



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CADMIO MEDIANTE
ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA EN AGUA
POTABLE DE LA PROVINCIA EL ORO, 2020

BRAVO TORRES ZULLY VANESSA
BIOQUÍMICA FARMACÉUTICA

GARCIA LOJA WENDY YAMILETH
BIOQUÍMICA FARMACÉUTICA

MACHALA
2020



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

Determinación de la concentración de cadmio mediante
espectrofotometría de absorción atómica en agua potable de la
Provincia El Oro, 2020

BRAVO TORRES ZULLY VANESSA
BIOQUÍMICA FARMACÉUTICA

GARCIA LOJA WENDY YAMILETH
BIOQUÍMICA FARMACÉUTICA

MACHALA
2020



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

TRABAJO TITULACIÓN
TRABAJO EXPERIMENTAL

Determinación de la concentración de cadmio mediante espectrofotometría de absorción atómica en agua potable de la Provincia El Oro, 2020

BRAVO TORRES ZULLY VANESSA
BIOQUÍMICA FARMACÉUTICA

GARCIA LOJA WENDY YAMILETH
BIOQUÍMICA FARMACÉUTICA

SEGURA OSORIO MARISELA BRIGITTE

MACHALA, 07 DE MAYO DE 2020

MACHALA
2020

Nota de aceptación:

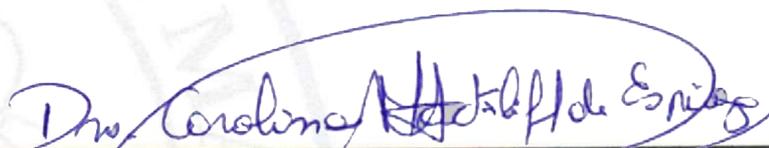
Quienes suscriben, en nuestra condición de evaluadores del trabajo de titulación denominado Determinación de la concentración de cadmio mediante espectrofotometría de absorción atómica en agua potable de la Provincia El Oro, 2020, hacemos constar que luego de haber revisado el manuscrito del precitado trabajo, consideramos que reúne las condiciones académicas para continuar con la fase de evaluación correspondiente.



SEGURA OSORIO MARISELA BRIGITTE
0704633692
TUTOR - ESPECIALISTA 1



LAM VIVANCO ADRIANA MERCEDES
0704798776
ESPECIALISTA 2



MACKLIFF JARAMILLO CAROLINA GRACE
0701549719
ESPECIALISTA 3

Machala, 07 de mayo de 2020

TITULACIÓN CADMIO AGUA POTABLE

INFORME DE ORIGINALIDAD

1 %

INDICE DE SIMILITUD

1 %

FUENTES DE INTERNET

0 %

PUBLICACIONES

1 %

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

Submitted to Universidad de Jaén

Trabajo del estudiante

<1 %

2

buleria.unileon.es

Fuente de Internet

<1 %

3

Michelle S Lemos, Giorgio C Venturieri, Heronides A Dantas Filho, Kelly G F Dantas. "Evaluation of the physicochemical parameters and inorganic constituents of honeys from the Amazon region", Journal of Apicultural Research, 2017

Publicación

<1 %

4

www.hindawi.com

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 15 words

Excluir bibliografía

Activo

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

Las que suscriben, BRAVO TORRES ZULLY VANESSA y GARCIA LOJA WENDY YAMILETH, en calidad de autoras del siguiente trabajo escrito titulado Determinación de la concentración de cadmio mediante espectrofotometría de absorción atómica en agua potable de la Provincia El Oro, 2020, otorgan a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tienen potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

Las autoras declaran que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

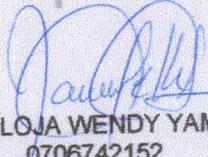
Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

Las autoras como garantes de la autoría de la obra y en relación a la misma, declaran que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asumen la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 07 de mayo de 2020


BRAVO TORRES ZULLY VANESSA
0706735453


GARCIA LOJA WENDY YAMILETH
0706742152

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, a mi madre, la Lcda. Shirley Loja Coello, ejemplo de persona, madre y compañera. A la Señora Rebeca Coello Romero, por su labor de madre durante el tiempo que Dios permitió forme parte de nuestras vidas. Quien moldeó la imagen, actitud y carácter, de sus hijos, nietos y cuanto ser fue en su vida, un ser querido.

A los señores, Ruani y Manuel Loja C, tíos, padres, hijos; que han portado el incentivo necesario, para continuar con el

- *Wendy Yamileth Garcia Loja*

Este trabajo se lo dedico a mis padres Jorge Bravo Reyes y Romelia Torres Condoy, que mediante su apoyo constante y ayuda he podido salir adelante y culminar este arduo camino de formación académica, a mi esposo que mediante su lucha diaria me ha ayudado en todo momento y me ha brindado su amor y apoyo incondicional. A mi hijo Deiver Paredes Bravo por ser ese motor que me impulsa a ser mejor día a día, a mis abuelitos, tíos, hermanos que han sido totalmente una base sólida durante este duro proceso.

- *Zully Vanessa Bravo Torres*

AGRADECIMIENTO

Queremos acercar nuestro agradecimiento, primero a Dios quién sembrando fortaleza y valor, hace posible que el rumbo de nuestra labor como estudiantes y futuros profesionales no pierda su rumbo, ni sentido. A nuestras familias, que sin duda ha sido pilar fundamental en economía, consejos, dirección y apoyo, durante el transcurso de los años de preparación académica; de forma especial, a las mujeres que nos dieron la vida, que durante cada etapa de formación inculcaron valores que hoy permiten sostener nuestro trabajo con dedicación y empeño.

Finalmente, a los docentes y guías, que con arduo trabajo lograron en sus estudiantes, un ejemplo total de vida y calidad de seres humanos.

RESUMEN

El Cadmio es generado de forma natural a través de erupciones volcánicas, o de forma antropogénica es decir inducido por el hombre con actividades como la industrial o minera. El Cd es removido tanto por precipitación o deposición, por erosión del suelo y luego por escurrimiento, es trasladado a fuentes de agua, como lagos, ríos, riachuelos y finalmente al mar.

Este elemento está esparcido de manera natural a través de toda la tierra en un nivel de concentrado de aproximadamente 0.1 mg/kg. En las rocas sedimentarias y magmáticas está debajo de 0.3 mg/Kg y son en cantidades afines para los depósitos de arcilla.

También se lo puede encontrar de manera antropogénica en los depósitos recargables de Níquel y Cadmio, en las incineraciones de los municipios, en los abonos con fosfatos, en desinfectantes y derivados del petróleo, se encuentra presente en la pigmentación y estabilización de materiales de plástico y el cloruro de polivinilo (PVC), en la pigmentación de pintura, galvanizado, en la refinación del Zn; en las fuentes de carácter natural mineral en las cenizas volcánicas y en los incendios forestales mediante la combustión la madera, carbón y petróleo; aproximadamente el 5 % de este metal se recicla y a causa del fácil desplazamiento que posee provoca gran contaminación ambiental.

Este metal causa daño a nivel renal principalmente generando disfunción de los túbulos renales, infección y edema pulmonar, náuseas vómitos y muchos más síntomas como también causando algún tipo de cáncer ya sea de próstata o de pulmón.

Nuestra investigación determina la presencia y las concentraciones de Cd en 2 cantones de la provincia del Oro como Santa Rosa debido a que en este cantón existe la contaminación de ríos por la minería ilegal que se está desarrollando y Machala por la deficiencia en lo que es el tratamiento de agua potable por la empresa encargada de la potabilización de la misma.

Las muestras fueron tomadas aleatoriamente en cinco barrios diferentes en cada cantón, tomando así cinco muestras en cada área completando 60 muestras representativas de las cuales fueron recolectadas y transportadas a una temperatura correspondiente para preservar la concentración del metal hasta los análisis correspondientes.

El método utilizado para obtener la concentración de cadmio en las muestras seleccionadas, fue la espectrofotometría de absorción atómica que se brinda la posibilidad de determinar la presencia de metal en varios tipos de modelo industrial mientras estas puedan ser disueltas. Este equipo especializado para indicar la presencia de sustancias de naturaleza alcalina, alcalinotérreo y metales pesados que se encuentren en varios tipos de muestras susceptibles a ser solubilizada. Las concentraciones que se logran estudiar oscilan desde un % hasta ppb ó 1 mg/Tm.

Al analizar las muestras de agua potable durante este proyecto, se logró determinar como resultado final que las cinco localidades escogidas para la detección del analito en estudio del cantón Santa Rosa (Cdla Las Palmeras, Barrio Atahualpa, Clda San Vicenre, Cdla. San Marcos, Barrio Jesus Coronel de Vite), y una de los sectores de Machala “Barrio los Sauces” se encuentran por encima del parámetro establecido por la OMS y de igual manera por la “Norma Técnica Ecuatorial INEN 1108 de los requisitos del agua potable”, 0,003 valor expresado en mgL^{-1} .

Estos resultados que se obtuvieron durante este estudio son alarmantes debido a la cantidad de metal presente en el agua potable del Cantón Santa Rosa lo que verifica que la minería ilegal que en ese cantón se realiza está afectando a toda la población lo cual a largo plazo generará muchos problemas de salud en lo ciudadanos de este cantón.

A diferencia del cantón Machala lo cual no representa un daño potencial en la salud de los ciudadanos machaleños ya que en este cantón no existe una contaminación exhaustiva del metal en estudio.

Palabras claves: agua, cadmio, contaminación, espectrofotometría, enfermedades

ABSTRACT

Cadmium is generated naturally through volcanic eruptions, or in an anthropogenic way, that is, man-induced with activities such as industrial or mining. The Cd is eliminated by precipitation or deposition, by soil erosion and then by runoff, it is transferred to water sources, such as lakes, rivers, streams and finally to the sea.

This element naturally extends throughout the earth at a concentrate level of approximately 0.1 mg / kg. In sedimentary and magmatic rocks it is below 0.3 mg / kg and they are in similar amounts for clay deposits.

It can also be found anthropogenically in rechargeable nickel and cadmium deposits, in municipal incinerations, in phosphate fertilizers, in disinfectants and petroleum derivatives, it is present in the pigmentation and stabilization of plastic materials and polyvinyl chloride (PVC) , in paint pigmentation, galvanized, in Zn refining; in natural mineral sources in volcanic ash and forest fires through the combustion of wood, coal and oil⁴; Approximately 5% of this metal is recycled and, due to its easy displacement, causes great environmental pollution.

This metal causes damage at the renal level, mainly generating renal tubule dysfunction, infection and pulmonary edema, nausea, vomiting and many more symptoms, in addition to causing some type of prostate or lung cancer.

Our investigation determines the presence and concentrations of Cd in 2 cantons of the province of El Oro as Santa Rosa, because in Santa Rosa there is pollution of the rivers due to the illegal mining that is being developed and Machala, due to the deficiency in what is The Treatment of drinking water by the company responsible for the purification.

The samples were taken at random in five different neighborhoods in each canton, thus taking five samples in each area, completing 60 representative samples of which were collected and transported at a corresponding temperature to preserve the metal concentration until the corresponding one was analyzed.

The method used to "determine the concentration of cadmium in these water samples" was "atomic absorption spectrophotometry", which offers the possibility of determining the presence of metals in various types of industrial samples while they can be dissolved. This specialized equipment indicates the presence of alkaline, alkaline earth and heavy metal substances found in various types of samples that can be solubilized. The concentrations that can be studied vary from% to ppb or 1 mg / Tm.

When analyzing the samples of drinking water during this project, it was possible to determine as a final result that the five locations chosen for the detection of the analyte in the study of the Santa Rosa canton (Cdl. Las Palmeras, Barrio Atahualpa, Cdl. San Vicente , Cdl. San Marcos, Barrio Jesus Coronel de Vite), and one of the sectors of Machala "Barrio los Sauces" are above the parameter established by the WHO and in the same way by the "Equatorial Technical Standard INEN 1108 of drinking water requirements ", 0.003 value expressed in mgL-1.

These results that were obtained during this study are alarming due to the amount of metal present in the drinking water of the Santa Rosa Canton, which verifies that the illegal mining that is carried out in that canton is affecting the entire population which in the long term will generate many health problems in the citizens of this canton.

Unlike the Machala canton, which does not represent a potential harm to the health of Machala citizens, since there is no exhaustive contamination of the metal under study in this canton.

