



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

CARRERA DE MEDIO AMBIENTE

PERFIL DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

MECANISMO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

**BIOSORCIÓN DEL CADMIO CON DOS ESPECIES DE
MACROALGAS (*Padina pavonica*) y (*Acanthophora specifera*) EN
EL RÍO ARENALES PARROQUIA CRUCITA.**

AUTORES:

CEDEÑO CEDEÑO CINTHYA CONSUELO

GUILLÉN VERA DANIELA ALEXANDRA

TUTOR:

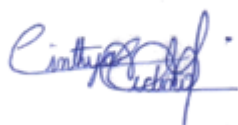
ING. CARLOS RICARDO DELGADO VILLAFUERTE M. Sc

CALCETA, FEBRERO 2022

DERECHOS DE AUTORÍA

Yo **Cedeño Cedeño Cinthya Consuelo** y **Guillén Vera Daniela Alexandra**, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí escrito es nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual a la Escuela **Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López**, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su reglamento.



Cedeño Cedeño Cinthya



Guillen Vera Daniela

CERTIFICACIÓN DE TUTOR

Ing. Carlos Ricardo Delgado Villafuerte M. Sc certifica haber tutelado la tesis **BIOSORCIÓN DE CADMIO CON DOS ESPECIES DE MACROALGAS (*Padina pavonica*) y (*Acanthophora specifera*) EN EL RÍO ARENALES PARROQUIA DE CRUCITA**, que ha sido desarrollada por **Cedeño Cedeño Cinthya Consuelo y Guillén Vera Daniela Alexandra**, previa a la obtención del título de Ingeniero en medio ambiente, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL** de la **Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López**.

Ing. Carlos Ricardo Delgado Villafuerte M. Sc

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaran que han **APROBADO** la tesis de **BIOSORCIÓN DEL CADMIO CON DOS ESPECIES DE MACROALGAS (*Padina pavonica*) y (*Acanthophora specifera*) EN EL RÍO ARENALES PARROQUIA DE CRUCITA**, que ha sido propuesta, desarrollada y sustentada por **Cedeño Cedeño Cinthya Consuelo y Guillén Vera Daniela Alexandra**, previa a la obtención del título de **Ingeniero en Medio Ambiente** de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

Ing. Fabricio Alcívar Intriago, M. Sc
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

QF. Patricio Noles Aguilar, M. Sc
MIEMBRO DEL TRIBUNAL
LÍNEA TSA II

Ing. Sergio Alcívar Pinargote, M. Sc
MIEMBRO DEL TRIBUNAL
LÍNEA TSA II

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López por brindar la oportunidad a cada uno de los estudiantes que se han formado como profesionales en esta etapa de la vida, la cual ha forjado los conocimientos de miles de estudiantes a través de una educación de calidad, ayudando a adquirir competencias necesarias y brindar los conocimientos para ejecutarlos en nuestra vida laboral.

Al Ing. Carlos Ricardo Delgado Villafuerte M. Sc por apoyarnos en la ejecución de este proyecto y brindarnos los conocimientos necesarios para que todo salga bien.

DEDICATORIA

A Dios por darme la bendición y las fuerzas para lograr cada uno de mis objetivos en este paso de mi vida.

A mis Padres el Sr. Daniel Guillen y la Sra. Mariela Vera por siempre confiar en mí y darme el apoyo de seguir luchando cada día, por ser mi fuente de motivación, por darme las fuerzas necesarias y por qué siempre creyeron en mí.

A mi hija Melissa Cedeño Guillen por ser mi motivación día a día, porque sé que alguien viene siguiendo mis pasos.

A mi hermana Angie Guillen por su apoyo incondicional en cada una de las etapas de mi vida.

A mi sobrino José Daniel Candela Guillen por sus sonrisas que son fuente de motivación para seguir luchando en la vida.

A cada uno de mis familiares y amigos por siempre brindarme su apoyo y su cariño en este proceso de la vida, gracias por sus consejos y motivación porque han inspirado en mí la fuerza para seguir adelante durante todo el proceso de mi carrera.

DANIELA ALEXANDRA GUILLEN VERA

DEDICATORIA

Este proyecto de tesis va dirigido principalmente a Dios por el don de la vida, por guiarnos y fortalecernos durante toda la carrera, puesto que, gracias a su voluntad, todo ha sido posible.

Manifiesto mi gratitud a mi querido esposo por apoyarme a cumplir mis sueños y ser ese guía que con sus palabras motivadoras me impulsaba cada día a continuar, a mis hijos mi fuerza y lo mejor que me ha pasado en la vida que con sus abrazos y besos me decían siempre que yo puedo, a mi abuelita Agustina mi ángel, a mis padres y mis suegros por su apoyo incondicional. Esto es por ustedes sin su apoyo no estaría aquí.

CINTHYA CONSUELO CEDEÑO CEDEÑO

CONTENIDO GENERAL

| | |
|--|----------|
| DERECHOS DE AUTORÍA | ii |
| CERTIFICACIÓN DE TUTOR | iii |
| APROBACIÓN DEL TRIBUNAL..... | iv |
| AGRADECIMIENTO | v |
| DEDICATORIA vi | |
| DEDICATORIA vii | |
| RESUMEN | xiv |
| ABSTRACT | xvi |
| CAPÍTULO I. ANTECEDENTES | 1 |
| 1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA..... | 1 |
| 1.2. JUSTIFICACIÓN..... | 3 |
| 1.3. OBJETIVOS..... | 5 |
| 1.3.1. OBJETIVO GENERAL..... | 5 |
| 1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 5 |
| 1.4. HIPÓTESIS..... | 5 |
| 1.4.1. HIPÓTESIS ESPECIFICA..... | 5 |
| 1.4.2. HIPÓTESIS NULA | 5 |
| CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO | 6 |
| 2.1. CONTAMINACIÓN DEL AGUA..... | 6 |
| 2.2. METALES PESADOS | 6 |
| 2.3. PRINCIPALES METALES PESADOS..... | 6 |

| | | |
|---------|---|----|
| a. | VÍA DE ENTRADA DE LOS METALES PESADOS | 7 |
| b. | METALES PESADOS EN EL AGUA | 7 |
| 2.4. | CADMIO | 7 |
| 2.4.1. | EFFECTOS DEL CADMIO EN EL AGUA | 7 |
| 2.5. | TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS..... | 8 |
| 2.5.1. | BIOACUMULACIÓN | 8 |
| 2.5.2. | BIOSORCIÓN..... | 8 |
| 2.6. | MATERIAL BIOSORBENTE DE METALES PESADOS | 9 |
| 2.7. | <i>Padina pavonica</i> | 9 |
| 2.7.1. | HÁBITAT | 9 |
| 2.7.2. | CARACTERÍSTICAS | 9 |
| 2.8. | <i>Acanthophora Specifera</i> | 10 |
| 2.9. | CAPACIDAD DE BIOSORCIÓN DE <i>Padina pavonica</i> y <i>Acanthophora specifera</i> | 11 |
| 2.10. | SISTEMA DE BIOSORCIÓN | 11 |
| 2.11. | PARÁMETROS DE DISEÑO DE SISTEMA DE BIOSORCIÓN | 12 |
| 2.12. | PARÁMETROS..... | 12 |
| 2.12.1. | pH..... | 13 |
| 2.12.2. | CONDUCTIVIDAD..... | 13 |
| 2.12.3. | TEMPERATURA | 13 |
| 2.13. | MARCO LEGAL..... | 13 |

| | | |
|---|---|----|
| 2.14. | MARCO REFERENCIAL..... | 15 |
| 2.14.1. | BIOSORCIÓN DE CD, PB Y ZN POR BIOMASA PRETRATADA DE ALGAS ROJAS, CÁSCARA DE NARANJA Y TUNA..... | 15 |
| 2.14.2. | ELIMINACIÓN DE CROMO Y CADMIO MEDIANTE <i>Scenedesmus obliquus</i> EN ESTADO INMOVILIZADO..... | 17 |
| CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO | | 19 |
| 3.1. | UBICACIÓN..... | 19 |
| 3.2. | DURACIÓN DEL TRABAJO | 19 |
| 3.3. | VARIABLES DE ESTUDIO | 20 |
| 3.3.1. | VARIABLE INDEPENDIENTE | 20 |
| 3.3.2. | VARIABLE DEPENDIENTE..... | 20 |
| 3.4. | MÉTODOS Y TÉCNICAS | 20 |
| 3.4.1. | EXPERIMENTAL..... | 20 |
| 3.4.2. | TÉCNICA DE CAMPO..... | 20 |
| 3.4.3. | BIBLIOGRÁFICA-DOCUMENTADA | 20 |
| 3.5. | MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN | 21 |
| 3.5.1. | INDUCTIVO..... | 21 |
| 3.5.2. | ESTADÍSTICO..... | 21 |
| 3.6. | TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN | 21 |
| 3.6.1. | ENCUESTA..... | 21 |
| 3.7. | UNIDAD EXPERIMENTAL..... | 22 |

| | |
|--|----|
| a) FACTOR EN ESTUDIO | 22 |
| NIVELES DEL FACTOR | 22 |
| 3.7.1. TRATAMIENTOS | 22 |
| 3.8. ANÁLISIS DE VARIANZA | 23 |
| 3.9. PROCEDIMIENTO..... | 23 |
| 3.9.1. FASE I. DIAGNOSTICAR LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA COMUNIDAD LA BOCA PARROQUIA CRUCITA..... | 23 |
| 3.9.2. FASE II. COMPROBAR LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DEL CADMIO MEDIANTE UN SISTEMA DE BIOSORCIÓN. | 25 |
| 3.9.3. FASE III. EVALUAR LOS COSTOS DEL TRATAMIENTO MÁS EFICIENTE. | 27 |
| CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 28 |
| 4.1. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL EN LA COMUNIDAD LA BOCA DE LA PARROQUIA CRUCITA | 28 |
| 4.1.1. PERCEPCIÓN DE LOS HABITANTES DE LA COMUNIDAD RÍO ARENALES, SOBRE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA CONTAMINACIÓN DEL RÍO. 28 | |
| 4.1.2. OBTENCIÓN DE LÍQUIDO VITAL EN LAS ACTIVIDADES DIARIAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO..... | 28 |
| 4.1.3. CALIDAD DEL AGUA DE LA COMUNIDAD LA BOCA – CRUCITA | 29 |
| 4.1.4. PROBLEMÁTICAS AMBIENTALES QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO ARENALES | 30 |
| 4.1.5. PRINCIPALES CONTAMINANTES DEL AGUA EN EL SITIO LA BOCA – CRUCITA | 31 |

| | | |
|----------|--|----|
| 4.2. | ESTABLECIMIENTO DE LOS PUNTOS DE MUESTREO..... | 32 |
| 4.2.1. | ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DEL AGUA..... | 33 |
| 4.3. | EFICIENCIA DE REMOCIÓN DEL CADMIO MEDIANTE UN SISTEMA DE BIOSORCIÓN..... | 34 |
| 4.3.1. | IDENTIFICACIÓN Y RECOLECCIÓN DE LAS ALGAS PARA OBTENCIÓN DE LA BIOMASA | 34 |
| 4.3.1.1. | <i>Padina Pavonica</i> | 34 |
| 4.3.1.2. | <i>Acanthophora specifera</i> | 35 |
| 4.3.2. | DISEÑO DEL SISTEMA DE BIOSORCIÓN..... | 35 |
| 4.3.3. | CARACTERIZACIÓN DEL CADMIO EN EL RÍO ARENAL..... | 37 |
| 4.3.4. | REMOCIÓN DE CADMIO CD DEL PROCESO DE BIOSORCIÓN...37 | |
| 4.3.5. | ANÁLISIS ESTADÍSTICO (ANOVA) DE LOS TRATAMIENTOS DE SISTEMA DE BIOSORCIÓN..... | 38 |
| 4.3.6. | ANÁLISIS DE COSTOS DEL TRATAMIENTO MÁS EFICIENTE (T2) 39 | |
| 4.3.7. | COSTO DE PRODUCCIÓN POR 1 m ³ DE AGUA A TRATAR..... | 40 |
| | CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 42 |
| 5.1. | CONCLUSIONES | 42 |
| 5.2. | RECOMENDACIONES | 43 |
| | BIBLIOGRAFÍA | 44 |
| | ANEXO | 49 |

CONTENIDO DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 2. 1. Parámetros de calidad del agua. | 13 |
| Tabla 2. 2. Tratamientos ejecutados en el diseño experimental | 15 |
| Tabla 2. 3. Resultados del diseño experimental | 16 |
| Tabla 3. 1. Tratamientos | 22 |
| Tabla 3. 2. Unidades experimentales. | 22 |
| Tabla 3. 3. Cuadro ANOVA. | 22 |
| Tabla 3. 4. Distribución del experimento. | 23 |
| Tabla 4. 1. Puntos de muestreo en el sitio. | 32 |
| Tabla 4. 2. Análisis fisicoquímicos del agua antes y después de la experimentación. | 34 |
| Tabla 4. 3. Datos iniciales y finales del proceso de biosorción. | 38 |
| Tabla 4. 4. Análisis de varianza de los tratamientos. | 38 |
| Tabla 4. 5. Prueba HSD Tukey. | 39 |
| Tabla 4. 6. Análisis de costos del tratamiento 2. | 39 |
| Tabla 4. 7. Análisis de costo por m3 de agua a tratar. | 40 |

