos se compararon con la legislación ecuatoriana TULSMA libro VI anexo I tabla 1, concluyendo que la concentración de Arsénico y Cadmio está dentro de los límites máximos permisibles establecidos por dichas normativas.
- Se realizó un plan de monitoreo durante cuatro meses para observar el comportamiento de los analitos Arsénico y Cadmio, donde el análisis estadístico determinó que no existe diferencia significativa.
- Se determinó la Dosis Diaria Promedio Vitalicia (DDPV) para las dos zonas de estudio, estos valores fueron comparados con la base de datos de la EPA donde reporta las Dosis Oral de referencia (Oral DRf) respectivas tanto para el arsénico como para el cadmio, determinándose el coeficiente de peligro CP con lo cual se concluye que la población de las Parroquias de Guanando y La Providencia no se encuentran en peligro de riesgo toxicológico ya que el Coeficiente de Peligro (CP) no es mayor a 1, límite recomendado por la EPA.

#### 5. BIBLIOGRAFÍA

- Arnold, E. (1992): "Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales" Editorial Días de Santos, Madrid.
- Basantes, E., Pino, P y Aragadvay, R.(2018): "Estudio toxicológico de las fuentes de agua de las comunidades Atapo Culebrillas y Santa Teresa por presencia de fluorosis dental", Revista Caribeña de Ciencias Sociales (abril 2018). En línea:

<https://www.eumed.net/rev/caribe/2018/04/estudio-agua-ecuador.html>  
[//hdl.handle.net/20.500.11763/caribe1804estudio-agua-ecuador](https://hdl.handle.net/20.500.11763/caribe1804estudio-agua-ecuador)

- Capo, M. (2007). "Principios de Ecotoxicología". Editorial Tebar, Madrid.
- Integrated Risk Information System (IRIS): "Cadmium". Disponible en: [https://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris\\_documents/documents/subst/0141\\_summary.pdf](https://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris_documents/documents/subst/0141_summary.pdf). Consultado en: 15/10/2016
- Method EPA 200.7 Revision 4.4 1994. Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry.
- ONU-DAES. (2014): Calidad del agua. Disponible en: <http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml>. Consultado en 20/02/2014 a las 16:30
- Repetto, M., y Repetto, G. (2009): "Toxicología Fundamental". Editorial Días de Santos, España.
- Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria TULSMA libro VI anexo I, tabla 1.
- Universidad de Arizona: Toxicología ambiental. Disponible en: <https://superfund.arizona.edu/content/121-toxicolog%C3%ADa-ambiental>. Consultado en 14/02/2014 a las 20:25