Keywords: water, cadmium, contamination, spectrophotometry, diseases

ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	13
CAPITULO I	16
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
OBJETIVOS	16
1.1. OBJETIVO GENERAL	16
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
HIPÓTESIS	17
VARIABLES	17
3.1.Variable independiente	17
3.2.Variable dependiente	17
CAPÍTULO II	18
2.1.CADMIO	18
2.1.1. Aplicaciones del Cadmio	19
2.1.2. Fuentes de emisión del Cadmio	20
Fuentes Naturales	21
Fuentes antropogénicas	22
2.1.1. Cadmio en el medio	23
2.1.1. Cadmio en el agua	23
2.1.2. Normativa	24
2.1.3. Cadmio en el Ecuador y la Provincia de El Oro	24
En el Ecuador	24
En la “Provincia de El Oro”	25
2.2.Intoxicación por Cadmio	26
2.2.1. Tipos de intoxicación	26
Intoxicación crónica	26
2.2.2. Daños sistémicos	27
Sistema respiratorio	27
Sistema digestivo	27
2.2.3. Cadmio en embarazo y periodo de lactancia	28
2.1.Métodos analíticos para detectar metales pesados	28
2.1.1. Técnicas analíticas para cuantificar Cd en agua	28
Voltamperometría de redisolución anódica	29
Espectrometría de emisión óptica de plasma acoplado inductivamente	29
Espectrofotometría de masas plasmática acoplada inductivamente (ICP-MS)	29
Espectrofotometría de Absorción Atómica (AAS)	29
2.2.Equipo de Absorción Atómica“PERKIN-ELMER AANALYST 300”	30
CAPÍTULO III	31

DISEÑO METODOLÓGICO	31
2.1. Tipo de estudio	31
2.2. Unidad de análisis	31
2.3. Universo de la muestra	31
2.4. Área de estudio	32
2.5. Muestra	37
2.6. Materiales, Equipos y reactivos	37
2.6.1. Materiales	37
2.6.2. Equipos	38
2.6.3. Reactivos	38
2.7. Recolección de la muestra	38
2.7.1. Protocolo para la toma de muestra	38
2.3. Metodología	39
Software utilizados	39
CAPÍTULO IV	41
RESULTADOS	41
1. CONCENTRACIONES DE CADMIO EN AGUA POTABLE DE SANTA ROSA – MACHALA.	41
SANTA ROSA	42
MACHALA	47
2. ZONAS CON MAYOR CONCENTRACIÓN DE CADMIO	53
3. EVALUACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE CADMIO EN LAS MUESTRAS PROCESADAS FRENTE AL LÍMITE PERMISIBLE SEGÚN LAS NORMAS NACIONALES E INTERNACIONALES	54
DISCUSIÓN	57
CONCLUSIONES	59
RECOMENDACIONES	60
BIBLIOGRAFÍAS	61
ANEXOS	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características del Cadmio.	21
Tabla 2. Concentraciones de cadmio en agua potable de Santa rosa – Machala.	41
Tabla 3. Concentración de cadmio en las muestras de agua de la ciudadela las Palmeras - Santa Rosa	42
Tabla 4. Concentración de cadmio en las muestras de agua del barrio Atahualpa - Santa rosa.	43
Tabla 5. Concentración de cadmio en las muestras de agua del barrio San Vicente - Santa rosa.	44
Tabla 6. Concentración de cadmio en las muestras de agua de la ciudadela San Marcos - Santa Rosa	45
Tabla 7. Concentración de cadmio en las muestras de agua Ciudadela Jesús Coronel de Vite - santa rosa	46
Tabla 8. Concentración de cadmio en las muestras de agua del barrio los Sauces- Machala.	47
Tabla 9. Concentración de cadmio en las muestras de agua del barrio Urseza 2 sector 3- Machala.	48
Tabla 10. Concentración de cadmio en las muestras de agua de la Ciudadela las Brisas- Machala.	49
Tabla 11. Concentración de cadmio en las muestras de agua de la ciudadela Nuevo Pilo - Machala	50
Tabla 12. Concentración de cadmio en las muestras de agua de la Ciudadela Buenos Aires - Machala	51
Tabla 13. Media calculada de las concentraciones de Cadmio en las zonas de toma de muestra de Santa Rosa y Machala.	53
Tabla 14. Concentraciones de cadmio en las muestras procesadas frente al LMP según la OMS.	55

ÍNDICE DE ILUSTRACIÓN

Ilustración 1. "Fuentes de contaminación por metales pesados" Cd, Pb, Hg, As.	23
Ilustración 2. Espectrofotómetro PERKIN-ELMER AANALYST 300.	31
Ilustración 3. Cdla. Las Palmeras.	33
Ilustración 4. Barrio Atahualpa.	34
Ilustración 5. Barrio San Vicente Latitud.	34
Ilustración 6. Cdla. San Marcos.	35
Ilustración 7. Cdla. Jesús Coronel de Vite.	35
Ilustración 8. Los Sauces.	36
Ilustración 9. Urseza 2 sector 3.	37
Ilustración 10. Cdla las Brisas.	37
Ilustración 11. Cdla Nuevo Pilo.	38
Ilustración 12. Cdla Buenos Aires.	38
Ilustración 13. Concentración de Cadmio en agua potable de la Cdla. las Palmeras (Santa Rosa)	43
Ilustración 14. Concentración de Cadmio en agua potable Barrio Atahualpa(Santa Rosa)	44
Ilustración 15. Concentración de Cadmio en agua potable Barrio San Vicente (Santa Rosa)	45
Ilustración 16. Concentración de Cadmio en agua potable Ciudadela San Marcos (Santa Rosa)	46
Ilustración 17. Concentración de Cadmio en agua potable de la Ciudadela Jesús Coronel de Vite (Santa Rosa)	47
Ilustración 18. Concentración de Cadmio en agua potable de la Barrio Sauces (Machala)	48
Ilustración 19. Concentración de Cadmio en agua potable de la Barrio Urseza 2 Sector 3 (Machala)	49
Ilustración 20. Concentración de Cadmio en agua potable de la Ciudadela las Brisas (Machala)	50

Ilustración 21. Concentración de Cadmio en agua potable de la Ciudadela Nuevo Pilo (Machala)	51
Ilustración 22. Concentración de Cadmio en agua potable de la Ciudadela Buenos Aires (Machala)	52
Ilustración 23. Visión General de las concentraciones de Cadmio en las zonas de toma de muestra de Santa Rosa y Machala.	53
Ilustración 24. Concentración promedio de cada Sector de toma de muestra.	55
Ilustración 25. Concentraciones de cadmio en las muestras procesadas frente al LMP según la OMS	57
Ilustración 26. Representación de toma de muestra de agua potable.	67
Ilustración 27. Reconocimiento del equipo en función a la Determinación de Cadmio (lámpara de Cadmio)	67
Ilustración 29. Análisis de las muestras de agua potable.	68

INTRODUCCIÓN

La contaminación ambiental es uno de los temas más preocupantes a nivel mundial, principalmente cuando hablamos de contaminación por metales pesados, es por ello que algunos países intentan disminuir el riesgo y los daños producidos al medio ambiente; creando así leyes que cuiden tanto es suelo, como el aire y el agua; ya que directa o indirectamente estos ocasionan daños en la salud del hombre.

En el 2014 la Asamblea Nacional del Ecuador, en la “LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA”, de los “DERECHOS, GARANTÍAS Y OBLIGACIONES” establece que la comunidad ecuatoriana en su libre derecho al acceso y consumo de agua potable, tiene de conformidad exigir el saneamiento del medio ambiente y de zonas de abastecimiento de agua de consumo, que certifique así la salud y dignidad del hombre.

De allí surge la necesidad de los ecuatorianos de cuidar uno de los bienes más valiosos y usados, que brinde así mejor calidad de vida en la población. La Organización Mundial de la Salud, sitúa al Cadmio entre uno de las 10 sustancias químicas más dañinas a nivel mundial, siendo la misma OMS que establece como límite máximo permisible (LMP) 0,003mg/L, hay sin embargo otros estudios donde los límites permisibles son alternos, uno de los más observables es de 0,005mg/L; pero en este caso hemos tomado el valor de la OMS como referencia, tomando en cuenta la importancia que éste posee.

Este estudio está orientado a analizar uno de los principales contaminantes, como es el Cadmio; debido a su gran capacidad de bioacumulación es importante reconocer la forma en la que se distribuye por el medio ambiente, sea por depósitos de residuos a escala industrial por intervención del hombre, o por su fácil traslado a través de medios naturales, como las lluvias y el aire; además de que es útil conocer las principales fuentes; y los daños producidos en el organismo tras su exposición.

El Cadmio es un metal pesado, es tóxico para el organismo; es un xenobiótico, es decir un elemento que no es producido de forma natural en el organismo, y que adicional a esto, no posee ningún valor nutricional, se acumula en tejidos y es absorbido por vía respiratoria y digestiva. Uno de los medios principales además de la exposición constante en una rama industrial que trabaje con dicho metal, es el consumo de líquidos con presencia de Cadmio.

El objetivo principal del estudio es “Cuantificar los niveles de Cadmio en agua potable, en los cantones de Santa Rosa y Machala, mediante el método de absorción atómica, para verificar el grado de contaminación de estos cantones”; seguido de objetivos anexos como, medir la concentración de Cadmio en agua potable, determinar la cantidad existente de Cadmio en los cantones de Santa Rosa y Machala, y finalmente comparar los datos y verificar en cuál de los dos cantones existe mayor presencia de Cadmio”; tres de los objetivos que nos llevarán a lograr el Objetivo General mencionado.

La idea principal es medir las concentraciones de Cadmio y visualizar la posible alerta de contaminación, comparando los resultados de los análisis de muestras con el valor permisible sugerido por la OMS; ya que en al menos uno de los dos Cantones de estudio, se usa el agua potable dispensada a las viviendas como agua de consumo.

Estudios en el Ecuador demuestran la presencia de Cd en suelos y plantaciones agrícolas, como café, banano, y cacao, en las provincias de Santo Domingo, Manabí, Guayas. En aguas y sedimentos del Golfo de Guayaquil. En la Provincia de El Oro varios estudios realizados por la Universidad Técnica de Machala, por el área de agronomía y Ciencias químicas, se mostró la contaminación de muestras de bivalvos en el estero Huaylá, Santa Rosa y Machala.

En una rueda de prensa dirigida el mes de enero del presente año se dio a conocer las problemáticas que atraviesa el Cantón, al confirmar que tras estudios se ha encontrado la presencia de metales como As, Fe y Cd; análisis realizados por laboratorios aprobados por el SAE (Servicio de Acreditación Ecuatoriano). Mas sin embargo las publicaciones sobre estos

estudios son limitantes, otra de las razones para exponer y dar a conocer los resultados tras este estudio.

Los métodos más comunes para detección de Cadmio en agua, son la Voltamperometría de redisolución anódica, Espectrometría de emisión óptica de plasma acoplado inductivamente y la Espectrometría de Absorción Atómica (AAS); siendo este último el método seleccionado para realizar este estudio. Para el desarrollo del método se trabajó con un equipo de absorción atómica “Perkin Elmer Serie 300”, que funciona con el software “AA winlab”, el equipo cumple su función al permitir la detección de este metal, los niveles de concentración capaces de ser analizados pueden ser tanto en % como en partes por billón (ppb).

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿En qué medida el agua potable de los Cantones de Machala y Santa Rosa están contaminadas con cadmio?

OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

Cuantificar los niveles de cadmio en agua potable en los cantones de Santa Rosa y Machala, mediante el método de absorción atómica para verificar el grado de contaminación de estos cantones.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar la concentración de Cadmio en agua potable en los cantones de Santa Rosa y Machala.
2. Comparar las concentraciones del analito en estudio dentro de los cantones muestreados para determinar los sitios de mayor concentración.
3. Evaluar los niveles de cadmio de las matrices acuosas en estudio frente los valores de normas internacionales para agua potable.

HIPÓTESIS

El agua potable de los cantones de Machala y Santa Rosa está contaminada con Cadmio provocando una bioacumulación en el organismo de las personas que usan estas aguas para uso doméstico.

VARIABLES

3.1.Variable independiente

Muestras de agua potable

3.2.Variable dependiente

Concentración de Cadmio

CAPÍTULO II

2.1.CADMIO

Desde hace décadas, hablar de metales pesados es hablar de problemas directos al medio ambiente y daños para la salud los más preocupantes son el As, Cd, Hg y Pb¹, una vez que los metales pesados se asientan en el suelo, siguen vías que los insertan dentro de las cadenas tróficas².