CONTENIDO DE GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| Gráfico 4. 1. De donde proviene el agua utilizada. | 29 |
| Gráfico 4. 2. Uso que se le da al agua en el hogar. . ¡Error! Marcador no definido. | |
| Gráfico 4. 3. Estado del agua para consumo (contaminación). | 30 |
| Gráfico 4. 4. Problemáticas ambientales en el río Arenales. | 31 |
| Gráfico 4. 5. Principales contaminantes del agua. | 32 |
| Gráfico 4. 6. Concentraciones iniciales de cadmio. . ¡Error! Marcador no definido. | |

CONTENIDO DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 2. 1. <i>Padina Pavonica</i> | 10 |
| Figura 2. 2. <i>Anthophora Specifera</i> | 11 |

| | |
|--|----|
| Figura 2. 3. Resultados de la eliminación de Cromo y Cadmio a diferentes tiempos de experimentación..... | 18 |
| Figura 3. 1.Ubicación del río Arenales. | 19 |
| Figura 4. 1. Mapa de puntos de muestreo..... | 33 |
| Figura 4. 2. Padina Pavonica. | 34 |
| Figura 4. 3. Acanthophora <i>specifera</i> | 35 |
| Figura 4. 4. Parámetros de diseño del sistema. | 36 |
| Figura 4. 4. Parámetros de diseño del sistema. ¡Error! Marcador no definido. | |
| Figura 4. 5. Esquema de los tratamientos. | 36 |
| Figura 4. 5. Esquema de los tratamientos. | 36 |

CONTENIDO DE ANEXOS

| | |
|---|----|
| Anexo 1. Formato de encuesta | 50 |
| Anexo 2. Concentraciones iniciales de Cadmio..... | 52 |
| Anexo 3. Concentraciones finales de cadmio | 53 |
| Anexo 4. Aplicación de las encuestas | 67 |
| Anexo 5. Recolección de las Algas | 67 |
| Anexo 6. Recolección de las muestras de agua en el río Arenales | 68 |
| Anexo 7. Preparación de la biomasa para el sistema de biosorción | 68 |
| Anexo 8. Elaboración de la biomasa para el sistema de biosorción | 69 |
| Anexo 9. Preparación del sistema de absorción..... | 69 |

RESUMEN

La evaluación de la biosorción del cadmio con *Padina pavonica* y *Acanthophora specifera* constó de una primera etapa, en la cual se diagnosticó la situación actual en el sitio Arenales de la parroquia Crucita, mediante la percepción de los habitantes sobre la contaminación del agua mediante encuestas, la segunda

determinó la eficiencia de remoción del cadmio utilizando *Padina pavonica* y *Acanthophora specifera*, se aplicó un diseño completamente al azar (DCA), con tres tratamientos y tres repeticiones (T_1 50% - 50%), (T_2 25% - 75%), (T_3 75% - 25%), las concentraciones de cadmio y los parámetros de temperatura y pH fueron determinados antes y después del proceso, la tercera etapa consistió en estimar el costo de producción del mejor tratamiento. Como resultado se obtuvo que el sitio Arenales de la parroquia Crucita está expuesto a actividades antropogénicas como descargas de aguas residuales y actividades agrícolas. Por otra parte, se evidenció que los niveles de cadmio (0,20mg/l) superan los niveles permisibles de la normativa nacional vigente (0,005 mg/l). Además, se determinó que el tratamiento más eficiente fue el T2 con una eficiencia de remoción del 90%. Deduciéndose que el sistema de biosorción tiene un costo de producción de 51,45\$ y para tratar 1 m³ de agua es de 245,29\$. Es decir que las especies de macroalgas son altamente eficientes en la remoción de cadmio.

Palabras clave: Biosorción, Cadmio, *Padina pavonica*, *Acanthophora specifera*

ABSTRACT

The evaluation of the biosorption of cadmium with *Padina pavonica* and *Acanthophora specifera* consto of the first stage diagnosed the current situation in the Arenales site of the Crucita parish through the perception of the inhabitants about the contamination of the water, the second determined the efficiency of cadmium removal using *Padina pavonica* and *Acanthophora specifera*, a completely randomized design (DCA) was applied, with three treatments and three repetitions (T1 50% - 50%), (T2 25% - 75%), (T3 75% - 25%) , the concentrations of cadmium and the parameters of temperature and pH were determined before and after the process, the third stage consisted in estimating the production cost of the best treatment. As a result, it was obtained that the Arenales site of the Crucita parish is exposed to anthropogenic activities such as wastewater discharges, agricultural activities mentioned by the residents. On the other hand, it was evidenced that the levels of cadmium (0.20 mg/l) exceed the permissible levels of the current national regulations (0.005 mg/l). In addition, it was determined that the treatments with *Padina pavonica* and *Acanthophora specifera* removed an average of 90% of cadmium. Deducing that the biosorption system has a production cost of \$51.45 and to treat 1 m³ of water it is \$245.29. This means that the macroalgae species are highly efficient in the removal of cadmium

Keywords: Biosorption, Cadmium, *Padina pavonica*, *Acanthophora specifera*

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El agua es uno de los recursos más importantes y primordiales para la vida, donde sistemas acuáticos y terrestres se desarrollan (Areco y Alfonso, 2011). Sin embargo, la calidad de este recurso está siendo alterada producto de la mala gestión de los vertidos domésticos e industriales, que influyen directa e indirectamente en la salud humana y del medio ambiente (Rodríguez *et al.*, 2016).

Montaño (2015), describe que en su mayoría las actividades humanas son generadoras de contaminación, actividades como el uso de fertilizantes sintéticos, plaguicidas, minería, y actividades que provocan la acumulación de sustancias tóxicas capaces de acumularse en el suelo y agua, situación que se encamina a una catástrofe ambiental sin precedentes.

Reyes *et al.*, (2016), considera a los metales pesados como las sustancias más tóxicas para el ambiente debido a que afectan directamente a toda la cadena trófica entre estas sustancias está el Mercurio (Hg), Cadmio (Cd), Cromo (Cr), donde la principal fuente de exposición para los seres vivos es el agua y los alimentos (Londoño, Muñoz, y Londoño, 2016).

Investigaciones realizadas en Ecuador evidencia la contaminación por cadmio en el Golfo de Guayaquil (Pernía *et al.*, 2019); por otra parte, un estudio realizado en los ríos Macul y Pichincha en la ciudad de Quevedo, provincia de los Ríos, encontraron cadmio en la muestra de peces capturados en los dos afluentes y de la misma forma, los análisis han demostrado altas concentraciones de Pb y Cd en los sedimentos y el agua del estero Salado (Montenegro, 2013; Alcívar y Mosquera, 2011).

En la provincia de Manabí, en el río Portoviejo se evidenció contaminación por cadmio donde investigaciones realizadas obtuvieron concentraciones de 0,02 mg/l valores que se encuentran en los límites permisibles de la normativa Ecuatoriana

del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA, 2017), en agua para consumo humano, no obstante son muy elevadas por que afectan la conservación de la flora y fauna acuática (Moncayo y Zambrano, 2018). Otro estudio realizado en el río Portoviejo a la altura de la parroquia Picoazá se comprobó que en los sedimentos existe la presencia de metales como el cadmio (Chávez, 2018).

Salvatierra (2019), describe que el río Portoviejo evidencia altos niveles de contaminación entre los principales agentes contaminantes se pueden mencionar las aguas residuales producto de guías clandestinas que descargan directamente al río. El Diario (2020), describe que Portoaguas logró detectar más de 1800 de estas guías, además, otros de los agentes contaminantes del río Portoviejo son los productos químicos como detergentes y pesticidas, generados por la actividad agrícola.

Existen diversas tecnologías para remediar el agua contaminada no obstante las limitantes de uso son sus elevados costos de aplicación, una de las alternativas utilizadas para descontaminar aguas o suelos afectados por cadmio, es la biorremediación, este proceso tiene la capacidad de atenuar, retirar, degradar o inactivar los contaminantes, que consiste en el uso de plantas con capacidades para remover estas sustancias (Cayetano, 2019; Álvaro *et al.*, 2014).

Por lo anteriormente expuesto, se plantea la siguiente interrogante: ¿Se podrá extraer cadmio de las muestras de agua provenientes del río Arenales mediante la técnica de biosorción con dos especies de macroalgas (*Padina Pavonica* y *Acanthophora specifera*)?

1.2. JUSTIFICACIÓN

Pateiro *et al.*, (2015), describe a las algas como organismo que crecen a través de la fotosíntesis, convirtiendo la luz solar, el CO₂ y algunos nutrientes, incluidos el nitrógeno y el fósforo, en material conocido como biomasa. Otras algas pueden crecer en la oscuridad usando azúcar o almidón (llamado crecimiento "heterótrofo"), o incluso combinar ambos modos de crecimiento (llamado crecimiento "mixotrófico") su medio de desarrollo son los mares y océanos, presentan grandes capacidades y son de gran diversidad ecológica por lo que se las ha usado en estudios para biosorción de metales pesados (Cuizano y Navarro, 2008).

En lo ambiental esta investigación promete ser competente ya que contribuye con el desarrollo sostenible en el ámbito de soluciones de problemas de contaminación como purificación de aguas residuales y prevención de la contaminación, el aprovechamiento de las macroalgas en la técnica de biosorción favorece a reducir y corregir el recurso impactado (Céspedes, 2015).

En lo económico la biosorción es una tecnología donde ciertos tipos de biomasa microbiana inactiva tienen la propiedad de unir y concentrar metales pesados, actuando como intercambiador de iones de origen biológico, además este proceso se caracteriza en la bioacumulación activa impulsada metabólicamente por las células vivas, es un método muy económico y rápido que puede remediar volúmenes de agua (Plaza, 2012).

Esta investigación se encamina a desarrollarse con los objetivos establecidos en la Constitución de la República del Ecuador, (2008) precisamente el Art. 276, literal 4 que tiene como eje principal la conservación y recuperación del medio ambiente, orientada a mantenerlo sano y equilibrado que garantice a la población el acceso libre y de buena calidad a los recursos agua, aire y suelo, y a los beneficios que conllevan. El Plan Nacional de Desarrollo (2017-2021), en uno de sus objetivos propuestos se enfoca en reducir, eliminar o atenuar la contaminación del recurso hídrico. Todos estos principios se relacionan con el objetivo de desarrollo del milenio en su apartado número 7, enfocado en garantizar el cuidado del medio

ambiente y su sostenibilidad haciendo uso de los recursos naturales para satisfacer las necesidades sociales, económicas y ambientales de la población de manera eficiente.

Con estos antecedentes la presente investigación se enfocó en el aprovechamiento de las macroalgas mediante biosorción para remover o disminuir las concentraciones de cadmio en las muestras de agua provenientes del río Arenales en la Parroquia Crucita con el fin de promover la sostenibilidad ambiental y en un futuro mejorar la calidad de los recursos hídricos.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la biosorción del cadmio con dos especies de macroalgas (*Padina pavonica*) y (*Acanthophora specífera*) en el agua proveniente del río Arenales de la parroquia de Crucita.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar la situación actual en la comunidad de la parroquia Crucita.
- Determinar la eficiencia de remoción del cadmio con dos especies de macroalgas (*Padina pavonica*) y (*Acanthophora specífera*) con niveles de biosorción.
- Estimar los costos del tratamiento con la especie de alga más eficiente en el proceso de biosorción.

1.4. HIPÓTESIS

Mediante la técnica de biosorción con dos especies de macroalgas (*Padina pavonica*) y (*Acanthophora specífera*) se reducirá un alto contenido de cadmio en el agua del río Arenales, Manabí.

1.4.1. HIPÓTESIS ESPECIFICA.

Al menos uno de los tratamientos con las macroalgas (*Padina pavonica*) y (*Acanthophora specífera*), reducirá un alto contenido de cadmio en el agua del río Arenales, Manabí.

1.4.2. HIPÓTESIS NULA

Al menos uno de los tratamientos de macroalgas (*Padina pavonica*) y (*Acanthophora specífera*), no reducirá un alto contenido de cadmio en el agua del río Arenales, Manabí.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. CONTAMINACIÓN DEL AGUA

La contaminación del agua es cuando los desechos, los productos químicos o diferentes partículas tienen como destino una vía fluvial (ríos, mares, lagos) alterando sus propiedades y composición haciendo perder las características idóneas para los usos a que era destinada (García, 2010). Una vez contaminada se puede volver foco de infecciones que afectan a todo el ecosistema (OMS, 2019).