El incremento de actividades del hombre, como las industriales, mineras, agrícolas, entre otros; han dado paso a la generación de contaminantes, mayoritariamente a causa de metales pesados en el suelo de todo el mundo³. Estos metales y derivados son tóxicos para las plantaciones, usando el agua como uno de los medios principales para su traslado y que facilita su absorción⁴; el paso y acumulación de éstos, es perjudicial para la salud, ya que se incorpora fácilmente en la cadena alimentaria³.

Es un metal relativamente raro en la naturaleza, de color blanco ligeramente azulado; es altamente inestable cuando se presenta en su estado de oxidación +1; no presente en forma pura, sino mas bien asociados a metales como el Zn, Pb y Cu ⁵.

El Cadmio presente tanto en aire, agua y alimentos tiene la capacidad de influir en la salud del ser humano, sobretodo de aquellos que habitan en zonas cercanas a la producción industrial⁶. Para la mayoría de los seres vivos la principal fuente de exposición al cadmio son los alimentos y el agua⁵.

Es además uno de los más grandes agentes contaminantes ambientales, ya que posee 4 características más temidas, el primero son los grandes efectos adversos que producen al ser

humano y el medio ambiente, el segundo es su gran capacidad de bioacumulación, el tercero es su increíble persistencia en el medio ambiente, y el cuarto pero no menos importante es la facilidad que posee para filtrarse y recorrer grandes distancias tanto por el viento como a través del agua⁷, es decir por su facilidad para ser movilizado y absorbido a través de la superficie terrestre de manera estable⁸, pudiendo así localizarse en diferentes sectores y consecuentemente ocasionar daños en la salud pública, principalmente para los sectores industrializados⁹.

Tabla 1. Características del Cadmio

Peso atómico	112
Densidad	8
Punto de ebullición	765
Punto de fusión	320,9
Número atómico	48

Fuente: “Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustria”⁵ lenntech¹⁰.

2.1.1. Aplicaciones del Cadmio

El cadmio es un metal utilizado para el funcionamiento y diseño de las baterías, se usa en la galvanización y para revestir superficies porque tiene mucha resistencia a la corrosión. Este metal también tiene una función de mordiente en lo que respecta a tintas e impresión en material de la industria textil y varias aplicaciones más¹¹. Pero cabe recalcar que este metal es tóxico e incluso en niveles bajos de concentración¹².

Causa diferentes problemas de salud en riñones, en lo que es la fertilidad tanto en hombres y mujeres, deprime el sistema inmunológico y al sistema nervioso, provoca en casos cáncer por la exposición a largo plazo. El Cd es bioacumulado sencillamente en los que animales del mar como en el pez, crustáceos y en las plantas acuáticas¹².

Es usado además, para la estabilización de PVC y diferente tipo de material plástico, para la pigmentación de vidrio e incluso plástico, esmalte, tinta de impresora, en material textil y en la industria de las joyas. También es usada comúnmente en la elaboración de fotoconductores y material solar fotoeléctricas, en la fotografías, litografías y todo lo que incluye el método de grabado, un uso de gran importancia es en el de las barras que controlan los reactores nucleares, que son elaboradas por la aleación de plata y Cadmio teniendo así la capacidad de absorber neutrones².

2.1.2. Fuentes de emisión del Cadmio

El Cadmio es generado de forma natural a través de erupciones volcánicas, o de forma antropogénica es decir inducido por el hombre con actividades como la industrial o minera¹³. Es removido tanto por precipitación o deposición, por erosión del suelo y luego por escurrimiento, es trasladado a fuentes de agua, como lagos, ríos, riachuelos y finalmente al mar¹⁴.

Ilustración 1. "Fuentes de contaminación por metales pesados" Cd, Pb, Hg, As



Fuente: “Pontificia Universidad Javeriana, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia”¹⁵.

Encontrar un río contaminado con Metales pesados, es una segura señal de que los sectores aledaños presentan cantidades significativas de los diferentes metales, como es el caso del Cadmio; el agua se convierte en el principal vehículo junto con otros factores ambientales para contaminación, el agua lleva consigo Cd, que a su vez puede ser filtrado por los suelos y absorbido por especie vegetal, o por defecto de forma directa por animales y seres humanos¹³.

“El Cd puede combinarse con otros elementos y formar compuestos tales como cloruros, óxidos y sulfuros, los cuales se unen fuertemente a las partículas del suelo permaneciendo en él por muchos años. Se estima que su vida media es de 15-30 años”¹³.

Fuentes Naturales

Este elemento está esparcido en toda la tierra en un nivel de concentración de aproximadamente 0.1 mg/kg. En las rocas sedimentadas y magmáticas no excede el 0.3 mg/kg y son en cantidades similares para los depósitos de arcilla⁹. Es un constituyente habitual en la mayor cantidad de los productos relacionados con el Zn, que en cantidades aproximadas pueden obtener entre 0.1 al 0.3 % de Cd⁹.

Los niveles altos de este metal en el suelo están íntimamente relacionados con la contaminación, o pueden ser originarios litológicos⁹. Como ejemplo tenemos las evidencias de hallazgos, donde fueron localizadas cantidades considerables de Cd en roca caliza en lugares de Francia relacionado a la edad jurásico¹⁶ (es el período geológico central de la conocida Era Mesozoica, y Cretácico).

Fuentes antropogénicas

Se encuentra en lo que son depósitos recargables de Níquel y Cadmio, en las incineraciones de los municipios, en los abonos con fosfatos, en desinfectantes y derivados del petróleo, se encuentra presente en la pigmentación y estabilización de materiales de plástico y el cloruro de polivinilo (PVC), en la pigmentación de pintura, galvanizado, en la refinación del Zn; en las fuentes de carácter natural mineral en las cenizas volcánicas y en los incendios forestales mediante la combustión la madera, carbón y petróleo¹⁷; aproximadamente el 5 % de este metal se recicla y a causa del fácil desplazamiento que posee provoca gran contaminación ambiental¹⁵.

La industria genera mucha contaminación, en el área de tecnológica, agraria, en las minas por el uso inconsciente de lo que son los abonos con sustancias químicas que son los que contaminan los suelos con los metales pesados¹⁸, estos metales se incorporan fácilmente a los vertientes de agua, en los alimentos, en la vegetación y en los animales, generando una deficiente sostenibilidad de la línea nutritiva, generando un riesgo potencial en las fauna y los

seres humanos, desencadenando una serie de complicaciones en el organismo de las personas y los animales⁵.

2.1.1. Cadmio en el medio

El cadmio (Cd), uno de los metales con más toxicidad presente en el medio, ya sea en aire, suelo o agua. Conocido además, como no esencial, ya que no se le atribuye ninguna función a nivel fisiológico; sin embargo, en la especie vegetal incita a cambios complejos a nivel genético, bioquímico y en su fisiología produciendo así fitotoxicidad, a causa de que se absorbe y distribuye de forma inmediata por medio del sistema vascular¹⁷. Por citar alguno de los efectos más evidentes en las plantas expuestas al Cd, son el incremento de en los niveles de la lipoperoxidación, es decir la degradación oxidativa que se da de los lípidos (proceso por el cual los radicales libres captan electrones de lípidos dentro de las membranas de las células); además de la lipoperoxidación se absorben los nutrientes esenciales¹⁹.

La contaminación provocada por las grandes industrias, por la tecnología, el sector agropecuario, minero y la utilización indiscriminada de una gran cantidad de abonos sintéticos sobre la superficie de suelos, éstos fácilmente se filtran a río, a la especie vegetal y animal, alterando así la fuerza de la cadena trófica, de esta manera provocan daños y riesgos en el medio ambiente y la comunidad⁵.

2.1.1. Cadmio en el agua

Este metal se encuentra en el medio acuático como un ion libre²⁰ o como un complejo asociado a medios orgánicos o inorgánicos. El cadmio soluble en agua se mueve en la corriente del afluente, pero las partículas de cadmio no solubles se sedimentan en depósitos.

Para la contaminación del agua se debe considerar diferentes factores como hidráulicos, químicos y microbiológicos que se relacionan entre si de una forma compleja. La dureza del agua influye en lo que respecta a la solubilidad del Cd^{2+} , el pH y los sulfuros coloidales presentes en el medio también intervienen en la solubilidad. Cuando el afluente de los ríos desfoga en el mar el Cd con valencia 2+ se une a diversas partículas que se suspenden y depositan en sedimentos, por lo cual se pueden localizar en lugares más cercanos de la costa. El cadmio puede movilizarse nuevamente al existir una variedad en lo que es el pH del agua⁹.

2.1.2. Normativa

Los límites máximos permisibles (LMP) de metales pesados tanto para agua, el suelo y los alimentos se encuentran registrados en las distintas normas, tanto nacionales como internacionales. A nivel internacional la OMS, y la normativa nacional “Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108” registran valores de concentración de Cadmio en agua potable de 0,003mg/L como LMP²².

2.1.3. Cadmio en el Ecuador y la Provincia de El Oro

En el Ecuador

En nuestro país se evidencio la existencia de Cd contaminando el suelo de los agricultores, en algunos estudios encontraron Cd presente en diversas plantaciones agrícola como los cultivos de café, palma africana, banano y plátano. De igual forma se encontró cadmio en cantidades elevadas en el suelo donde se encuentran los cultivos de cacao en diferentes provincias de el Ecuador entre las que destacan Esmeraldas, Santo Domingo, los Ríos, Manabi, y en la Provincia del Guayas²³. Respecto a estos niveles de Cadmio en el suelo donde se existían sembríos de cacao se determinó la cantidad de 0.66 – 2.59 mg/kg en la Provincia del Guayas²³.

También existen reportes y evidencia de una cuantiosa escala de contaminación por Cd en el conocido Golfo de Guayaquil una de las áreas con más producción en el perfil costanero noroeste de América del Sur. También se ha encontrado altos niveles de presencia en la Reserva Ecológica “Manglares Churute”²⁴.

En la “Provincia de El Oro”

En una publicación realizada en agosto del 2017, se dieron a conocer resultados sobre la presencia de Cd en muestras de bivalvos (especie de moluscos) que fueron tomadas en la parte intermedia del estero Huaylá, que se encuentra aproximadamente a 2 km de donde desemboca el estero de Santa Rosa, donde fueron analizados dos tipos de Bivalvos, el uno el *Anadara Tuberculosa* y *Anadara Similis*, en el caso del *A. Similis* se trabajó con dos tamaños, el uno presentó 1,05 mg/kg, y el otro 1,38 mg/kg²⁵.

Así también con los de la especie de *A. tuberculosa* el primer grupo con concentraciones promedio de 1,38 y el segundo con aproximación de 2,05 mg/kg, así todas las muestras se encuentran por encima del límite permisible de 1mg/kg, dado por las Normas de la Unión Europea²⁵.

2.2.Intoxicación por Cadmio

2.2.1. Tipos de intoxicación

Intoxicación aguda

Cuando existe una intoxicación por cadmio a nivel agudo puede presentar una cantidad de problemas de salud. Como por ejemplo infección y edema en pulmones, problemas gastrointestinales, náuseas, vomito, dolor en la parte abdominal, diarrea y fallas en el sistema renal⁵.

Después genera muchos más inconvenientes debido a que a este nivel ya podría afectar a nivel cromosómico generando efectos teratógenos o malformaciones, genera daños en lo que son los túbulos renales del riñón el cual puede irse acumulando hasta 30 años⁵.

Intoxicación crónica

Cuando se expone a nivel crónico se genera problemas a nivel de la sangre como anemia, daño en las funciones del riñón, cálculos renales, desgaste en la osificación de huesos, mala absorción de Ca y P, problemas respiratorios, aumento de la presión, alteraciones en el sistema nervioso “dolores de cabeza, pérdida de equilibrio, trastornos de sueño, temblores, sudoración excesiva, debilidad parcial de músculos, movimientos involuntarios de los músculos”, existe un incremento de pérdida de peso y deficiencia en el apetito, genera cáncer en la próstata y en el pulmón⁵.

2.2.2. Daños sistémicos

La OMS define que la presentación y los signos de severidad de la presencia de signos, síntomas y daños en el organismo tienen relación en las cantidades a las que han sido expuestos, el periodo de tiempo y también en medio de entrada por el cual el metal ingreso al organismo⁵.

Sistema respiratorio

Se absorbe altamente en los pulmones generando así un daño más rápido cuando este metal ingresa mediante la respiración²⁶. Ha sido relacionado íntimamente con el cáncer de pulmón y genera deterioro en los huesos tanto en personas como en animales¹⁷. La ingesta diaria incapaz de causar daño es 0.15 ug de Cadmio proveniente del aire¹⁷.