2.2. METALES PESADOS

El término de “metal pesado” se refiere a aquellos metales de la tabla periódica cuyo peso específico es superior a 5 g/cm^3 (Cuellar, 2018). O que tienen un número atómico por encima de 20 (Morales *et al.*, 2010). Excluyendo generalmente a los metales alcalinos y elementos alcalinotérreos (Diez, 2008).

Según Méndez *et al.*, (2009), los metales pesados se encuentran generalmente como componentes naturales de la corteza terrestre, en forma de minerales, sales u otros compuestos, estos no pueden ser degradados o destruidos fácilmente de forma natural o biológica ya que no tienen funciones metabólicas específicas para los seres vivos.

2.3. PRINCIPALES METALES PESADOS

Los metales pesados no son biodegradables y tienen tendencia a acumularse en los seres vivos causando efectos carcinógenos en la salud debido a la exposición continua y a largo plazo, entre los principales metales pesados se encuentran: Antimonio (Sb), Arsénico (As), Bario (Ba), Cadmio (Cd), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Plomo (Pb), Manganeseo (Mn), Mercurio (Hg), Molibdeno (Mo), Níquel (Ni), Selenio (Se), Uranio (U) (Londoño *et al.*, 2016; Rodríguez, 2017).

a. VÍA DE ENTRADA DE LOS METALES PESADOS

Los metales pesados ingresan a los organismos mediante ingestión, vía dérmica o por inhalación, los medios por lo que normalmente se tiene contacto es por ingestión de alimentos, inhalación de polvo, contacto directo con suelo y aguas contaminadas (Parra, 2014).

b. METALES PESADOS EN EL AGUA

El agua contaminada por metales es el resultado de actividades antropogénicas los contaminantes son arrastrados hacia los cauces son provenientes de actividades mineras, fertilizantes, agua residual (Reyes *et al.*, 2016). Estas concentraciones aumentan en las épocas secas debido a que la disminución del volumen de los cuerpos de agua permite que los metales se solubilizan ocurriendo la concentración de los metales (Doria y Deluque, 2015).

2.4. CADMIO

El cadmio es un metal que se encuentra en la naturaleza y se utiliza para elaboración de las baterías recargables de níquel-cadmio, etiquetadas como NiCd o Ni Cd, además, muchos productos también contienen cadmio como cámaras, celulares y automóviles eléctricos, si bien la ingesta de cadmio en pequeñas cantidades tiene efectos insignificantes y no produce ningún síntoma y en cantidades moderadas pueden revelarse a través de pruebas de metales pesados (Londoño *et al.*, 2016).

2.4.1. EFECTOS DEL CADMIO EN EL AGUA

Se citan variaciones aún mayores para el contenido de cadmio del agua de lluvia, aguas dulces y las aguas superficiales en áreas urbanas e industrializadas, los niveles de 10 ug/L a 4000 ug/L dependen de la ubicación específica y de su medición o del cadmio total o del cadmio disuelto (Mero *et al.*, 2019).

El cadmio puede entrar en los sistemas acuáticos a través de la erosión de los suelos y el lecho rocoso, la descarga directa de deposición atmosférica de las operaciones industriales, las fugas de las llegadas a tierra y los sitios contaminados, y el uso dispersivo de lodos y fertilizantes en la agricultura, gran parte del cadmio que entra en las aguas dulces procedentes de fuentes industriales puede ser rápidamente absorbido por las partículas y, por lo tanto, los sedimentos pueden ser un sumidero importante para el cadmio emitido al medio acuático, los ríos que contienen exceso de cadmio pueden contaminar las tierras circundantes, ya sea a través del riego con fines agrícolas, el vertido de sedimentos dragados o las inundaciones. También se ha demostrado que los ríos pueden transportar cadmio a distancias considerables, hasta 50 km (Mero *et al.*, 2019).

2.5. TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS

2.5.1. BIOACUMULACIÓN

La bioacumulación se refiere al ingreso de los contaminantes en la cadena alimentaria, en tejidos biológicos por organismos acuáticos, de fuentes como el agua, alimentos y partículas de sedimentos en suspensión ambiental, además un aumento de la concentración de un metal en un organismo biológico a lo largo del tiempo, puede ocurrir siempre que los metales se tomen y almacenen más rápido de lo que se metabolizan o excretan (Tejada *et al.*, 2014).

2.5.2. BIOSORCIÓN

Es un proceso físico-químico que ocurre en ciertos tipos de biomasa microbiana inactiva, muerta, consiste en unir y concentrar metales pesados incluso a partir de soluciones acuosas muy diluidas, actúa como una sustancia química e intercambia iones de origen biológico, este método tiene como objetivo depurar aguas contaminadas con metales pesados provenientes del sector agrícola, industrial, aguas residuales (Tejada *et al.*, 2014).

La biosorción es una tecnología que representa una alternativa a los tratamientos de agua convencionales para la recuperación de metales pesados, permite la

reutilización de residuos agrícolas e industriales, y elimina agentes contaminantes de soluciones acuosas mediante el metabolismo (Plaza, 2012).

2.6. MATERIAL BIOSORBENTE DE METALES PESADOS

Las algas marinas como biomaterial son un gran potencial para utilizarse en proceso de biosorción por su abundancia pueden encontrarse a las orillas de las playas donde muchos las consideran como basura, al ser productos primarios debido a que realizan la fotosíntesis y de esta manera realizar funciones como producir compuestos de carbono orgánico (Vaca, 2018).

2.7. *Padina pavonica*

Dubinsky *et al.*, (2018) describe a *Padina Pavonica* como una macroalga de la familia *Dictyochophyceae*, se la puede encontrar en todo el mundo y crece principalmente en el océano atlántico, se registran aproximadamente 72 especies.

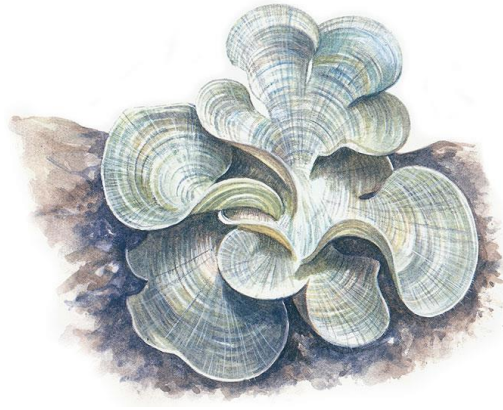
2.7.1. HÁBITAT

Se caracterizan por habitar en sustratos rocosos con mucha luz solar, en las zonas mareales e infra mareales de hasta 20 m de profundidad (Dubinsky *et al.*, 2018).

2.7.2. CARACTERÍSTICAS

Se caracteriza por tener un talo laminar de consistencia rígida de color blanco o amarillento, su composición es de carbonato de calcio compuesto que le da su característica estructura rígida. presenta pequeños filamentos de color oscuro en toda su superficie laminar, sus células son ovaladas y alargadas (González, 2014).

Figura 2. 1. *Padina Pavonica*



Fuente: (González, 2014)

2.8. *Acanthophora Specifera*

Es un alga roja de la familia *Rhodomelaceae*, ampliamente distribuida en los trópicos en mares templados cálidos, en el Atlántico central oriental y occidental, alrededor del Océano Índico y en el Pacífico central occidental, el género *Acanthophora* es predominantemente en zonas tropicales, pero la distribución de algunas especies se extiende a regiones templadas cálida (Quiroz *et al.*, 2018).

De acuerdo a Titlyanov *et al.*, (2017), la *Acanthophora specifera*, tiene un tamaño promedio es de 25 cm, su color varía de rosa claro pálido, marrón oscuro a verde o amarillo, sus ramas son lisas, cilíndricas, de 0,6 a 3,0 mm de diámetro, tiene ramificaciones irregulares radialmente, que son, escasas por debajo y más abundantes por encima, posee ramificaciones laterales determinadas que llevan espinas en forma de espolón de hasta 0,5 mm de largo; ápices de plantas puntiagudas, con trichoblastos dicotómicos parecidos a pelos que pueden envolver ápices maduros.

Figura 2. 2. *Anthophora Specifera*



Fuente: (Titlyanov *et al.*, 2017)

2.9. CAPACIDAD DE BIOSORCIÓN DE *Padina pavonica* y *Acanthophora specifera*

La composición de la pared celular de las algas es de estructuras de microfibrillas de celulosas y material amorfo y normalmente están cubiertas capas mucilaginosas su característica principal es su capacidad de absorción de metales debido al alginato, del 14-40% del peso seco de la biomasa está compuesta de alginato y su componente principal es el ácido algínico, un polímero que contribuye en la absorción de metales pesados (Lodeiro, 2015)

2.10. SISTEMA DE BIOSORCIÓN

Considerando lo descrito por Castello (2017), menciona que la biosorción es un proceso por el cual los átomos, iones o moléculas son atrapados o retenidos en la superficie de un material en contraposición a la biosorción, que es un fenómeno de volumen, es decir, es un proceso en el cual un contaminante soluble es eliminado del agua por contacto con una superficie sólida, el proceso inverso a la biosorción se conoce como desorción.

2.11. PARÁMETROS DE DISEÑO DE SISTEMA DE BIOSORCIÓN

De acuerdo a TecamySer (2016), los parámetros de diseño de un sistema de absorción se resumen en la velocidad lineal y el tiempo de contacto, incidiendo sobre esto el volumen del sistema debido a que la cantidad del biosorbente modifica la tasa de flujo y el tiempo de contacto.

Los parámetros a calcular serán:

- Tiempo de contacto
- Velocidad lineal

$$TC \frac{V_{CA}}{t_f} \quad [2.1]$$

Dónde:

TC = tiempo de contacto (min)

VCA = volumen del biosorbente (m³)

t_f = tasa de flujo (m³/h)

Según Hendricks (2011) es el valor de diseño típico de velocidad lineal varía entre 5 y 20 m/h.

$$vl \frac{T_f}{A_s} \quad [2.2]$$

Dónde:

vl=velocidad lineal (m/h)

t_f=tasa de flujo (m³/h)

A_s=área superficial (m²)

2.12. PARÁMETROS

Rivera *et al.*, (2018), menciona que los parámetros que contempla la investigación son los siguientes:

2.12.1. pH

La cantidad de iones hidrógeno o hidroxilo en una solución determina si la solución de la alcalinidad es relativa o la acidez de una solución, se emplea la escala de pH propuesta por primera vez por S.P.L Sorensen, un danés, en 1909 para identificar la concentración de iones de hidrógeno (H^+) e iones de hidróxido (OH^-) (Rivera *et al.*, 2018).

2.12.2. CONDUCTIVIDAD

La conductividad eléctrica es la medida de la cantidad de corriente eléctrica que un material puede transportar, tienen como característica ser intrínseca a conducir iones del material en suspensión (Solís *et al.*, 2018).

2.12.3. TEMPERATURA

De acuerdo a la Organización mundial de la salud ([OMS], 2018), la temperatura se refiere al calor o frialdad de un cuerpo, en términos específicos, es la forma de determinar la energía cinética de las partículas dentro de un objeto más rápido el movimiento de las partículas; más la temperatura y viceversa.

A continuación, se presentan los límites permisibles establecidos la OMS (2018) y el Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA, 2018).

Tabla 2. 1. Parámetros de calidad del agua.

| CONSTITUYENTE | ESTÁNDARES (LMP) TULSMA | OMS |
|---------------|----------------------------|---------|
| Ph | 6,9 | 6,5/8,5 |
| Cadmio | 0,001 | - |

2.13. MARCO LEGAL

El río Portoviejo unos de los principales recursos hídricos del cantón Portoviejo está afectado gravemente por su elevado grado de contaminación desde las partes altas hasta su desembocadura (El Comercio, 2003).

Por tal razón esta investigación se basa en las siguientes investigaciones y normativas.

- a) Constitución de la República del Ecuador Registro Oficial No. 449 del 20 de octubre de 2008.
- b) Objetivos y metas del Plan Nacional del Buen Vivir 2013 – 2017
- c) Políticas y Agendas Sectoriales
- d) Códigos Orgánico
- e) Reglamento ley recursos hídricos usos y aprovechamiento del agua Registro Oficial Suplemento 483 de 20-abr.-2015.
- f) Ley orgánica de recursos hídricos usos y aprovechamiento del agua registro oficial suplemento 305 de 06-ago.-2014.
- g) La Ley Orgánica de Salud, publicada en el Registro Oficial Suplemento No. 423 de 22 de diciembre de 2006.
- h) La Ley de Gestión Ambiental, publicada en el Registro Oficial Suplemento No. 418, de fecha 10 de septiembre de 2004.
- i) La Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, publicado en el Registro Oficial Suplemento No. 418, de fecha 10 de septiembre de 2004.
- j) Acuerdo ministerial No. 067
- k) Cuizano y Navarro (2008) en su investigación, Biosorción de metales pesados por algas marinas: Posible solución a la contaminación a bajas concentraciones. Describe que la biosorción es usada para la depuración de aguas residuales contaminadas por cadmio, mediante el uso de biomasa como: algas, levaduras, hongos etc.
- l) El proceso de biosorción consiste en varios componentes: sólidos (biosorbente) y líquida (solvente) que comúnmente es agua, que contienen el contaminante, en este proceso los contaminantes son atraídos por el biosorbente que se encuentra en el solvente que mediante mecanismo es enlazado, finalizando en un equilibrio entre el sorbato que se encuentra disuelto y el enlazado (Cuizano y Navarro, 2008).
- m) La eficiencia de las algas en el proceso de biosorción de metales pesados se caracteriza por contener grupos funcionales con elevada densidad electrónica como fucoidanos y alginatos siendo los últimos los responsables del proceso de biosorción (Reyes *et al.*, 2009).
- n) Tejada y Villabona (2015), en su investigación biosorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico, hacen un análisis sobre la contaminación ambiental por efluentes industriales y sus altas cargas de metales pesados, además, plantean el uso de biosorbentes como materiales lignocelulósicos para remover los contaminantes.
- o) Entre estos materiales biosorbentes destacan las algas, biomasa residual, algunos biopolímeros, plantas debido a su capacidad de absorber los metales pesados de forma iónica. Entonces la eficiencia del biosorbente está relacionada a la cantidad del sorbato que pueda atraer, esto ha impulsado la búsqueda de materiales biosorbentes baratos con altos

porcentajes de eficiencia para remover los contaminantes presentes en el agua (Tejada y Villabona, 2015).