Sistema digestivo

Este metal se acumula en los órganos del ser humano, principalmente en los riñones causando una elevación de la presión arterial²⁷. Puede generar daño renal, una ingesta diaria de 0.1 ug Cd en agua, no es capaz de producir daños por su consumo²⁸. Las personas que suelen fumar aproximadamente unos 20 cigarrillos pueden estar ingresando a su organismo una medida de 2 a 4 ug de cadmio²⁹.

Se ha asociado al cadmio con la presencia de cáncer en los animales usados para experimentación y en los seres humanos está relacionado también a lo que respecta al cáncer de próstata¹⁷.

Los metales pesados como el Hg, Pb y el Cd se encuentran entre los más dañinos debido a que no hay establecidas rutas metabólicas en el organismo de los seres humanos¹⁷.

2.2.3. Cadmio en embarazo y periodo de lactancia

El Cd tiene la capacidad de afectar una de las funciones vitales para las mujeres, que es la función placentaria, con la capacidad de atravesar la barrera trofoblástica y ocasionar así daños en el desarrollo del embrión; además de que puede eliminarse por la leche afectando al desarrollo del recién nacido⁶.

2.1.Métodos analíticos para detectar metales pesados

Hay diversos métodos para detección de metales pesados, en gran cantidad son usados las técnicas electroquímicas y espectrométricas, dentro de las cuales las más usadas son, la espectrometría de absorción atómica con llama, con horno de grafito, con emisión de vapores fríos, entre otros³⁰.

2.1.1. Técnicas analíticas para cuantificar Cd en agua

Generalmente para poder determinar la presencia de Cadmio se usan dos técnicas analíticas, como es el caso de la espectrofotometría de absorción y emisión atómica³¹.

Voltamperometría de redisolución anódica

Este método da la posibilidad de realizar los análisis de muestras in situ, gracias a que el equipo es portátil y su fácil uso lo convierte en uno de los métodos más factibles³².

Espectrometría de emisión óptica de plasma acoplado inductivamente

Esta técnica “plasma acoplada inductiva (Inductively Coupled Plasma)” tiene como principio la ionización de átomos analizados para lograr ser detectados por técnicas como la “espectroscopía óptica de emisión (ICP-OES optical emission spectroscopy) o la también conocida como espectroscopía de emisión atómica (atomic emission spectroscopy ICP-AES)”³³.

Espectrofotometría de masas plasmática acoplada inductivamente (ICP-MS)

Tiene la capacidad de determinar cuantitativamente casi todos los elementos químicos con potenciales de ionización menores al del argón; además de que posee una alta sensibilidad³⁴.

Se basa en el acoplamiento de un método para generar iones (plasma acoplado inductivamente) y un método para separar y detectar los iones (espectrómetro de masas)”³⁴.

Espectrofotometría de Absorción Atómica (AAS)

En química analítica, cuando se habla de “espectrometría de absorción atómica”, se refiere a un método capaz de detectar la concentración de algún metal determinado; la grandeza de este método es que los equipos cuentan con la posibilidad de analizar hasta 62 metales diferentes de una solución³⁵.

2.2. Equipo de Absorción Atómica “PERKIN-ELMER AANALYST 300”

El equipo cuenta con una lámpara de deuterio, frecuentemente usada en espectroscopia cuando hay la necesidad del uso de un espectro continuo en la luz ultravioleta emitida³⁶. Cuenta con un motor manipulado por el computador, que cuenta con ruedas de seis lámparas para la detección de elementos que sean necesarios³⁶.

Este equipo además brinda la posibilidad de determinar la presencia de una gran cantidad de metales, así por ejemplo los metales de baja densidad del grupo 1 de la tabla, los alcalino térreos y metales pesados como el metal en estudio "Cadmio"; dispuestos en diversos tipos de muestras líquidas. Niveles analizados de concentración ya sea en porcentajes como en partes por billón.³⁶.

Ilustración 2. Espectrofotómetro PERKIN-ELMER AANALYST 300



Fuente: “Red de Investigación Transfronteriza Extremadura - Centro – Alentejo”³⁶.

CAPÍTULO III

DISEÑO METODOLÓGICO

2.1. Tipo de estudio

Se ha desarrollado un estudio de carácter descriptivo, transversal y de campo, descriptivo debido al enfoque sobre las características del metal, así como el valor permisible de acuerdo a la normativa aun vigente. Un estudio transversal, por el enfoque del análisis dirigido a un periodo corto de tiempo. Continuando así con un estudio de campo para poder encontrar los valores en concentración de Cadmio en agua potable tanto del Cantón Santa Rosa como el Cantón Machala.

2.2. Unidad de análisis

Para el análisis se tomaron 60 muestras de agua potable, de las cuales 30 fueron recogidas de la Ciudad de Santa Rosa y las otras 30 muestras de la Ciudad de Machala.

2.3. Universo de la muestra

Se escogieron muestras simples, recolectadas de un total de diez sectores, así por ejemplo contamos con cinco sectores de la Ciudad de Santa Rosa y otros cinco de la ciudad de Machala; de donde fueron seleccionadas 6 muestras representativa de cada sector, teniendo así un total de 30 muestras analizadas para el Cantón Santa Rosa y 30 para el Cantón Machala; la selección de las zonas fue aleatoria, escogiendo sin embargo más las zonas rurales y medianamente urbanas.

2.4. Área de estudio

El área de estudio fueron 5 barrios del cantón Santa Rosa y 5 barrios del Cantón Machala.

Santa Rosa:

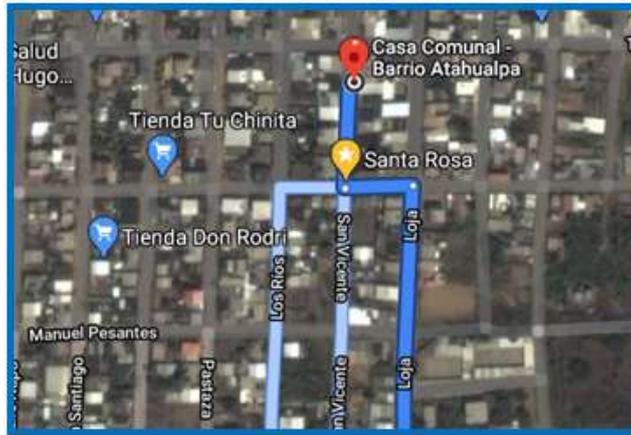
Cdla. Las Palmeras: Latitud -3.464533 y longitud -79.967337, **Barrio Atahualpa:** Latitud -3.458731 y longitud -79.966784, **Barrio San Vicente:** Latitud -3.457495 y longitud -79.966768, **Cdla. San Marcos:** Latitud -3.459243 y longitud -79.973300, **Cdla. Jesús Coronel de Vite:** Latitud -3.476052, longitud -79.967831.

Ilustración 3. Cdla. Las Palmeras



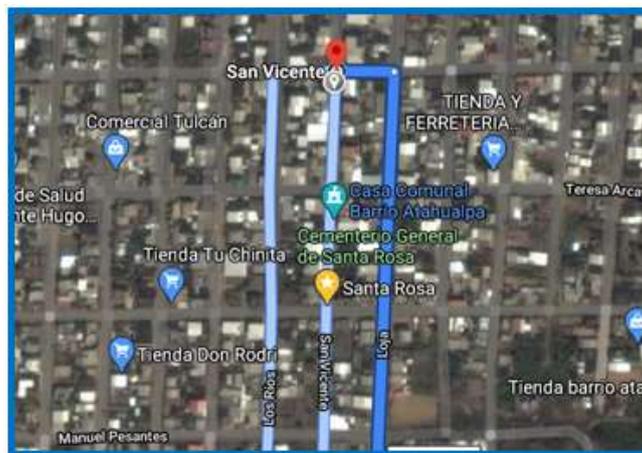
*Fuente: Google Maps*³⁷

Ilustración 4. Barrio Atahualpa



Fuente: Google Maps³⁷

Ilustración 5. Barrio San Vicente Latitud



Fuente: Google Maps³⁷

Ilustración 6. Cdla. San Marcos



Fuente: *Google Maps*³⁷

Ilustración 7. Cdla. Jesús Coronel de Vite

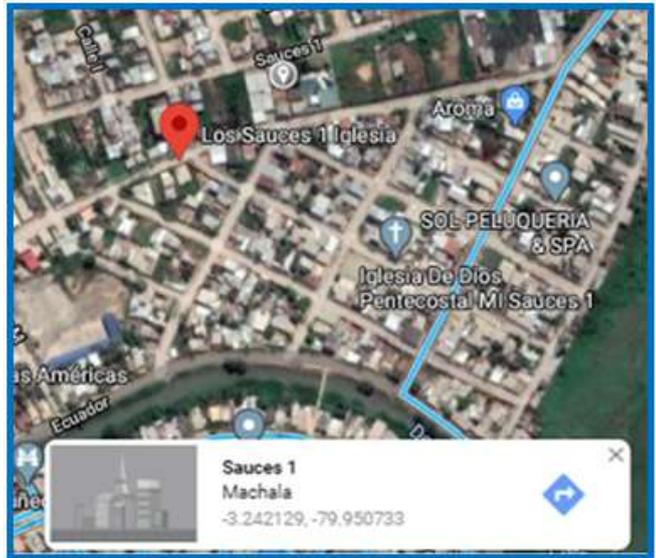


Fuente: *Google Maps*³⁷

Machala:

Sauces 1: Latitud -3.242129 y longitud -79,950733, **Urseza 2 sector 3:** Latitud -3,241125 longitud -79,939436, **Cdla las Brisas:** Latitud -3,269795 longitud -79,945450, **Cdla Nuevo Pilo:** Latitud -3,273805 longitud 79,966481, **Cdla Buenos Aires:** Latitud -3,252429 longitud 79,964296

Ilustración 8. Los Sauces



Fuente: *Google Maps*³⁷

Ilustración 9. Urseza 2 sector 3



Fuente: *Google Maps*³⁷

Ilustración 10. Cdla las Brisas



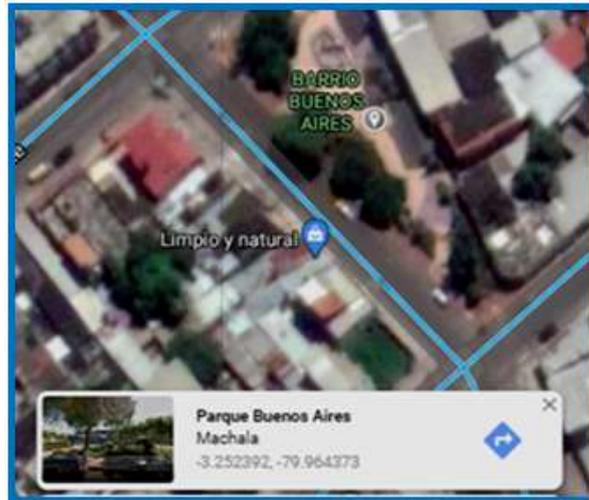
Fuente: *Google Maps*³⁷

Ilustración 11. Cdla Nuevo Pilo



Fuente: *Google Maps*³⁷

Ilustración 12. Cdla Buenos Aires



Fuente: *Google Maps*³⁷

2.5. Muestra

Agua potable de las ciudades de Machala y Santa Rosa.

2.6. Materiales, Equipos y reactivos

2.6.1. Materiales

- Vaso de precipitación de 250ml y 500ml
- Espátula
- Frascos de muestras con tapa rosca
- Hielera portátil T-13
- Placas eutécticas
- Termómetro digital

– Cinta parafilm

2.6.2. Equipos

Espectrofotómetro “PERKIN-ELMER AANALYST 300”, con lámpara de deuterio.

Computador de escritorio

2.6.3. Reactivos

Patrón de Cadmio marca “Inorganic Ventures”

2.7. Recolección de la muestra

Se escogieron muestras simples, recolectadas de un total de diez sectores, así por ejemplo contamos con cinco sectores de la Ciudad de Santa Rosa y otros cinco de la ciudad de Machala, de los cuales se tomaron cinco muestra representativa de cada sector, para que los dato promedio sean cuantificables, teniendo así un total de 30 muestras analizadas para el Cantón Santa Rosa y 30 para el Cantón Machala; la selección de las zonas fue aleatoria, escogiendo sin embargo las zonas rurales y medianamente urbanas.