- p) Reyes *et al* (2009), indica que las algas marinas del litoral peruano como biosorbente potenciales de ion Cu (II) en tratamiento de efluentes industriales, donde evalúan algas marinas en la remoción de Cu (II), además, las algas marinas utilizadas en el estudio se recolectaron a la orilla de la playa, estas fueron desinfectadas para posteriormente ser acondicionadas, como resultado se obtuvo que los iones del metal pesado en estudio fueron absorbidos rápidamente por algas como *Macrocystis integrifolia* y *Bory Lessonia nigrescens* fueron eficientes.

2.14. MARCO REFERENCIAL

2.14.1. BIOSORCIÓN DE CD, PB Y ZN POR BIOMASA PRETRATADA DE ALGAS ROJAS, CÁSCARA DE NARANJA Y TUNA

Vizcaíno y Fuentes (2014), estudiaron la influencia de la absorción de metales pesados con tratamientos de biomasa de algas rojas, cáscara de naranja y tunas. La eficiencia de remoción se determinó mediante un reactor de flujo continuo de columna fija con un volumen líquido de 400 mL, 75 g de biomasa y tiempos de retención promedio de 1 y 2 h. Los resultados mostraron una eficiencia similar de las tres biomazas para remover Cd y Pb, con promedios superiores al 95%, mientras que el Zn se removió con mejor eficiencia (62%) al emplear tuna modificada como sorbente.

Los tratamientos ejecutados se detallan a continuación:

Tabla 2. 2. Tratamientos ejecutados en el diseño experimental

| BIOMATERIAL | Ensayo | Tr (min) | Caudal Prom. (mL/min) | Volumen tratado (mL) |
|-------------|--------|----------|-----------------------|----------------------|
| A1 | ACT1 | 64,19 | 1,56 | 55,03 |
| | ACT2 | 112,4 | 0,89 | 94,03 |
| N2 | NCT1 | 64,27 | 1,56 | 55,09 |
| | NCT2 | 123,25 | 0,81 | 102,81 |
| T2 | TCT1 | 79,1 | 1,26 | 67,09 |
| | TCT2 | 128,6 | 0,78 | 107,14 |

ACT1, NCT1 y TCT1 (ensayos en continuo con alga, naranja y tuna a tiempo de contacto 1), ACT2, NCT2 y TCT2 (ensayos en continuo con alga, naranja y tuna a tiempo de contacto 2), Tr tiempo de retención.

Las concentraciones finales más bajas para Cd y Zn fueron registradas por las algas rojas. Las tres biomásas reportaron eficiencias de remoción de Cd superiores al 99%, mientras que para Pb los mejores porcentajes fueron reportados por A1 (97%), N2 (99%) y T2 (96%). De acuerdo con los resultados se puede afirmar que el pretratamiento solo es necesario para incrementar la capacidad de captación de Zn. Sin embargo, debido a que en condiciones reales los efluentes contaminados con metales generalmente presentan una gran variedad de iones disueltos, resulta necesario pretratar todas las biomásas para lograr una remoción eficiente de todos los metales evaluados en una misma solución.

Tabla 2. 3. Resultados del diseño experimental

| Tipo de biomaterial | Tipo de pretratamiento | Concentraciones (mg/l) | | | q (mg/g) | | | Remoción | | |
|---------------------|------------------------|------------------------|------|-------|----------|-------|-------|----------|------|------|
| | | Cd | Pb | Zn | Cd | Pb | Zn | Cd | Pb | Zn |
| Algas Rojas | A1 | 0,55 | 2,2 | 22,45 | 0,386 | 1,527 | 2,539 | 99,3 | 97,3 | 71,9 |
| | A2 | 0,46 | 3 | 33,69 | 0,392 | 1,470 | 1,736 | 99,4 | 96,3 | 57,9 |
| | A3 | 0,93 | 7,1 | 41,88 | 0,359 | 1,177 | 1,151 | 98,8 | 91,1 | 47,7 |
| Cáscara de naranja | N1 | 0,47 | 3,2 | 29,35 | 0,392 | 1,455 | 2,046 | 99,4 | 96 | 63,3 |
| | N2 | 0,29 | 0,26 | 15,03 | 0,404 | 1,665 | 3,069 | 99,6 | >99 | 81,2 |
| | N3 | 0,44 | 1,6 | 47,94 | 0,394 | 1,570 | 0,719 | 99,5 | 98 | 40,1 |
| Tuna | T1 | 0,4 | 15 | 37,4 | 0,397 | 0,612 | 1,471 | 99,5 | 81,3 | 53,3 |
| | T2 | 0,26 | 5,8 | 13,03 | 0,407 | 1,270 | 3,212 | 99,7 | 92,8 | 83,7 |
| | T3 | 0,63 | 3,3 | 48,53 | 0,380 | 1,448 | 0,676 | 99,2 | 95,9 | 39,3 |

A1 (alga tratada con NaOH), A2 (alga tratada con Ca (OH)₂), N1 y T1 (naranja y tuna tratada con NaOH) N2 y T2 (naranja y tuna tratada con NaOH y CaCl₂), A3, N3 y T3 (alga, naranja y tuna natural).

2.14.2. ELIMINACIÓN DE CROMO Y CADMIO MEDIANTE *Scenedesmus obliquus* EN ESTADO INMOVILIZADO

Pellón *et al.* (2005), evaluaron la eficiencia de un sistema de tratamiento biológico a partir de microalgas para la eliminación de Cadmio y Cromo en aguas residuales de un taller de galvanotecnia (ARTG)

Para llevar a cabo la posible eliminación de los iones Cr(III) y Cd(II), se decidió realizar los experimentos utilizando, la microalga en estado inmovilizado así como comenzar con una concentración inicial de Cr(III) entre 80 y 90 mg/L, por ser el intervalo de concentración con el que se obtuvo mayor eficiencia de eliminación de Cr(III), utilizando la microalga en estado libre.

Como resultado se obtuvo que las microalgas inmovilizadas resultaron efectivas en la eliminación de los iones cromo y cadmio presentes en las aguas residuales con una eficiencia del 92,40 y 95,0 % respectivamente.

La inmovilización de la microalga *Scenedesmus obliquus* permitió que no fuese afectada morfológicamente por las concentraciones de Cr(III) y Cd(II), así como por el pH del agua residual una vez sometida a tratamiento. La acción del *Scenedesmus obliquus* sobre el agua residual a tratar permitió recuperar del 83 % al 85 % de los iones Cr(III) y Cd(II) que se encontraban en disolución en el agua residual al inicio del experimento.

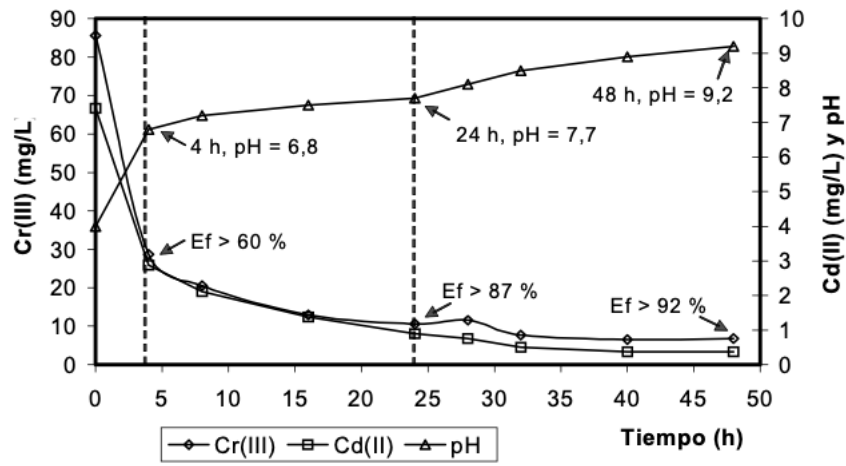


Figura 2. 3. Resultados de la eliminación de Cromo y Cadmio a diferentes tiempos de experimentación

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

Las muestras de agua fueron tomadas en el río Arenales, en la unión conecta el río Portoviejo y el río Sucre en la parroquia Crucita en las coordenadas, X= 553774, Y= 9911881 en sistemas de coordenadas UTM WGS (1984).

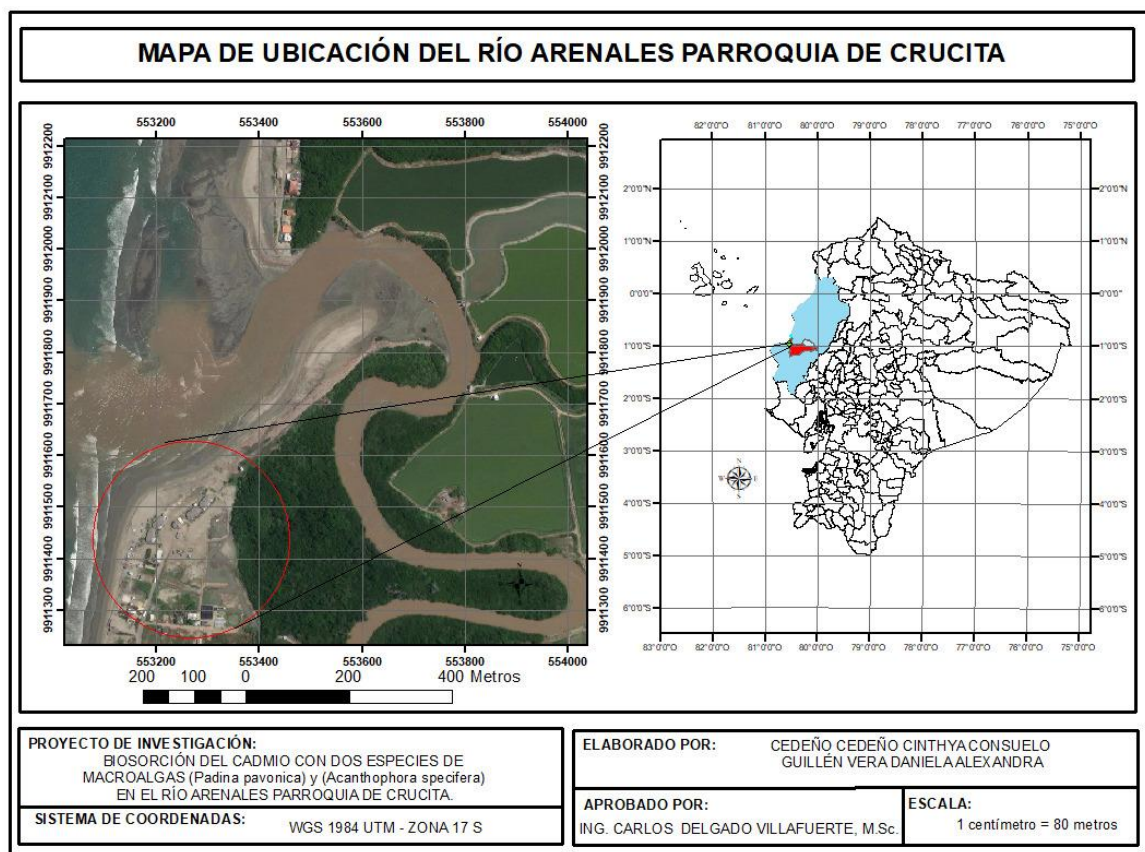


Figura 3. 1.Ubicación del río Arenales.

3.2. DURACIÓN DEL TRABAJO

La investigación se efectuó en 9 meses, correspondientes a la etapa de ejecución y desarrollo del estudio de biosorción.

3.3. VARIABLES DE ESTUDIO

La investigación consta de las siguientes variables de estudio:

3.3.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Biosorción de las macroalgas, *Padina Pavonica* y *Acanthophora Specifera*.

3.3.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Remoción del cadmio en agua del río Arenales.

3.4. MÉTODOS Y TÉCNICAS

3.4.1. EXPERIMENTAL

Se realizó un estudio de tipo experimental, debido a que se tomaron muestras de agua, antes y después del tratamiento con algas, Serrano *et al.*, (2010) describe que los métodos experimentales son un tipo de recopilación de datos que pueden utilizarse para evaluar el conocimiento teórico y que a menudo se identifican como fundamentales para el pensamiento y la práctica no representativos.

3.4.2. TÉCNICA DE CAMPO

Esta técnica consiste en la recopilación de información *in situ* que permite interactuar con el medio en estudio, para un propósito específico (García y Cruz, 2013). Para ello se realizó una visita *in situ* para conocer las causas de contaminación del río, mediante una encuesta que se les hará a los habitantes, además, de tomar las muestras respectivas para realizar los análisis del agua para conocer las concentraciones de cadmio.

3.4.3. BIBLIOGRÁFICA-DOCUMENTADA

Es el proceso esencial en la investigación, permite la clasificación, evaluación, selección, recolección y análisis de material teórico conceptual y metodológico, que servirá de base teórica para el desarrollo de una investigación, este método se

encarga de analizar información de una nueva temática y obtener bases metodológicas para su desarrollo (Coyuntura, 2013).

3.5. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

3.5.1. INDUCTIVO

El método inductivo se basa en la aplicación del razonamiento deductivo a la evidencia observable, los investigadores recopilan información general y saca conclusiones específicas sobre las características basadas en la experiencia, el conocimiento y el pensamiento crítico (Vargas, 2014).

3.5.2. ESTADÍSTICO

El análisis estadístico es la ciencia de recopilar, explorar, organizar y explorar patrones y tendencias utilizando sus diversos tipos, cada uno de los tipos de estos análisis estadísticos utiliza métodos estadísticos como, regresión, media, desviación estándar, determinación del tamaño de la muestra y prueba de hipótesis, son los resultados en la producción que utilizan las organizaciones para reducir el riesgo y predecir las próximas tendencias para hacer sus posiciones en el mercado competitivo. (Luceño y González, 2015).

3.6. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.6.1. ENCUESTA

La encuesta es una técnica destinada a la recopilación de información mediante la interrogación hacia la parte interesada, que tiene como objetivo obtener información que permite analizar conceptos de los que se genera una problemática, los instrumentos para la obtención de información son cuestionarios (Roldan y Fachelli, 2016).

3.7. UNIDAD EXPERIMENTAL

a) FACTOR EN ESTUDIO

- Macroalgas
- Concentración de cadmio

NIVELES DEL FACTOR

A: *Padina Pavonica*

B: *Acanthophora specifera*

3.7.1. TRATAMIENTOS

Tabla 3. 1. Tratamientos

| Tratamiento | 250 mg/l | Gramos del absorbente |
|----------------|---------------|-----------------------|
| T ₁ | 50% A - 50% B | 20 g |
| T ₂ | 25% A - 75% B | |
| T ₃ | 75% A - 25% B | |

Tabla 3. 2. Unidades experimentales.

| UNIDADES | Nomenclatura |
|----------------|-------------------------------|
| U ₁ | T ₁ R ₁ |
| U ₂ | T ₁ R ₂ |
| U ₃ | T ₁ R ₃ |
| U ₄ | T ₂ R ₁ |
| U ₅ | T ₂ R ₂ |
| U ₆ | T ₂ R ₃ |
| U ₇ | T ₃ R ₁ |
| U ₈ | T ₃ R ₂ |
| U ₉ | T ₃ R ₃ |

Para esta investigación experimental se ajustó un diseño simple completamente al azar (DCA), donde se realizaron 3 réplicas para cada tratamiento obteniendo un total de 9 unidades experimentales.

Tabla 3. 3. Cuadro ANOVA.

| Fuente de variación | Grados de libertad |
|---------------------|--------------------|
| Tratamientos | 2 |
| Error experimental | 6 |

| | |
|-------|---|
| Total | 8 |
|-------|---|

Se realizó un sorteo al azar para establecer la distribución del diseño resultando el siguiente esquema.

Tabla 3. 4. Distribución del experimento.

| Tratamiento y réplicas | | |
|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| T ₃ R ₃ | T ₁ R ₁ | T ₂ R ₂ |
| T ₁ R ₂ | T ₃ R ₂ | T ₃ R ₁ |
| T ₂ R ₃ | T ₁ R ₃ | T ₂ R ₁ |

3.8. ANÁLISIS DE VARIANZA

Se realizó la prueba ANOVA de una vía para un diseño completamente al azar de un solo factor, se comprobó las diferencias entre grupos usando la prueba de Tukey.

3.9. PROCEDIMIENTO

Esta investigación se desarrolló con base en los objetivos específicos:

3.9.1. FASE I. DIAGNOSTICAR LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA COMUNIDAD LA BOCA PARROQUIA CRUCITA.

Para diagnosticar la situación actual de la comunidad y las muestras de aguas se ejecutaron las siguientes actividades:

Actividad 1. Aplicación de la encuesta

Se aplicó la encuesta con el objetivo de identificar la percepción de los habitantes de la comunidad Río Arenales, sobre la situación actual de la contaminación del río. La encuesta se aplicó a 20 familias localizadas en la cuenca baja del río Arenales. Plata e Ibarra (2016), recomiendan aplicar las encuestas a participantes adultos, especialmente jefes de familia.

Actividad 2. Toma de muestras del agua

Para realizar la toma de muestra de agua se realizó una visita *in situ* al área de estudio, tomando en cuenta las consideraciones de la norma INEN 2169:2013 agua sobre calidad del agua y muestreo para el manejo y conservación de muestras.

El muestreo fue compuesto, consistiendo en la unión de varias muestras puntuales y tiene como objetivo conocer la conformidad de un límite permisible basado en la calidad promedio del agua. En su totalidad se tomaron 11 muestras de manera aleatoria a lo largo del río.

Las muestras que se utilizaron para la determinación de parámetros físicos y químicos, se llenaron los frascos completamente y se taparon de tal forma que no quedara aire sobre la muestra. De acuerdo a Barrueta (2015) esto limita la interacción de la fase gaseosa y la agitación durante el transporte (así se evita la modificación del contenido de dióxido de carbono y la variación en el valor del pH, los bicarbonatos no se conviertan a la forma de carbonatos precipitables; el hierro tienda a oxidarse menos, limitando las variaciones de color, etc.).

Las muestras se tomaron a una profundidad de 20cm en el centro de la corriente, en dirección opuesta al flujo de agua y se almacenaron en un frasco de plástico de boca ancha esterilizados (Barrueta, 2015).

Actividad 3. Identificación de las muestras

Antes de realizar la toma de muestra, se procedió a rotular los recipientes tomando en cuenta las especificaciones de (Olivas, 2011) donde las etiquetas deben ser escritas con letra clara y legible, protegida con cinta adhesiva transparente incluyendo la siguiente información:

- ID de la muestra (número-orden de la muestra).
- Lugar del punto de muestreo.
- Fecha y hora de la toma de la muestra

Actividad 4. Conservación de las muestras

Durante el transporte las muestras se mantuvieron refrigeradas a una temperatura promedio de 6°C para evitar la proliferación de microorganismos, se debe evitar

congelar las muestras y el transporte tiene que ser realizado en el menor tiempo posible para prevenir cambios en los parámetros de calidad del agua (Ramírez, 2021).

Actividad 5. Análisis de campo

Los parámetros cuya medición puede realizarse directamente en campo, se lo realizó “*in situ*” establecidos en el plan de muestreo, mediante la metodología de Ramírez (2021), se utilizó el potenciómetro, medidor multiparámetro con un electrodo / Sonda de pH 201T y el Electrodo / Sonda de Conductividad 2301T-S BPB para realizar los análisis fisicoquímicos (pH, temperatura °C), para realizar este proceso se esperó a que la marea estuviera baja.

3.9.2. FASE II. COMPROBAR LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DEL CADMIO MEDIANTE UN SISTEMA DE BIOSORCIÓN.

Actividad 6. Preparación del biosorbente.

Las algas *Padina Pavonica* y *Acanthophora specifera*, se recolectaron en la playa Ballenita en las coordenadas X=514360, Y=9756917, una vez recolectadas, se limpiaron para retirar residuos marinos y arena, después se empacaron en una hielera para su conservación siguiendo las especificaciones de Vaca (2012).

En el laboratorio se las cortaron y desinfectaron para evitar que los resultados sean comprometidos, luego se lavaron con agua destilada a 40 °C para eliminar aceites esenciales y diferentes impurezas.

Después se procedió a realizar el secado y disgregación de la biomasa para realizar este proceso se utilizó la metodología de Vaca (2012) que comprende de los siguientes pasos:

- Se procedió a esparcir las diferentes especies de macroalgas, dejándolas secar al ambiente por tres días
- Para obtener un peso constante, la biomasa se trituró y almacenó para su posterior uso.
- Disgregación: en esta etapa se disgregaron las macroalgas secas, mediante un molino hasta pulverizar de esta manera obtener la biomasa a utilizar en

el sistema de biosorción, el material obtenido se almacenó en fundas con cierre hermético con su respectivo etiquetado información que incluía, peso y especie.

- Se procedió a esparcir las diferentes especies de macroalgas, dejándolas secar al ambiente por tres días
- De la misma forma para obtener un peso constante, la biomasa se trituró y almacenó para su posterior uso.

Actividad 7. Implementación del sistema de biosorción

Se construyeron las unidades físicas de adhesión para la cual se adaptó la metodología descrita por Bravo y Garzón, (2017) para los requerimientos del presente trabajo de investigación.

- a) Se procedió a perforar dos tapas de tubo plástico (4 pulgadas) a una medida de ½ pulgada, a cada tapa se le instaló un conector. El tubo donde se almacenaría la biomasa y ocurriría el proceso de biosorción se lo cortó a un tamaño de 25cm.
- b) También se colocó una malla de tul poliéster en la parte inferior del sistema, para que sirva de filtro o escurridor.
- c) Se colocaron tubos de ½ pulgada en el extremo en la salida del fluido, para conservar la impermeabilidad se reforzaron con cinta teflón.
- d) para la salida del agua, se conectaron válvulas de ½ pulgada en el tubo conectadas a otro tubo más pequeño.

Actividad 8. Cálculo del porcentaje de remoción

Para el parámetro cadmio se procedió a calcular el porcentaje de remoción mediante la metodología de (Chuchón y Aybar, 2008) de acuerdo con la ecuación 3.1.

$$\% \text{ de remoción} = \frac{V_i - V_f}{V_i} \times 100 \quad [3.1]$$

En donde:

% Remoción

V_i = Parámetro inicial

V_f = Parámetro final

3.9.3. FASE III. EVALUAR LOS COSTOS DEL TRATAMIENTO MÁS EFICIENTE.

Actividad 9. Análisis de costo del tratamiento más eficiente

Se utilizó la ecuación de costo de este para generar un presupuesto, utilizando la metodología propuesta por Vinza (2012), donde se tomaron en cuenta los siguientes factores de producción.

- Materia prima
- Mano de obra directa
- Gasto de producción

La ecuación a utilizada fue la ecuación 3.2

$$CP = (Mp + Mod + GP) \quad [3.2]$$

En dónde:

CP = Costo de producción

Mp = Materia prima

Mod = Mano de obra directa

Gp = Gasto de producción

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL EN LA COMUNIDAD LA BOCA DE LA PARROQUIA CRUCITA

4.1.1. PERCEPCIÓN DE LOS HABITANTES DE LA COMUNIDAD RÍO ARENALES, SOBRE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA CONTAMINACIÓN DEL RÍO.

La aplicación de la encuesta a 20 familias localizadas en la cuenca baja del río Arenales determinó la siguiente información:

4.1.2. OBTENCIÓN DE LÍQUIDO VITAL EN LAS ACTIVIDADES DIARIAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO

En el **gráfico 4.1** se muestran los resultados sobre la procedencia del agua que utilizan los habitantes del sitio Arenales para realizar sus actividades diarias, el 100% de los encuestados describió que extraen el agua de pozos mediante bombas de succión eléctricas, estos pozos consisten de perforaciones en el suelo revestidos con tubos PVC.

Según UNICEF (2010), las perforaciones en el suelo para suministrar agua en los hogares es una de las prácticas más utilizadas en América Latina en especial en zonas rurales y pequeñas comunidades, convirtiéndose en una solución idónea debido a sus bajos costos. No obstante, Vázquez (2014), describe que el agua de pozo a estar en contacto directo con el suelo es más propensa a ser contaminadas por agentes microbiológicos y químicos frecuentemente por el uso de agroquímicos aplicados para el control de plagas y malezas, normalmente la contaminación de los pozos surge después de realizar la excavación por la presencia de los contaminantes en el suelo.