2.7.1. Protocolo para la toma de muestra

Las consideraciones a tomar en cuenta para una buena toma de muestra de agua potable:

En primera instancia, el recipiente donde fue administrada la muestra, era un frasco hermético tapa rosca; una vez adquirida la muestra, se procedió a sellar con cinta parafilm, para asegurar su seguridad, impedir el paso de contaminantes y filtraciones de otros líquidos.

Las muestras fueron conservadas previo al análisis en un contenedor portátil de frío, con sus respectivas placas eutécticas para asegurar el mantenimiento de la temperatura (La T° recomendada es de $<6^{\circ}\text{C}$).

Para culminar fueron transportadas al laboratorio Metalúrgico METALOR, donde se procedió al análisis de las mismas.

2.3. Metodología

Se utilizó un equipo de absorción atómica Perkin Elmer Serie 300 formado por un sistema de quemado para generar una llama de acetileno que transmite sobre un 10 % de radiación visible.

El equipo es conectado al CPU y funciona con el software “AA winlab”, donde se elige el metal a analizar, siendo este el caso del Cadmio, y establecer la longitud de onda con la que trabajara, entre otros parámetros.

El equipo al analizar marca los resultados de las concentraciones requeridas en la pantalla del ordenador, así apreciamos que muestras sobrepasan el límite permisible.

Software utilizados

Para la representación gráfica de los resultados se utilizó el software “Microsoft Excel”, donde se detallan los datos obtenidos, y representando las muestras con diferente color.

Para cuantificar datos estadísticos como la Media estadística y los porcentajes de aparición, la herramienta digital utilizada fue el programa “IMB SPSS Statistics”.

Finalmente el software anexo al equipo de absorción atómica “AA winlab” donde se visualiza la concentración del metal de interés, siendo este el caso del Cadmio.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

1. CONCENTRACIONES DE CADMIO EN AGUA POTABLE DE SANTA ROSA – MACHALA.

Tabla 2. Concentraciones de cadmio en agua potable de Santa rosa – Machala.

ZONAS DE MUESTREO											
MES	MUESTRA	LAS PALMERAS	ATAHUALPA	SAN VICENTE	SAN MARCOS	EL CORONEL VITE	LAUCES	ZONA 2 SECTOR 3	LAS BRISAS	LA VOPILO	LOS AIRES
D	MAP 1	0,005	0,004	0,004	0,003	0,004	0,003	0,002	0,002	0,002	0,001
	MAP 2	0,004	0,004	0,005	0,004	0,005	0,003	0,001	0,002	0,001	0,001
	MAP 3	0,004	0,005	0,003	0,002	0,005	0,003	0,001	0,001	0,001	0,001
E	MAP 4	0,004	0,003	0,005	0,003	0,005	0,003	0,001	0,001	0,001	0,001
	MAP 5	0,005	0,004	0,005	0,004	0,004	0,004	0,001	0,002	0,001	0,001
	MAP 6	0,004	0,005	0,005	0,004	0,005	0,003	0,001	0,002	0,002	0,002

**Los valores están expresados en mg/L*

MES; D: Diciembre, E: Enero

MAP: "Muestra de Agua potable"

Descripción: en la **tabla 2**, se evidencia los resultados de concentraciones de Cadmio en agua potables, tomadas de los Cantones de Santa Rosa (Cdla. las Palmeras, Barrio Atahualpa,

Barrio San Vicente, Cdla. San Marcos, Cdla. Jesús Coronel Vite) y Machala (Barrio Sauces, Barrio Urseza 2 Sector 3, Ciudadela las Brisas, Barrio Nuevo Pilo, Cdla. Buenos Aires).

SANTA ROSA

Tabla 3. Concentración de cadmio en las muestras de agua de la ciudadela las Palmeras - Santa Rosa

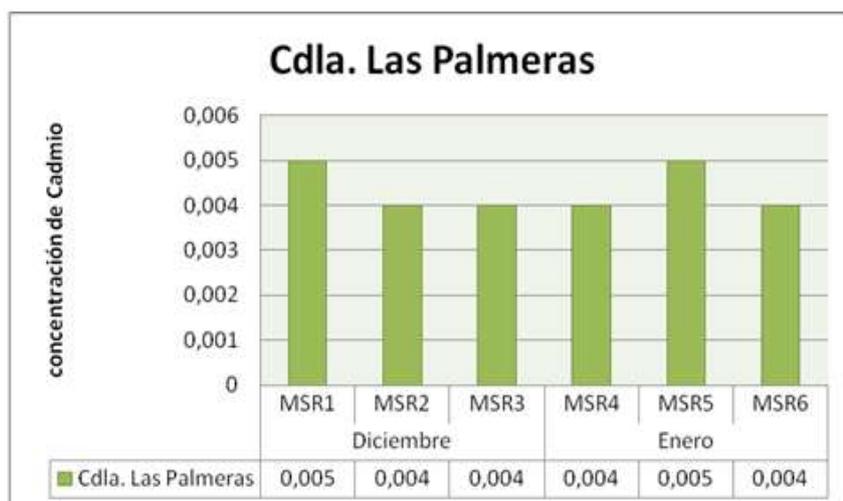
CIUDADELA LAS PALMERAS

	Diciembre				Enero	
CÓDIGO DE MUESTRA	MSR1	MSR2	MSR3	MSR4	MSR5	MSR6
CONCENTRACIONES	0,005	0,004	0,004	0,004	0,005	0,004

**Los valores están expresados en mg/L*

MSR: “Muestra de Santa Rosa”

Ilustración 13. Concentración de Cadmio en agua potable de la Cdla. las Palmeras (Santa Rosa)



Descripción: La **ilustración 13** es una representación visual con gráfica de columnas, en la que se observa los valores de concentraciones de Cd en muestras de agua potable; las

muestras de cada sector fueron codificadas; al ser 6 muestras los códigos fueron (MSR1...MSR6), las muestras del 1 al 3 corresponden al mes de diciembre, mientras las muestras 4,5 y 6 son las correspondientes al mes de Enero.

Tabla 4. Concentración de cadmio en las muestras de agua del barrio Atahualpa - Santa rosa

BARRIO ATAHUALPA

	Diciembre			Enero		
CÓDIGO DE MUESTRA	MSR1	MSR2	MSR3	MSR4	MSR5	MSR6
CONCENTRACIONES	0,004	0,004	0,005	0,003	0,004	0,005

**Los valores están expresados en mg/L*

Ilustración 14. Concentración de Cadmio en agua potable del Barrio Atahualpa (Santa Rosa)



Descripción: En esta ilustración se encuentran representadas las concentraciones de Cadmio que fueron encontradas en el Barrio Atahualpa, tal como se muestra en la Tabla 4, las

concentraciones obtenidas en el mes de diciembre son 0.004, 0.004, 0.005; en el mes de enero las concentraciones fueron 0.003, 0.004 y 0.005. La concentración más alta es 0,005 y la mínima 0,003 mg/L.

Tabla 5. Concentración de cadmio en las muestras de agua del barrio San Vicente - Santa rosa

BARRIO SAN VICENTE

	Diciembre			Enero		
CÓDIGO DE MUESTRA	MSR1	MSR2	MSR3	MSR4	MSR5	MSR6
CONCENTRACIONES	0,004	0,005	0,003	0,005	0,005	0,005

**Los valores están expresados en mg/L*

Ilustración 15. Concentración de Cadmio en agua potable del Barrio San Vicente (Santa Rosa)



Descripción: en el Barrio San Vicente del Cantón Santa Rosa tenemos un valor considerable de repetitividad en cuanto al valor de concentración 0,005 mg/L el cual se encontró en el muestreo del mes de enero, y no en el mes de Diciembre “**Ilustración 15**”.

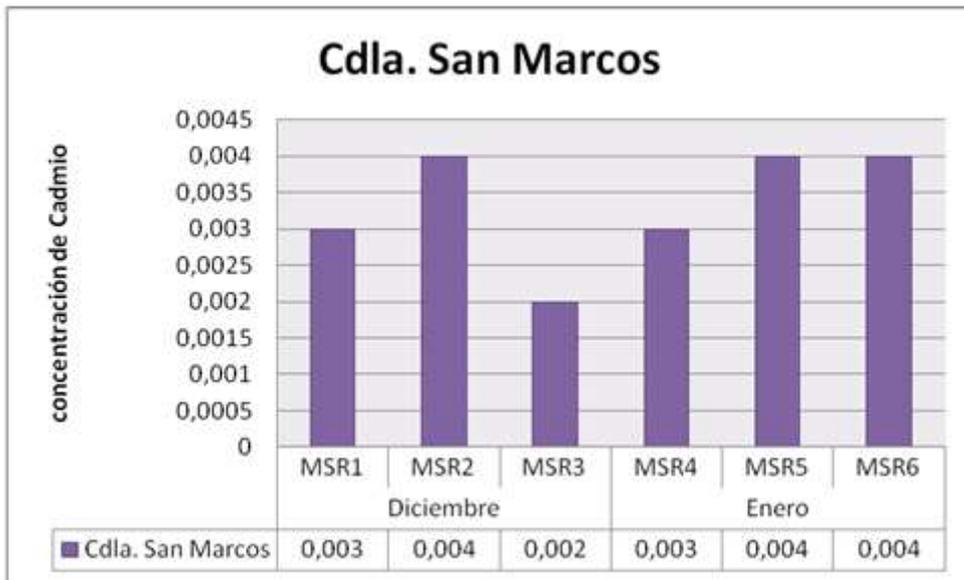
Tabla 6. Concentración de cadmio en las muestras de agua de la ciudadela San Marcos - Santa Rosa

CIUDADELA SAN MARCOS

	Diciembre			Enero		
CÓDIGO DE MUESTRA	MSR1	MSR2	MSR3	MSR4	MSR5	MSR6
CONCENTRACIONES	0,003	0,004	0,002	0,003	0,004	0,004

**Los valores están expresados en mg/L*

Ilustración 16. Concentración de Cadmio en agua potable de la Ciudadela San Marcos (Santa Rosa)



Descripción: el valor de concentración de Cadmio más evidente es el 0,004; siendo además el valor máximo de concentración en esta zona, y el valor mínimo de concentración es 0,002 “Tabla 6” “Ilustración 16”.

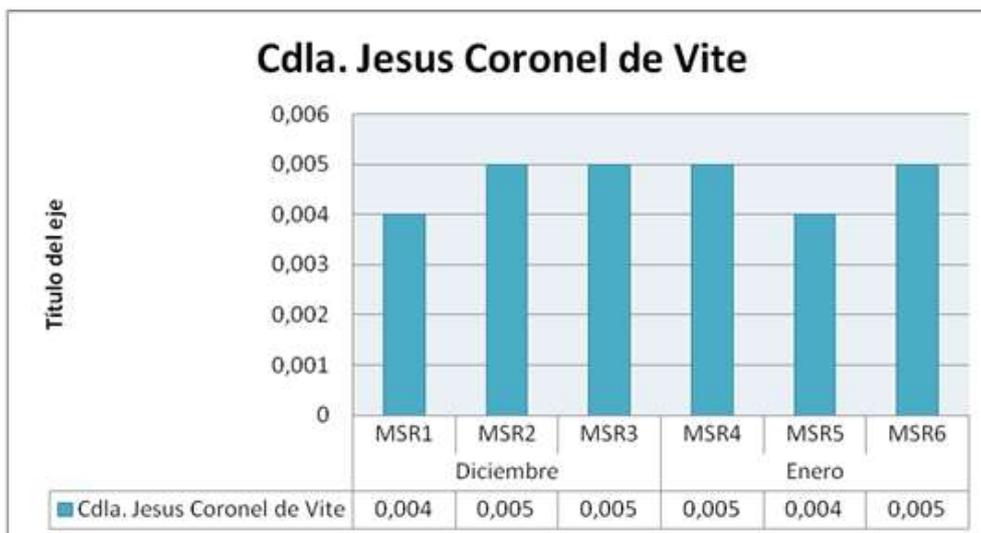
Tabla 7. Concentración de cadmio en las muestras de agua Ciudadela Jesús Coronel de Vite - santa rosa

CIUADELA JESUS CORONEL DE VITE

	Diciembre			Enero		
CÓDIGO DE MUESTRA	MSR1	MSR2	MSR3	MSR4	MSR5	MSR6
CONCENTRACIONES	0,004	0,005	0,005	0,005	0,004	0,005

**Los valores están expresados en mg/L*

Ilustración 17. Concentración de Cadmio en agua potable de la Ciudadela Jesús Coronel de Vite (Santa Rosa)



Descripción: la **Ilustración 17** refleja las concentraciones obtenidas durante los meses de diciembre y enero. El grupo de concentraciones obtenidas de Cd fueron 0.004, 0.005, 0.005, 0.005, 0.004, 0.005 como total de ambos meses.

MACHALA

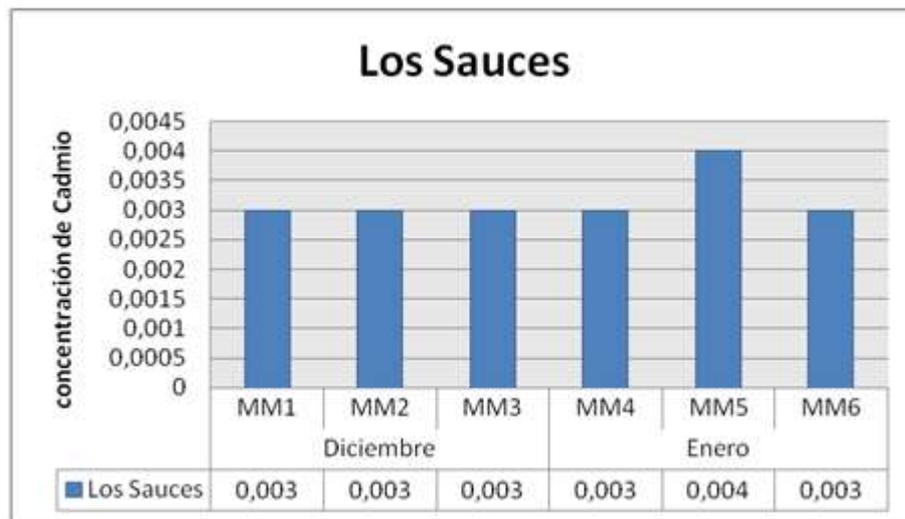
Tabla 8. Concentración de cadmio en las muestras de agua del barrio los Sauces- Machala

BARRIO SAUCES

	Diciembre			Enero		
CÓDIGO DE MUESTRA	MM1	MM2	MM3	MM4	MM5	MM6
CONCENTRACIONES	0,003	0,003	0,003	0,003	0,004	0,003

**Los valores están expresados en mg/L*

Ilustración 18. Concentración de Cadmio en agua potable de la Barrio Sauces (Machala)



Descripción: Barrio los Sauces presenta resultados similares entre sí en las muestras procesadas, es decir 0,003 ppm difiriendo solo una muestra con este valor.

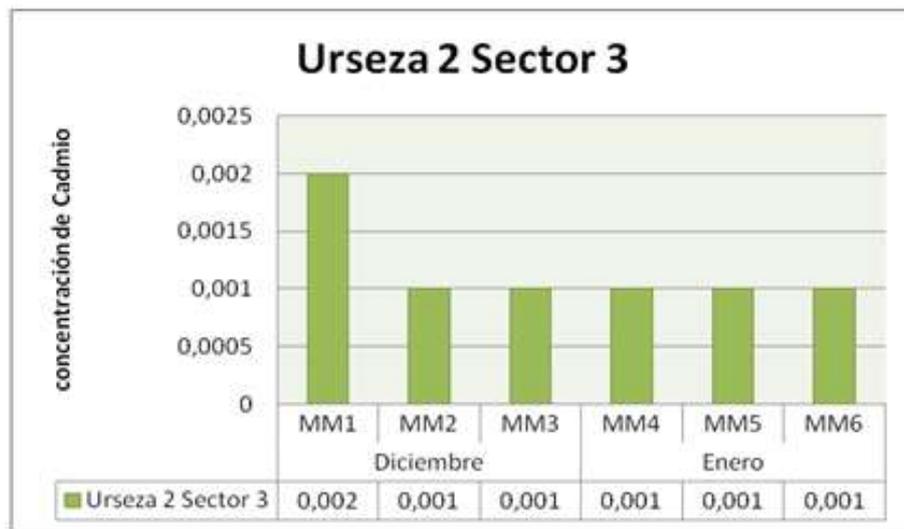
Tabla 9. Concentración de cadmio en las muestras de agua del barrio Urseza 2 sector 3-Machala

BARRIO URSEZA 2 SECTOR 3

	Diciembre			Enero		
CÓDIGO DE MUESTRA	MM1	MM2	MM3	MM4	MM5	MM6
CONCENTRACIONES	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001

**Los valores están expresados en mg/L*

Ilustración 19. Concentración de Cadmio en agua potable de la Barrio Urseza 2 Sector 3 (Machala)



Descripción: en esta gráfica se evidencia los resultados obtenidos en el Barrio Urseza 2 Sector 3, en los meses de diciembre y enero. Valores obtenidos son relativamente bajos.

Tabla 10. Concentración de cadmio en las muestras de agua de la Ciudadela las Brisas-Machala

CIUDADELA LAS BRISAS

	Diciembre				Enero	
CÓDIGO DE MUESTRA	MM1	MM2	MM3	MM4	MM5	MM6
CONCENTRACIONES	0,002	0,002	0,001	0,001	0,002	0,002

**Los valores están expresados en mg/L*

Ilustración 20. Concentración de Cadmio en agua potable de la Ciudadela las Brisas (Machala)



Descripción: en la **ciudadela las Brisas** del Cantón Machala diciembre y enero presentaron los mismos resultados entre sí, el mes de diciembre dos muestras con 0,002 y una muestra de 0,001, en el mes de enero se obtuvo los mismos resultados.

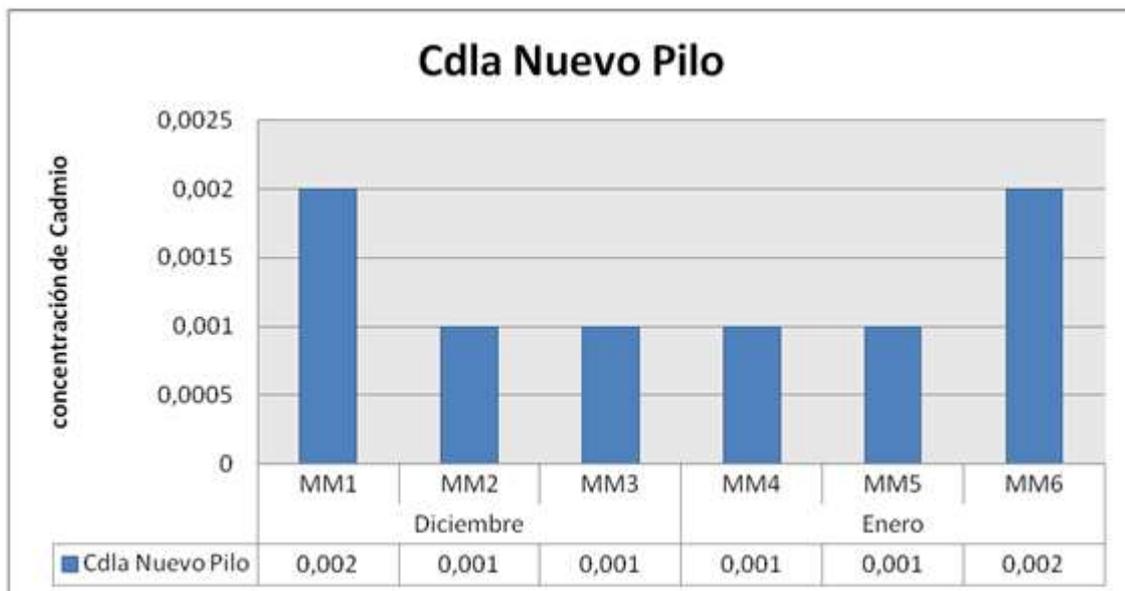
Tabla 11. Concentración de cadmio en las muestras de agua de la ciudadela Nuevo Pilo - Machala

CIUDADELA NUEVO PILO

	Diciembre			Enero		
CÓDIGO DE MUESTRA	MM1	MM2	MM3	MM4	MM5	MM6
CONCENTRACIONES	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002

**Los valores están expresados en mg/L*

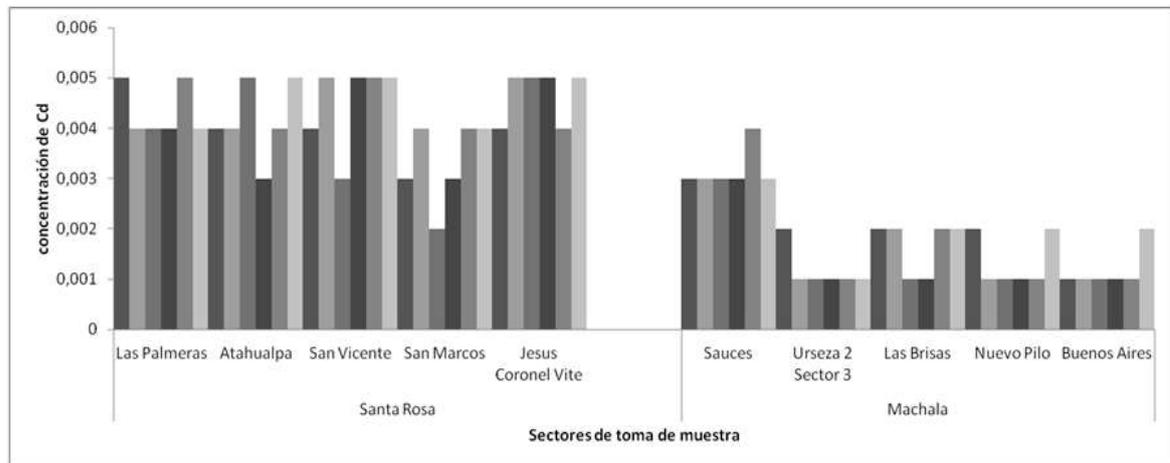
Ilustración 21. Concentración de Cadmio en agua potable de la Ciudadela Nuevo Pilo (Machala)



Descripción: en la ciudadela Buenos Aires los resultados fueron 0,001 para cuatro pruebas, y una sola de 0,002 dada en el mes de enero. Mostrando así con eficacia los resultados al ser básicamente exactos.

2. ZONAS CON MAYOR CONCENTRACIÓN DE CADMIO

Ilustración 23. Visión General de las concentraciones de Cadmio en las zonas de toma de muestra de Santa Rosa y Machala.



Descripción: La “**Ilustración 23**” es una Visión general de las 60 muestras analizadas, donde se puede apreciar según la gráfica situándose en el lado izquierdo las muestras del Cantón Santa Rosa donde la mayor parte de las muestras marcan las zonas más altas de concentración en la Tabla.

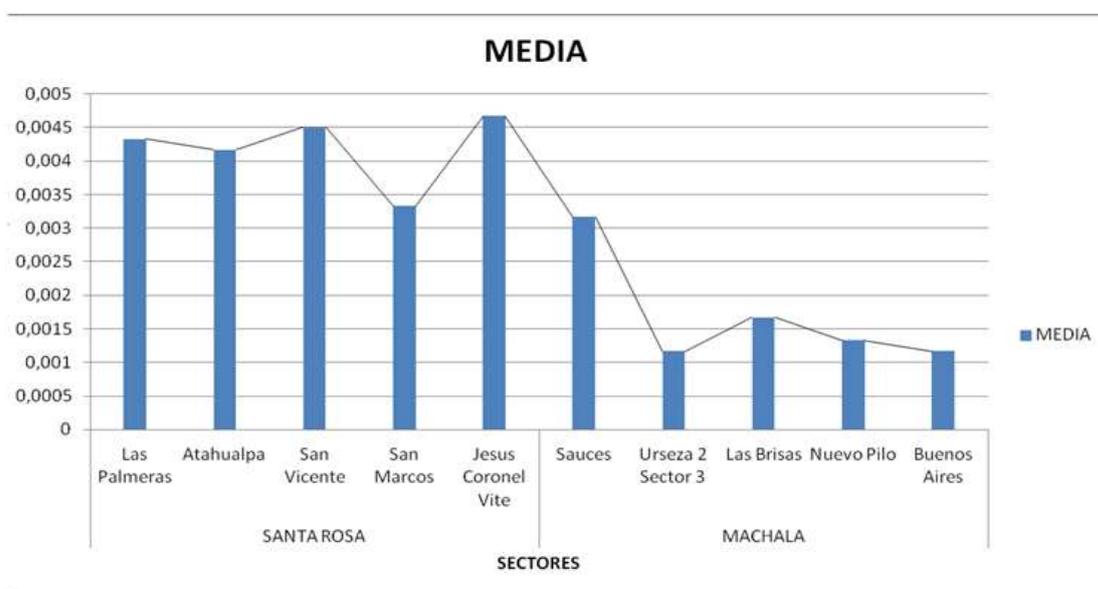
Tabla 13. Media calculada de las concentraciones de Cadmio en las zonas de toma de muestra de Santa Rosa y Machala.