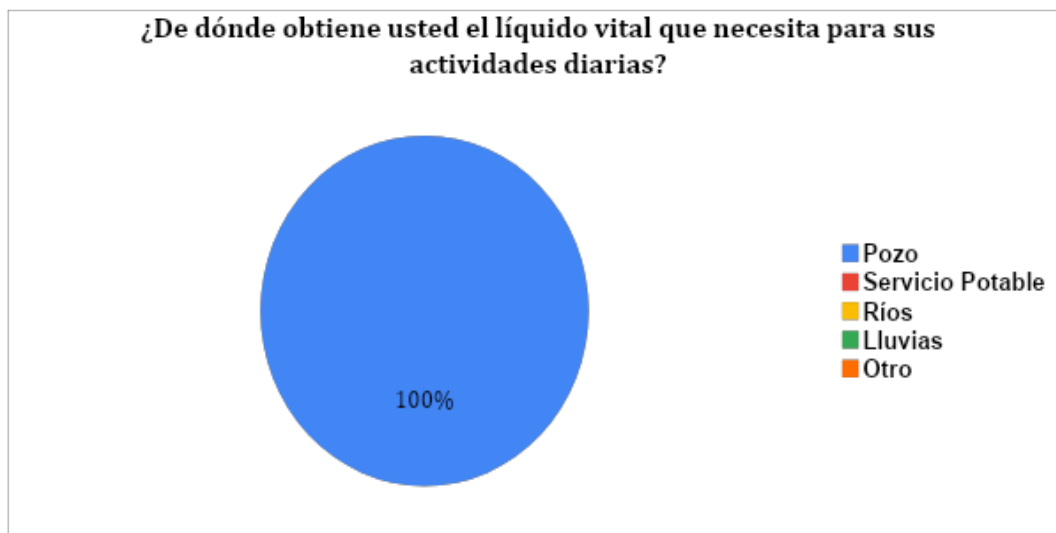


Gráfico 4. 1. De donde proviene el agua utilizada.

4.1.3. CALIDAD DEL AGUA DE LA COMUNIDAD LA BOCA – CRUCITA

De acuerdo al **gráfico 4.2**, el 83% de los encuestados saben que el agua está contaminada, debido a su calidad (olor, sabor, color) cabe mencionar que ellos arrojan basura, descargan aguas residuales, y realizan actividades agrícolas con agroquímicos cerca de las fuentes de agua, mientras que el 17% restante desconocen la situación de la calidad el agua.

Según la FAO (2018), el contaminante químico que más afecta a los acuíferos subterráneos es el agroquímico producto de actividades agrícolas y no todos sus usuarios conocen el peligro del uso de estas sustancias. Por otra parte, Chávez (2018), describe que a la altura de la parroquia Picoazá se detectó en los sedimentos concentraciones de cadmio. Macias y Díaz (2010), consideran que los asentamientos poblacionales a lado del río Portoviejo donde realizan descargas que directamente provocan focos de contaminación, por otro lado, se encuentran las lubricadoras, camales y hospitales que tributan a la contaminación del río y quebradas.

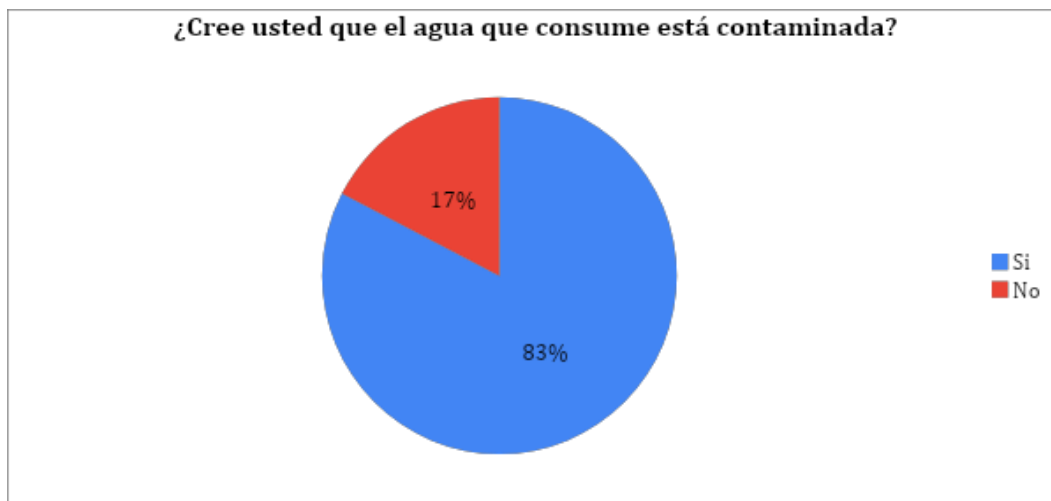


Gráfico 4. 2. Estado del agua para consumo (contaminación).

4.1.4. PROBLEMÁTICAS AMBIENTALES QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO ARENALES

En el **gráfico 4.3**, muestran los resultados de la pregunta referente a las problemáticas ambientales, donde el 100% de los encuestados alegaron que las problemáticas ambientales sí afectan la calidad del agua del río Portoviejo en el sitio Arenales. Quiroz e Intriago (2021), indican que las problemáticas ambientales que afectan a la calidad del agua del río Portoviejo y aportan a la degradación es la falta de cobertura del sistema de alcantarillado, mala calidad de las estaciones de depuración de aguas residuales, descargas ilegales de aguas residuales y el uso de fitosanitarios.

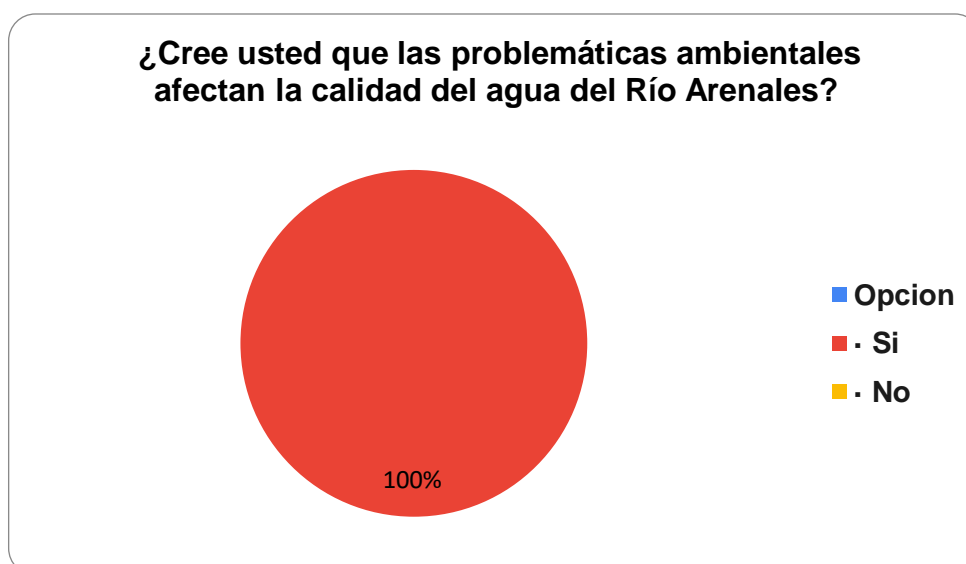


Gráfico 4. 3. Problemáticas ambientales en el río Portoviejo, sitio Arenales en la parroquia Crucita.

4.1.5. PRINCIPALES CONTAMINANTES DEL AGUA EN EL SITIO LA BOCA – CRUCITA

Como se muestra en el **gráfico 4.4**, el 62% de los encuestados consideran que la principal fuente de contaminación del agua es el uso de fertilizantes químicos, el 14% por uso y explotación de productos orgánicos derivados del petróleo, el 12% por desechos tóxicos presentes en el agua, mientras que el 12% el uso de fertilizantes sintéticos.

Quiroz *et al.*, (2017), en un estudio encontró que las aguas del río Portoviejo son contaminadas por diversos agentes, entre ellos el incremento de la concentración de fosfato, altos valores de DBO5, turbidez, sólidos disueltos, baja concentración de Oxígeno disuelto y altas concentraciones de coliforme fecales. Además, Quiroz *et al.*, (2018) en su estudio detectó que las concentraciones bajas de oxígeno disuelto aumentan mientras avanza el cauce producto del vertido aguas residuales, provocando que el río no se auto depure de forma natural.

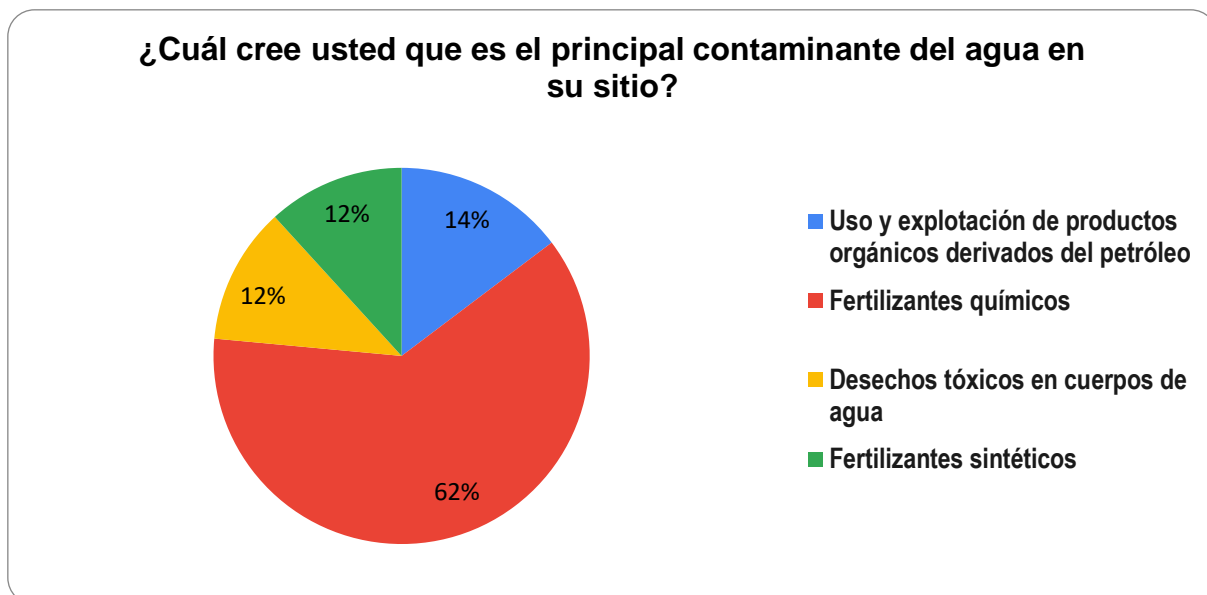


Gráfico 4. 4. Principales contaminantes del agua.

4.2. ESTABLECIMIENTO DE LOS PUNTOS DE MUESTREO.

Se realizó un muestreo compuesto en el sitio Arenales en el estuario que conecta al río Portoviejo y el río Sucre, se tomaron un total de 11 muestras puntuales de manera aleatoria a lo largo del río a una profundidad de 20cm en el centro de la corriente, en dirección opuesta al flujo de agua. A continuación, se detalla las coordenadas en UTM en la **tabla 4.1** y **figura 4.1**

Tabla 4. 1. Puntos de muestreo en el sitio.

| N° | ESTE | NORTE | UTM |
|-----|--------|---------|-------|
| P1 | 553754 | 9911914 | WGS84 |
| P2 | 553591 | 9911716 | WGS84 |
| P3 | 553780 | 9911731 | WGS84 |
| P4 | 553715 | 9911961 | WGS84 |
| P5 | 553774 | 9911881 | WGS84 |
| P6 | 553803 | 9911808 | WGS84 |
| P7 | 553577 | 9911687 | WGS84 |
| P8 | 553568 | 9911661 | WGS84 |
| P9 | 553565 | 9911644 | WGS84 |
| P10 | 553571 | 9911611 | WGS84 |
| P11 | 553578 | 9911681 | WGS84 |

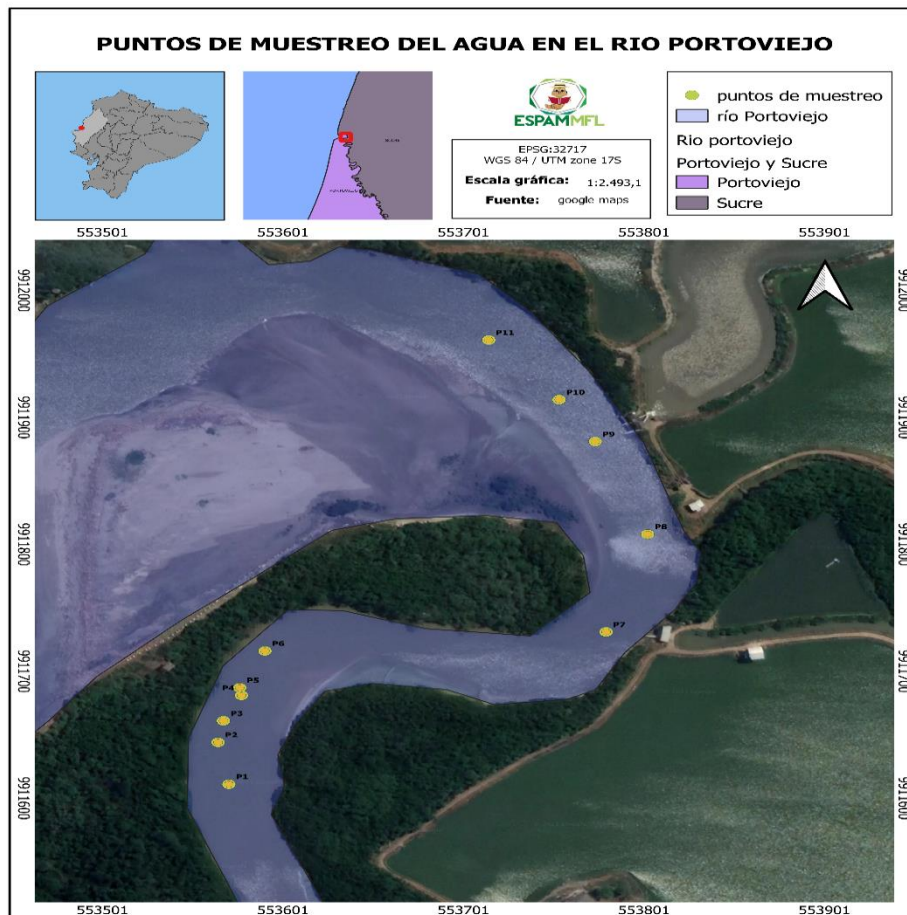


Figura 4. 1. Mapa de puntos de muestreo.