MEDIA ESTADÍSTICA DE LOS SECTORES ANALIZADOS

	LAS PALMERAS	ATAHUALPA	SAN VICENTE	SAN MARCOS	JESUS CORONEL VITE	LOS SAUCES	URSEZA2 SECTOR3	LAS BRISAS	NUEVO PILO	BUENOS AIRES
Media	,00433	,00417	,00450	,00333	,00467	,00317	,00117	,00167	,00133	,00117
Mínimo	,004	,003	,003	,002	,004	,003	,001	,001	,001	,001
Máximo	,005	,005	,005	,004	,005	,004	,002	,002	,002	,002

**Diseño de tabla Software SPSS*

Ilustración 24. Concentración promedio de cada Sector de toma de muestra



Descripción: en la “ilustración 24” se visualiza el promedio o media estadística (obtenida del Software SPSS “Tabla 13”) de las concentraciones de Cd en las muestras de agua potable de cada sector.

3. EVALUACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE CADMIO EN LAS MUESTRAS PROCESADAS FRENTE AL LÍMITE PERMISIBLE SEGÚN LAS NORMAS NACIONALES E INTERNACIONALES

Tabla 14. Concentraciones de cadmio en las muestras procesadas frente al LMP según la OMS / INEN 1108

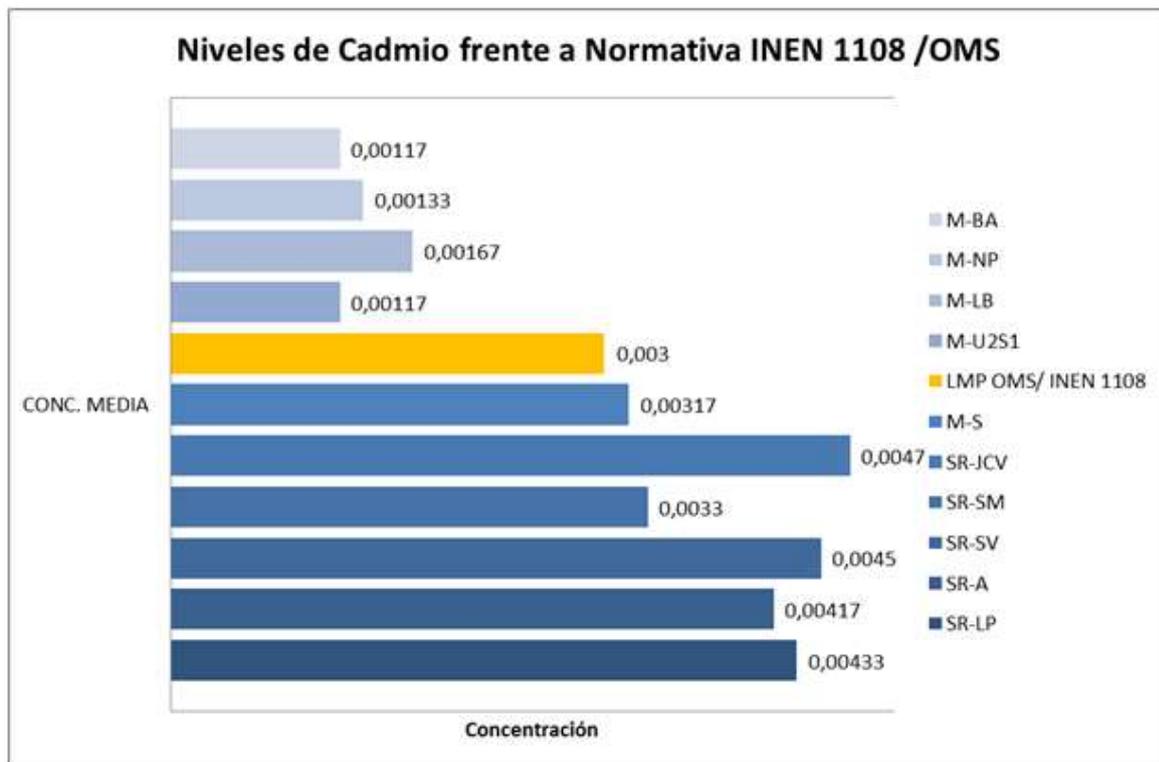
SECTOR	LMP OMS/ INEN 1108	LAS PALMERAS	ATAHUALPA	SAN VICENTE	SAN MARCOS	JESUS CORONEL VITE	SAUCES	CRITERIO	URSEZA 2 SECTOR 3	LAS BRISAS	NUEVO PILO	BUENOS AIRES	CRITERIO
CONC. MEDIA	0,003	0,00433	0,00417	0,0045	0,0033	0,0047	0,00317	EXCESO	0,00117	0,00167	0,00133	0,00117	DENTRO

*Todos los valores están representados en mg/L

LMP: Límite máximo permisible

Interpretación: en la **Tabla 14** se identifica que 6 de las 10 localidades de muestreo presentan valores en exceso en comparación con las normas de la “OMS y la norma INEN 1108” cinco de los cuales forman parte del cantón Santa Rosa, y la restante del Cantón Machala.

Ilustración 25. Concentraciones de cadmio en las muestras procesadas frente al LMP según la OMS



Descripción: en la “**Ilustración 25**” se aprecia el límite permisible según la OMS “Guías para la calidad del agua potable PRIMER APÉNDICE A LA TERCERA EDICIÓN - Volumen 1” siendo este 0,003ppm observando la gráfica es notorio que los resultados promedios de las muestras de Santa Rosa sobrepasan el límite permisible. Ubicamos la referencia de la OMS de color amarillo.

DISCUSIÓN

Nuestra investigación tuvo como objetivo el determinar la presencia de cadmio en el agua potable de los cantones Santa Rosa y Machala. Con los resultados de este proyecto logramos obtener datos relevantes sobre la calidad del agua potable de uso doméstico, donde se evidencio una contaminación por cadmio en el Cantón Santa Rosa.

Los datos obtenidos es este estudio revelaron que en la ciudad de Santa Rosa existe una mayor contaminación, siendo una de las causas más relevantes, la actividad minera de manera ilegal que se desarrolla en los ríos del cantón, los cuales cruzan por el área de potabilización del agua, lugar donde se realiza este proceso y se da la distribución de la misma. Esto constituye una problemática debido a que los métodos tradicionales de potabilización del agua en los hogares como la ebullición, desinfección química y filtración de agua no cubren la posibilidad de eliminar los contaminantes inorgánicos, además la filtración y cloración también son utilizadas en las empresas encargadas de este proceso³⁸.

Las muestras recolectadas en los meses de diciembre y enero 2020 nos otorgaron los siguientes resultados, las muestras recolectadas en 5 barrios del Cantón Santa Rosa evidenciaron concentraciones elevadas de la presencia del metal que se encuentran en la tabla 14 con los valores de media de cada lugar analizado. En el Cantón Machala se determinaron concentraciones que están por debajo de los límites permisibles 0.003 mg/L, a excepción del Barrio Sauces que presenta valores fuera del límite permisible, según lo establecido en la “OMS y en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108” para lo que respecta al contenido de cadmio en agua.

En un estudio previo realizado en la “Universidad Técnica de Machala” durante el año 2015³⁹, donde se utilizó el método de “voltamperometría de onda cuadrada” encontraron niveles de cadmio elevados en el agua potable del Cantón Santa Rosa, Machala y Huaquillas³⁹, el cual tiene concordancia con nuestro estudio, en relación a la contaminación del Cantón Santa Rosa; donde se determinó una concentración elevada del metal en estudio

dando a conocer que han transcurrido años enfrentando esta problemática. A diferencia del Cantón Machala que se evidencia una disminución favorable de la presencia de este metal, lo que presume que las autoridades han tomado asunto en el tratamiento del agua potable que es distribuida en el Cantón.

Esta contaminación no solo se da a nivel de nuestra provincia y país, existen otros estudios en países como Colombia, donde se realizó una valoración de los riesgos que causan varios metales entre estos el cadmio, siendo uno de los mayores contaminantes del organismo por consumo del agua potable y alimentos⁴⁰. En El Salvador situado en América central, también se realizó un estudio de cuantificación de plomo, mercurio y cadmio en agua de consumo humano mediante espectrofotometría de absorción atómica, donde relacionaron sus resultados con una de las normas establecidas en este país para la cantidad permisible de estos metales en el agua potable donde también sobrepasaron los 0.003ppm de concentración⁴¹.

Esto nos demuestra que la contaminación por metales pesados es un problema a nivel mundial y que los gobiernos no remedian esto generándose enfermedades a los ciudadanos de cada lugar.

CONCLUSIONES

- Este trabajo experimental evaluó las concentraciones de niveles de cadmio en agua potable de los cantones de Machala y Santa Rosa en 5 barrios diferentes de cada cantón respectivamente, obteniendo resultados por fuera de las normativas nacionales e internacionales evidenciando la existencia de contaminación por cadmio en el agua potable del Cantón Santa Rosa.
- La normativa nacional Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108 y la internacional OMS relacionadas a los niveles permisibles de cadmio en agua potable señalan límite máximo permisible 0,003mg/L, encontrando que la media de estas localidades del Cantón Santa Rosa están por encima de los valores establecidos (Cdla. Las Palmeras 0.00433, Barrio Atahualpa 0.00417, Cdla. San Vicente 0.00450, Cdla. San Marcos 0.00333, Barrio Jesús Coronel de Vite 0.00467 valores expresados mg/L o ppm) y dentro del Cantón Machala en el Barrio los Sauces 0.00317 mg/L.
- El sitio de mayor concentración dentro de los cantones muestreados de Machala y Santa Rosa fue en la Cdla. Jesús Coronel de Vite con una media 0.00467 mg/L o ppm, perteneciente al Cantón Santa Rosa.
- La mayor contaminación dentro de la comparación de los datos obtenidos de los cantones Machala y Santa Rosa se obtuvo que todos los sitios muestreados del Cantón Santa Rosa están por encima del valor máximo permitido en comparación con los resultados obtenidos del Cantón Machala.

RECOMENDACIONES

Dentro de nuestra investigación sugerimos:

- Exigir controles de sanidad en el agua potable del Cantón Santa Rosa, a fin de reducir o erradicar los metales pesados en la dispensación del líquido vital a los hogares.
- Dar a conocer la problemática de salud y riesgo ambiental que atraviesa la comunidad Santarroseña al tener contacto con el agua potable de consumo humano con presencia de cadmio por encima de los valores permisibles de 0,003 ug/mL a través de redes sociales para promover acciones correctivas por parte de las autoridades.
- Continuar con el control del agua potable de diferentes urbes de la Provincia de El Oro, monitoreando con frecuencia la presencia de metales pesados provenientes de la minería ilegal.
- Al respecto a la contaminación del agua del Cantón Santa Rosa, debería existir un mayor control por parte del ministerio del ambiente, al GAD Municipal del Cantón Santa Rosa de la minería ilegal o de los diseños de evacuación de metales de pequeñas y grandes industrias que trabajan con metales.

BIBLIOGRAFÍAS

- (1) Tomaille J. Toxicidad letal y subletal del arsénico, cadmio, mercurio y plomo sobre el pez *Parachanna obscura* (Characidae). 2018, 35 (2), 95–105. ISSN 0212-7113.
- (2) Delince, I. W.; Carmenate, C. R. V.; Olivia, I.; Morgado, L.; Izquierdo, C. F. G.; Arias, C. M. I. B. Riesgo agroambiental por metales pesados en suelos con Cultivares de *Oryza sativa* L y *Solanum tuberosum* L Heavy metals agroenvironmental risk in soils with cultivate *Oryza sativa* L . and *Solanum tuberosum* L. 2015, 24 (1), 44–50. ISSN: 1010-2760.
- (3) Xue, T.; Liao, X.; Wang, L.; Gong, X.; Zhao, F.; Ai, J.; Zhang, Y. Effects of adding selenium on different remediation measures of paddy fields with slight–moderate cadmium contamination. *Environ. Geochem. Health* 2019, 9. <https://doi.org/10.1007/s10653-019-00365-9>.
- (4) Lara, J.; Tejada, C.; Villabona, Á.; Arrieta, A.; Granados Conde, C. Adsorción de plomo y cadmio en sistema continuo de lecho fijo sobre residuos de cacao / Adsorption of lead and cadmium in continuous of fixed bed on cocoa waste / Adsorção de chumbo e cádmio no sistema de leito fixo contínua relativa aos resíduos de cacau. *Rev. ION* 2016, 29 (2), 113. <https://doi.org/10.18273/revion.v29n2-2016009>.
- (5) Londoño Franco, L. F.; Londoño Muñoz, P. T.; Muñoz Garcia, F. G. Los Riesgos De Los Metales Pesados En La Salud Humana Y Animal. *Biotecnología en el Sect. Agropecu. y Agroindustrial* 2016, 14 (2), 145. [https://doi.org/10.18684/bsaa\(14\)145-153](https://doi.org/10.18684/bsaa(14)145-153).
- (6) Lara, C. P.; Watanabe, I.-S.; Lopes, R. A.; Sala, M. A.; Picoli, F. EFECTOS DEL CADMIO EN LA MUCOSA YUGAL DE LA RATA DURANTE LA LACTANCIA. ESTUDIO MORFOLÓGICO E HISTOMÉTRICO. *Int. J. Morphol.* 2003, 21, 191–198. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022003000300002>.

- (7) Ramirez, A. Conceptos actuales para evaluar exposición ambiental u ocupacional con indicadores biológicos. *Red Rev. Cient. Am. latica y el caribe, españa y Port.* 2002, 63 (1), 51–64. ISSN: 1025-5583.
- (8) Ramón De Los Santos, C.; Barajas Fernández, J.; Pérez Hernández, G.; Hernández Rivera, M. Á.; Díaz Flores, L. L. Adsorption of copper (II) and cadmium (II) in aqueous suspensions of biogenic nanostructured CaCO₃. *Bol. la Soc. Esp. Ceram. y Vidr.* 2019, 58 (1), 2–13. <https://doi.org/10.1016/j.bsecv.2018.05.003>.
- (9) Ortiz Sánchez, J. ECOTOXICOLOGÍA DEL CADMIO, RIESGO PARA LA SALUD POR LA UTILIZACION DE SUELOS RICOS EN CADMIO. 2017.
- (10) LENNTECH. Cadmio (Cd) Propiedades químicas y efectos sobre la salud y el medio ambiente <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/cd.htm> (accessed feb 12, 2020).
- (11) Carvalho, M. M.; Lira, V. S.; Watanabe, C. H.; Fracácio, R. Estudo da toxicidade de metais (Zinco e cádmio) sobre Ceriodaphnia Dubia, por multivias de exposição e recuperação biológica de descendentes. *Eng. Sanit. e Ambient.* 2017, 22 (5), 961–968. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522017158722>.
- (12) Cadre, E. V.; Martínez, C.; Pérez, L. Á. A.; Reyes, A. B.; Ernesto, J.; Cadre, V.; Martínez, A. C.; Ángeles, M. D. L.; Pérez, A.; Alejandro, J. Voltammetric method for the quantification of cadmium using non- commercial electrodes and minimal instrumentation. 2019, 44 (1). <https://doi.org/10.26850/1678-4618eqj.v44.1.53-61>.
- (13) Pernía, B.; Sousa, A.; Reyes, R.; Castrillo, M. BIOMARCADORES DE CONTAMINACIÓN POR CADMIO EN LAS PLANTAS BEATRIZ. 2008, 33 (2). ISSN: 0378-1844.
- (14) Quispe, R.; Belizario, G.; Chui, H.; Huasquisto, S.; Calatayud, A.; Yábar, P. CONCENTRATION OF HEAVY METALS : CHROME , CADMIUM AND LEAD IN SURFACE SEDIMENTS IN THE RIVER COATA , PERU CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS : CROMO , CADMIO Y PLOMO EN LOS SEDIMENTOS. 2019, 36 (2), 83–90. <https://doi.org/10.34098/2078-3949.36.2.3>.

- (15) Reyes, Y.; Vergara, I.; Torres, O.; Diaz, M. CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS : IMPLICACIONES EN SALUD , AMBIENTE Y SEGURIDAD ALIMENTARIA Heavy metals contamination : implications for health and food safety. *Investig. y Desarro.* 2016, 16 (2), 66–77. ISSN 2422-4324.
- (16) González Ruiz, L. E.; González Partida, E.; Martínez, L.; Pironon, J.; Camprubí, A.; Vega González, M. Fenómenos diagenéticos en calizas del Jurásico-Cretácico de un sector de las cuencas de Huimanguillo-Comalcalco-Alto de Jalpan y primeras observaciones mediante microscopio electrónico de barrido y microtomografía 3D. *Boletín la Soc. Geológica Mex.* 2015, 67 (3), 517–531. <https://doi.org/10.18268/bsgm2015v67n3a14>.
- (17) Rodríguez-Heredia, D. Intoxicacion ocupacional por metales pesados. *Medisan* 2017, 21 (12), 3372–3385. ISSN 1029-3019.
- (18) Fabelo, J. Propuesta de metodología para la recuperación de suelos contaminados. *Cent. Azúcar* 2017, 44 (1), 53–60. ISSN: 2223- 4861.
- (19) Toledo Salas, A.; Hernández Pimentel, M. V.; Rodríguez Tovar, A. V.; Guerrero Zúñiga, L. A.; Rodríguez Dorantes, A. Evaluation of the cadmium effect on phenoloxidasas from *Epithelantha micromeris* callus tissue, inoculated with rhizobacteria. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 2018, 34 (4), 725–735. <https://doi.org/10.20937/RICA.2018.34.04.13>.
- (20) Cortés, A. A.; Fortún, S.; Bartolomé, C. Mecanismos de resistencia a Metales tóxicos (CD) bajo variaciones abióticas en Microalgas. *TIP Rev. Espec. en Ciencias Químico-Biológicas* 2018, 40–52. <https://doi.org/10.1016/j.recqb.2017.08.005>.
- (21) Espinosa, T.; Rodriguez, C. Determination of water quality index (WQI) of Morón river and Patanemo river of Carabobo state in Venezuela. *Rev. Ing. Unidad Carabobo* 2016, 23 (2), 204–215. ISSN: 1316-6832.
- (22) DIGESA. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N ° 031-2010-SA . Dirección General de Salud Ambiental Ministerio de Salud Lima – Perú. 2010.

- (23) Pernía, B.; Mero, M.; Muñoz, J.; Morán, N.; Zambrano, J.; Cornejo, X.; Benavides, Á.; Torres, G. Plantas acuáticas con potencial para fitoextracción de Cadmio en arrozales del Cantón Daule , provincia del Guayas , Ecuador Aquatic plants with potential for phytoextraction of Cadmium in rice. 2016, *10* (2), 37–51. ISSN: 1390-8413.
- (24) Mero, M.; Pernía, B.; Ramírez-Prado, N.; Bravo, K.; Ramirez, L.; Edwin, L.; EGAS, F. CONCENTRACIÓN DE CADMIO EN AGUA, SEDIMENTOS, *Eichhornia crassipes* Y *Pomacea canaliculata* EN EL RÍO GUAYAS (ECUADOR) Y SUS AFLUENTES. 2019, *35* (3), 623–640. <https://doi.org/10.20937/RICA.2019.35.03.09>.
- (25) Tobar, J.; Ramirez, M.; Fermín, I.; Senior, W. Concentración de Metales Pesados en Bivalvos *Anadara tuberculosa* y *A. Similis* del Estero Huaylá, Provincia de El Oro, Ecuador. *Boletín del Cent. Investig. biológicas* 2017, *51* (2), 541–555. ISSN 2477-9458.
- (26) Santana Báez, S.; Mendoza Martín, M.; Quevedo Villegas, M. C.; Gutiérrez Disla, E. J. Revisión Sistemática sobre los efectos tóxicos de las nanopartículas metálicas en la salud de los trabajadores. *Med. Secur. Trab. (Madr)*. 2018, *64* (252), 295–311.
- (27) Testillano, L.; Pérez, T.; López, M.; González, E.; Jimenez, C. Non-critical urinary cadmium excretion as a risk factor associated with tubular markers of early kidney injury in Central Mexico Niveles no-críticos de excreción urinaria de cadmio como factor de ~ renal temprano riesgo asociado con marcadores tubulares d. 2016, *7* (5), 552–554. <https://doi.org/10.1016 / j.nefro.2017.01.008>.
- (28) Asociación Española de Toxicología. Revista de Toxicología. 2019, *36* (1), 1–97. ISBN: 0212-7113.
- (29) Pegenaute, C.; Herrero, S.; Goncalves, M.; Álvarez, I. Biomarcadores de nefrotoxicidad en trabajadores expuestos a cadmio. *Med. Secur. Trab. (Madr)*. 2016, *62* (244), 263–281.
- (30) Fernandez, L. Generación electroquímica de especies volátiles, como técnica de introducción de muestra en espectroscopia de absorción atómica para la

detección de metales pesados: aplicación en sedimento marino del perfil costero de la ciudad de Machala. 2015.

- (31) Martínez, G.; Gutierrez, M.; Martínez, A.; Villalobos, R.; Arteaga, T. Concentración total y geodisponible de elementos potencialmente tóxicos en suelos volcánicos con uso agrícola del nevado de Toluca. 2015, *31* (2), 113–125. ISSN 0188-4999.
- (32) Valdiviezo, J.; Lapo, B.; Fernandez, L.; Carrera, P.; Carchi, T.; Muñoz, G. Validación de método electroanalítico para determinación in-situ de cadmio y plomo en agua potable. *Cumbres* 2017, *3* (1), 47–53. ISSN: 1390-3365.
- (33) Chavez, B.; Rodriguez, A.; Guerrero, L.; Vásquez, M.; Hernandez, O. RESPUESTA DE CRECIMIENTO Y IONÓMICA DE *Sedum praealtum* A. DC. POR LA ACCIÓN SINÉRGICA DEL ÁCIDO INDOL BUTÍRICO Y UNA RIZOBACTERIA EN LA FITOEXTRACCIÓN ASISTIDA DE ARSÉNICO Y CADMIO. 2018, N° 46, 203–219. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.46.13>.
- (34) Universidad Burgos. Espectrometría de Masas de Plasma (ICP-MS) | Universidad de Burgos <https://www.ubu.es/parque-cientifico-tecnologico/servicios-cientifico-tecnicos/espectrometria/espectrometria-de-masas-de-plasma-icp-ms> (accessed feb 2, 2020).
- (35) Espectrometría de absorción atómica https://www.espectrometria.com/espectrometra_de_absorcin_atmica (accessed feb 4, 2020).
- (36) RITECA - ESPECTROFOTOMETRO PERKIN-ELMER AANALYST 300 http://riteca.gobex.es/es/catalogo_infraestructuras/81/espectrofotometro-perkin-elmer-aanalys-300 (accessed feb 3, 2020).
- (37) Google Maps <https://www.google.com/maps/@-3.458462,-79.9811556,14z> (accessed feb 2, 2020).
- (38) Romero, M. Tratamientos Utilizados En La Potabilización De Agua. *Bol. Electron. Fac. Ing. - Univ. Rafael Landívar* 2008, N° 08, 1–12.

- (39) Ortiz, D.; Betancourt, H. Aplicación de técnicas electroanalíticas en la determinación de cadmio en agua potable. 2015.
- (40) Echeverry, G.; Zapata, A. M.; Páez, M. I.; Méndez, F.; Peña, M. Valoración del riesgo en salud en un grupo de población de Cali, Colombia, por exposición a plomo, cadmio, mercurio, ácido 2,4-diclorofenoxiacético y diuron, asociada al consumo de agua potable y alimentos. *Biomedica* 2015, 35 (3), 110–119. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v35i0.2464>.
- (41) Araujo Chevez, C. I.; Peraza de Ramírez, S. G.; Castillo Ruiz, G. A. Cuantificación de plomo, mercurio, y cadmio en el agua de consumo humano de cinco comunidades de El Salvador por espectrofotometría de absorción atómica (Tesis de pregrado). 2010, 133.

ANEXOS



Ilustración 26. Representación de toma de muestra de agua potable



Ilustración 27. Reconocimiento del equipo en función a la Determinación de Cadmio (lámpara de Cadmio)



Ilustración 29. Análisis de las muestras de agua potable