4.2.1. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DEL AGUA

Se realizó el análisis fisicoquímico del agua a tratar en la investigación antes y después de haber aplicado los tratamientos, los parámetros analizados fueron el pH y la temperatura con la finalidad de conocer algún cambio en el proceso de biosorción.

Como se puede observar en la **tabla 4.2** el pH del agua no tuvo cambios significativos, de acuerdo a Sainz (2006), el pH a ser concentraciones de iones de hidrogeno de una solución, y al aumentar la temperatura el agua se ioniza por lo que hay un aumento de iones de hidrógenos resultando de esto la disminución del pH, es recomendable realizar el proceso de biosorción con pH mayores a 5 ya que determinan la eficiencia del proceso (Dioniso, 2012).

Tabla 4. 2. Análisis fisicoquímicos del agua antes y después de la experimentación.

| TRATAMIENTOS | pH inicial | pH final | Temperatura inicial | Temperatura final |
|--------------|------------|----------|---------------------|-------------------|
| T1 | 7,15 | 6,7 | 25,3 °C | 27°C |
| T2 | 7,15 | 6,5 | 25,3 °C | 27°C |
| T3 | 7,15 | 6,8 | 25,3 °C | 27°C |

4.3. EFICIENCIA DE REMOCIÓN DEL CADMIO MEDIANTE UN SISTEMA DE BIOSORCIÓN

4.3.1. IDENTIFICACIÓN Y RECOLECCIÓN DE LAS ALGAS PARA OBTENCIÓN DE LA BIOMASA

Las algas de *Padina pavonica* y *Acanthophora Specifera* fueron recolectadas en la comuna de Ballenita coordenadas X=514360, Y=9756917 ubicada a 5 km de la ciudad de Santa Elena. Vaca (2018), menciona que en particular las algas marinas son potencialmente eficientes en el proceso de biosorción de cadmio y que pueden ser fácilmente recolectadas a orillas de la playa.

4.3.1.1. *Padina Pavonica*



Figura 4. 2. Padina Pavonica.

Cómo se observa en la **figura 4.2.** la macroalga cuenta con un talo (cuerpo del alga) de forma laminar de 15 cm con una coloración pardo amarillento de formación

redondeada en abanico, el talo está compuesto por finas líneas concéntricas dichas características coinciden con las descritas por (González, 2014).

4.3.1.2. *Acanthophora specifera*



Figura 4. 3. *Acanthophora specifera*.

Como se observa en la figura 4.3. la macroalga mide 25 cm, su color es de marrón oscuro, con ramas lisas cilíndricas de 2mm de diámetro con ramificaciones con espinas en forma de espolón de 0,4 mm de largo, sus ápices son puntiagudos que tienen tricoblastos dicotómicos todas estas características coinciden con las descritas por (Titlyanov *et al.*, 2017).

4.3.2. DISEÑO DEL SISTEMA DE BIOSORCIÓN

En la figura 4.4 se describe el diseño del sistema de biosorción basados en el estudio de Garzón y Bravo (2017). Este diseño de las unidades experimentales consistió en un tubo plástico de (4 pulgadas) de 25 cm de longitud con conectores de ½ pulgada y 5 cm de largo en cada tapa, en la parte final se colocó una malla de poliéster en la parte inferior del sistema, que sirvió de filtro o escurridor. Se instalaron válvulas de 1 / 2 pulgada al final cada tubo (1 / 2 pulgada) de 5 cm, después, en la salida del sistema se instalaron válvulas que permitieron el control del agua, con caudal de salida de 32,35 ml/s.

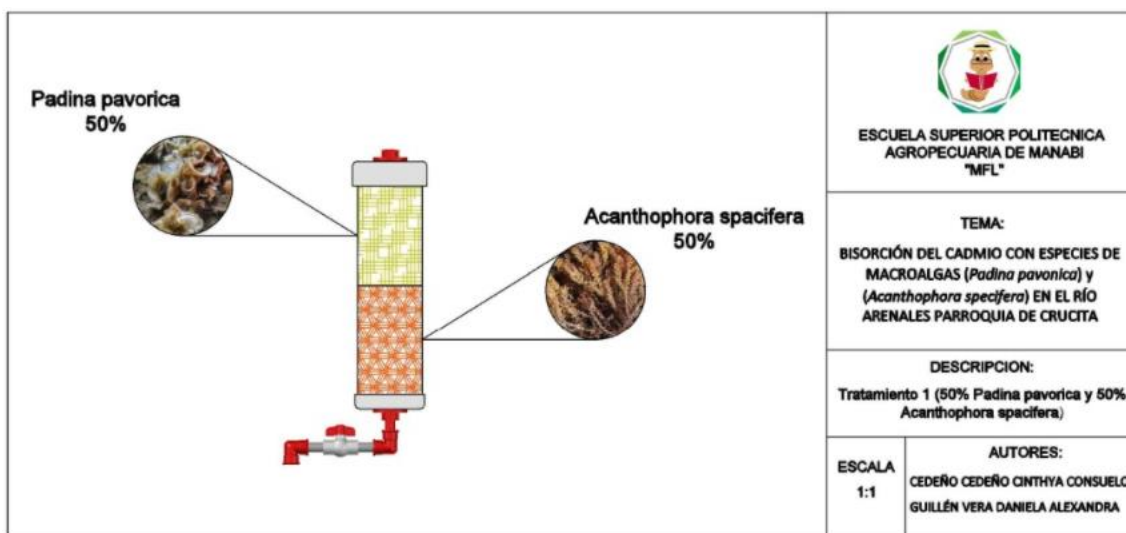


Figura 4. 4. Parámetros de diseño del sistema.

En la **figura 4.4** se muestra la composición de los tratamientos la cual consistió en: tratamiento 1 (T₁) 50% de *Padina Pavonica* y 50% de *Acanthophora spicifera*, tratamiento 2 (T₂) 25% de *Acanthophora spicifera* y 75% de *Padina Pavonica*, tratamiento 3 (T₃) 25% de *Padina Pavonica* y 75% de *Acanthophora spicifera*.

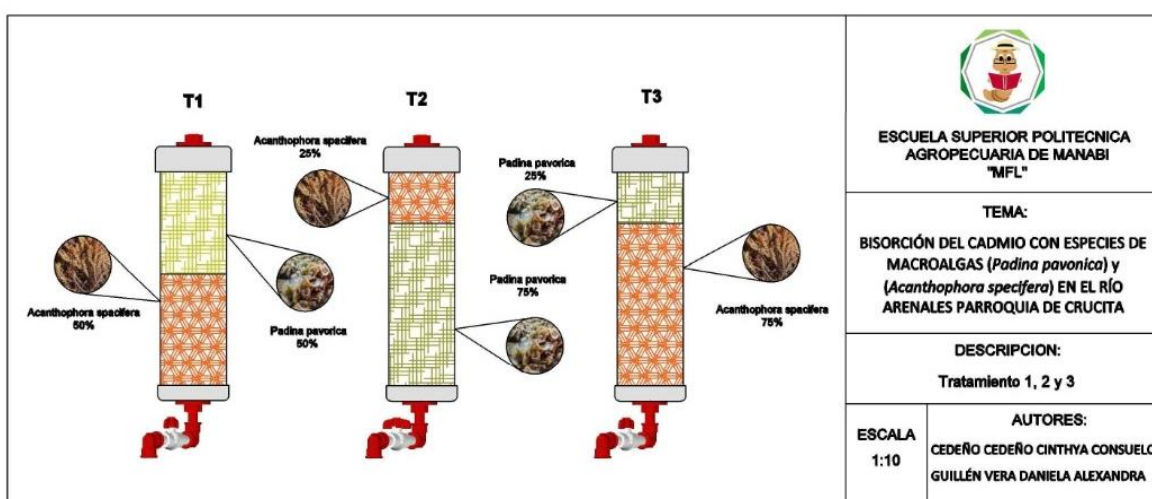


Figura 4. 5. Esquema de los tratamientos.

Una vez implando el sistema, se puso en marcha el proceso de biosorción siguiendo la metodología de Vaca (2018) donde se colocaron 20g del material biosorbente en 250 ml de agua. **Figura 4. 6.** Foto, en el proceso de biosorción duro 72 horas.

4.3.3. CARACTERIZACIÓN DEL CADMIO EN EL RÍO ARENAL

Se caracterizó el agua a utilizar en el sistema de biosorción y posterior a su tratamiento mediante análisis químico para la detección de concentraciones de cadmio (**ver Anexo 2 y 3**) a través del método: plasma de acoplamiento inductivo (ICP-AES), los resultados se muestran en la tabla 4.3. Además, la concentración del Cadmio supera **(0,20mg/l)** de los límites permisibles descritos en el Acuerdo Ministerial 097-A del Texto Unificado Legislación Secundaria, Medio Ambiente, Libro VI, donde describe valores de calidad admisible para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuario.

4.3.4. REMOCIÓN DE CADMIO CD DEL PROCESO DE BIOSORCIÓN

Aplicado sistema de biosorción se muestra en la **tabla 4.3**, las concentraciones de cadmio al inicio y al final, y la eficiencia de remoción. Es así que la composición de los tratamientos de algas de *Padina pavonica* y *Acanthophora Specifera* empleados disminuyeron la concentración del cadmio, donde T2 (25% de *Acanthophora Specifera* y 75% de *Padina Pavonica*) resultó ser el mejor tratamiento con una remoción de 89,8 %, por su lado el T1(50% de *Padina Pavonica* y 50% de *Acanthophora Specifera*) obtuvo 89,7% de eficiencia y por último el T3 (25% de *Padina Pavonica* y 75% de *Acanthophora Specifera*). Demostrándose que los tres tratamientos disminuyeron la concentración del Cadmio y por ende se encuentran por debajo la normativa nacional vigente.

Lo que se relaciona con Vaca (2018), en el estudio de *Acanthophora Specifera* y *Padina Pavonica* quien obtuvo eficiencias de remoción de cadmio de 94% concluyendo que las macroalgas son una alternativa eficiente en la biosorción de cadmio.

De forma semejante Cuizano y Navarro (2008), en su investigación concluyen que las macroalgas poseen capacidades muy altas en la biosorción de metales donde define el método de biorremediación con algas marinas como selectiva y competitiva obteniendo resultados de 96% de eficiencia. Mientras que Rad *et al.*, (2002), en su investigación analizaron la eficiencia de macroalgas en la biosorción

de iones de cesio, con resultados eficientes demostrando que el género *Padina* y *Acanthophora* son excelentes en la remoción de metales pesados como el plomo (Pb) y el cadmio (Cd).

Tabla 4. 3. Datos iniciales y finales del proceso de biosorción.

| TRATAMIENTOS | Límite TULSMA | CADMIO INICIAL mg/l | CADMIO FINAL mg/l | Eficiencia % |
|--------------|---------------|---------------------|-------------------|--------------|
| T1 | 0,005 | 0,2 | 0,0023 | 89,7 |
| T2 | 0,005 | 0,2 | 0,0015 | 89,8 |
| T3 | 0,005 | 0,2 | 0,0034 | 89,6 |

4.3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO (ANOVA) DE LOS TRATAMIENTOS DE SISTEMA DE BIOSORCIÓN

La tabla 4.4, muestra el análisis de varianza de los resultados del sistema de biosorción con una significancia de 5% y un intervalo de confianza de 95%, teniendo como resultado un valor de significancia de (0.0000) lo que demuestra la confiabilidad de los datos y que existe diferencia significativa entre tratamientos. En el cuadro 4.9 se muestra el análisis mediante la prueba de Tukey donde se comparó la significancia de las medias.

Tabla 4. 4. Análisis de varianza de los tratamientos.

| | Suma de cuadrados | GI | Media cuadrática | F | Sig. |
|------------------|-------------------|----|------------------|--------|-------|
| Entre grupos | 0,000 | 2 | 0,000 | 40,345 | 0,000 |
| Dentro de grupos | 0,000 | 6 | 0,000 | | |
| Total | 0,000 | 8 | | | |

De acuerdo al análisis de la prueba de Tukey **Tabla 4.5**, en los tres grupos existe diferencia significativa, la más notable es entre T1 y el T2, mientras que difiere con el tratamiento 3. El T2 presenta diferencia significancia entre el T1 y T3. García (2018) describe que la diferencia significativa que tiene el T2 (89,8% de eficiencia) con los demás tratamientos determinándolo como el tratamiento más eficiente.

Olortegui (2015), en su investigación determinó la diferencia de las medias mediante una prueba de Tukey llegando a demostrar y determinar el mejor tratamiento con resultados similares obtenidos en esta investigación, teniendo significancia estadística con un nivel de confianza del 95%.

Tabla 4. 5. Prueba HSD Tukey.

| (I) TRATAMIENTOS | | Diferencia de medias (I-J) | Desv. Error | Sig. | Intervalo de confianza al 95% | |
|------------------|----|----------------------------|-------------|-------|-------------------------------|-----------------|
| | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| T1 | T2 | ,0022000* | 0,0003311 | 0,001 | 0,001184 | 0,003216 |
| | T3 | -0,0006333 | 0,0003311 | 0,215 | -0,001649 | 0,000383 |
| T2 | T1 | -,0022000* | 0,0003311 | 0,001 | -0,003216 | -0,001184 |
| | T3 | -,0028333* | 0,0003311 | 0,000 | -0,003849 | -0,001817 |
| T3 | T1 | 0,0006333 | 0,0003311 | 0,215 | -0,000383 | 0,001649 |
| | T2 | ,0028333* | 0,0003311 | 0,000 | 0,001817 | 0,003849 |

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

4.3.6. ANÁLISIS DE COSTOS DEL TRATAMIENTO MÁS EFICIENTE (T2)

Se realizó el cálculo de costo de producción, que incluyó la materia prima usada, la mano de obra directa y los gastos de producción, el análisis de los datos se lo efectuó en una matriz de precios. Además, Como se muestra en el cuadro 4.6 la materia prima utilizada, las macroalgas tuvieron un costo total de 10\$ donde e incluye recolección, transporte, desinfección, secado, trituración. Entre los materiales con el valor más alto son los adaptadores para la unión de las tuberías con precio por unidad de 2,75\$

El análisis de costos se lo realizó considerando los gastos generados (agua, luz) y todos los insumos utilizados en la fabricación del sistema de biosorción, obteniendo un costo de producción de 51,45 \$ como se detalla en la **tabla 4.6.**

Tabla 4. 6. Análisis de costos del tratamiento 2.

| Materiales | Cantidad | Valor \$ | Valor total\$ |
|----------------|----------|----------|---------------|
| Algas Marinas | | 0,00 | 10,00 |
| tapones PVC 4" | 2 | 2,00 | 4,00 |
| Codos 90° ½" | 1 | 0,35 | 0,35 |
| adaptadores ½" | 1 | 2,75 | 2,75 |

| | | | |
|-------------------------------|---|-------|--------------|
| Llaves de paso plásticas ½" | 1 | 2,00 | 2,00 |
| Calipega | 1 | 1,00 | 1,00 |
| Teflón | 1 | 1,00 | 1,00 |
| Malla plástica 1m | 1 | 1,00 | 1,00 |
| Tubo rectangular 40x20 mm | 1 | 17,00 | 5,6 |
| Soldadura 60/11 | | 1,63 | 1,63 |
| ½ litro de pintura | 1 | 3,00 | 3,00 |
| tornillos autoperforantes | 2 | 0,04 | 0,08 |
| Grapas para tubería eléctrica | 1 | 0,04 | 0,04 |
| Soldador | 1 | 20 | 20 |
| TOTAL | | | 51,45 |

4.3.7. COSTO DE PRODUCCIÓN POR 1 m³ DE AGUA A TRATAR

Una vez obtenido el costo de producción para el tratamiento más eficiente se procedió a calcular el costo de producción para 1m³ de agua a tratar **Tabla 4. 7**, es importante considerar que para realizar un proceso de biosorción para 1m³ de agua a tratar de tendría que redimensionar el volumen del contenedor, un recipiente con capacidad para 1m³ en el mercado tiene un precio de 200\$ y el costo de procesamiento de las macroalgas también aumenta debido a que se requiere más material biosorbente (20\$).

No obstante, para el cálculo de los valores se contemplaron los materiales utilizados para el estudio, si solo se considera al material biosorbente como un producto comercializable, el costo para tratar un m³ de agua sería de 20\$.

Tabla 4. 7. Análisis de costo por m³ de agua a tratar.

| Materiales | Cantidad | Valor \$ | Valor total \$ |
|--|-----------------|-----------------|-----------------------|
| Algas Marinas | | 0,00 | 20,00 |
| Codos 90° ½" | 1 | 0,35 | 1,05 |
| adaptadores ½" | 1 | 2,75 | 8,25 |
| Llaves de paso plásticas ½" | 1 | 2,00 | 6,00 |
| Calipega | 1 | 1,00 | 1,00 |
| Teflón | 1 | 1,00 | 1,00 |
| Malla plástica 1m | 1 | 1,00 | 1,00 |
| Recipiente con capacidad 1m ³ | 1 | 200 | 200 |
| Soldadura 60/11 | | 1,63 | 1,63 |
| ½ litro de pintura | 1 | 3,00 | 3,00 |
| tornillos autoperforantes | 2 | 0,04 | 0,24 |
| Grapas para tubería eléctrica | 1 | 0,04 | 0,12 |
| TOTAL | | | 245,29 |

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

El río Arenales de Crucita tiene como principales problemas ambientales los desechos sólidos, descargas de aguas residuales, actividades agrícolas, explotación de productos orgánicos derivados del petróleo y fertilizantes sintéticos que contribuyen a la contaminación del agua y degradación del cauce.

Se acepta la hipótesis específica de la investigación, ya que las concentraciones de cadmio disminuyeron al final del procedimiento con las dos especies de macroalgas (*Padina pavonica*) y (*Acanthophora specifera*), y todos los tratamientos tuvieron un porcentaje de remoción que oscilaron entre 89,6 y 89,8%, siendo el T2 (25% *Acanthophora specifera* y 75% *Padina pavonica*) el que obtuvo un porcentaje de remoción mayor con 89,7%, aunque la diferencia no fue significativa con el T3 (25% de *Padina Pavonica* y 75% de *Acanthophora Specifera*) que alcanzó 89,6% se confirma que los tratamientos si obtuvieron resultados de remoción altos, y que se encuentran bajo los límites máximos permisibles de la normativa nacional vigente TULSMA.

El costo de producción para el tratamiento (T2) más eficiente es de 51,45 \$ y que al tratar cada metro cúbico de agua es de 245,29\$, comercializándolo tendrá un costo de producción de 20\$, haciéndolo factible económicamente.

5.2. RECOMENDACIONES

Es necesario que se controle la expansión de las actividades antropogénicas en el sitio Arenales para que no se impacte la calidad de agua con niveles excesivos de metales pesados.

Es importante que se empleen las algas *Padina pavonica* y *Acanthophora specifera* en la remoción de otros tipos de metales, dado que el río Arenales está expuesto a actividades agrícolas que causan contaminación metálica.

Es recomendable que se evalúe las características técnicas y económicas de la *Padina pavonica* y *Acanthophora specifera* para la aplicación *in situ*.

BIBLIOGRAFÍA

- Alba, A. 2016. Evaluación de la contaminación de suelos y aguas por pesticidas en zonas de viñedo: diagnóstico y desarrollo de estrategias fisicoquímicas de prevención y/o control. Tesis Doctoral. Es.
- Álvaro, S., Martínez, M., Arocena, L. (2014). Estudio comparativo del agregado de enmiendas orgánicas e inorgánicas en procesos de biorremediación de suelos norpatagónicos contaminados con petróleo.
- Andrade, R., y Hormaza, S. (2013). Efecto de la presión y concentración en el porcentaje de rechazo para aguas contaminadas con cromo por ósmosis inversa a nivel de laboratorio.
- Barrueta, S. (2015). Guía metodológica para el muestreo y detección del cadmio en suelos, agua, fertilizantes, almendras de cacao y productos derivados.
- Benita, M., Dubinsky, Z., y Lluza, D. (2018). *Padina pavonica*: Morphology and Calcification Functions and Mechanism.
- Blanco, D., Giraldo, L., y Moreno, J. (2010). Aplicación de la ecuación Dubinin-Radushkevich en la biosorción de catecol, resorcinol e hidroquinona desde soluciones acuosas sobre carbón activado. Revista colombiana de química, 39(2), 237-246.
- Carrasco, B. (2018). Aprendo a investigar en educación. Introducción a la metodología de la investigación:
- Castello, L. (2017). Diseño de un sistema de biosorción para la eliminación de colorantes presentes en las disoluciones acuosas.
- Cayetano, P. (2019). Tecnologías para la recuperación de agua contaminada con metales pesados: plomo, cadmio, mercurio, arsénico.
- Dionisio, E. 2021. Aprovechamiento de residuos vegetales para la eliminación de cobre presente en medios acuosos mediante biosorción. Tesis doctoral. Universidad de Granada.
- Chávez, C. (2011). Detección de metales pesados en agua. Puebla: Instituto Nacional de Astrofísica.
- Chávez, H. (2018). Contaminación del río Portoviejo en la parroquia Picoazá.
- Coyuntura, L. (19 de agosto de 2013). Plataforma de Metodología de la Investigación y Guía de Tesis de Grado. Esquema de clases, materiales de estudio, metodología de la investigación:

- Cuizano, N., y Navarro, A. (2008). Biosorción de metales pesados por algas marinas: posible solución a la contaminación a bajas concentraciones. *Anales de Química*, 104, 120-125.
- Diez, F. (2008). Fitocorrección de suelos contaminados con metales pesados: Evaluación de plantas tolerantes y optimización del proceso mediante prácticas agronómicas. Tesis Doctoral. España: Universidad de Santiago de Compostela.
- Doria, C., y Deluque, H. (2015). Niveles y distribución de metales pesados en el agua de la zona de playa de Riohacha, La Guajira, Colombia. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Ambiental. Universidad de La Guajira Riohacha. Colombia.
- El Universo. (2003). Río Portoviejo con alta contaminación. <https://www.eluniverso.com>
- Flores, K., Souza, V., Bucio, L., Gómez, L., y Gutiérrez, M. (2013). Cadmio: efectos sobre la salud. Respuesta celular y molecular. Departamento de Ciencias de la Salud, División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa.
- García, M. (12 de diciembre de 2010). *Biología y Ecología. La contaminación del agua*
- García, C. (2013). *Parámetros fisicoquímicos del agua.*
- Garzón, J., Miranda, J., y Gómez, C. (2017). Aporte de la biorremediación para solucionar problemas de contaminación y su relación con el desarrollo sostenible.
- González, G. (2014). Diversidad y abundancia de macroalgas en las zonas intermareales rocosas de las comunas montañita, la entrada y la rinconada, de noviembre del 2013, abril 2014 provincia de Santa Elena.
- Gustalli, A. (2006). Estudio sobre la aplicación de la tecnología de membranas para la recuperación del ácido fosfórico de las aguas de lavado en el proceso de Anodizado del Aluminio.
- Gutiérrez, O., González, J., Freire, M., Rodríguez, I., y Moreira, Á. (2014). Potentiality of a Seaweed Biosorbent for Heavy Metals Removal.
- Hernández Pérez, A., y Labbé, J. (2014). Microalgas, cultivo y beneficios. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 49, 157-173.
- Intriago, J., Quiroz, L. Calidad del agua de la cuenca media del río Portoviejo. Estrategias para mitigar la contaminación. *Pol. Con.* (Edición núm. 59) Vol. 6, No 6. PP. 1144-1171.

- Jaimes, L. 2020. Presencia de contaminantes emergentes en fuentes hídricas y tratamientos potenciales para su eliminación. Co.
- Lazo, J., Navarro, A., Sun-Kuo, M., y LLanos, B. (2008). Síntesis y caracterización de arcillas organofílicas y su aplicación como biosorbentes del fenol. *Revista Sociedad química de Perú*, 74, 3-19.
- Lodeiro, P., Cordero, B., Barriada, J., Herrero, R., y Sastredevicente, M. (2005). Biosorption of cadmium by biomass of brown marine macroalgae. *Bioresource Technology*, 96(16), 1796–1803. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.01.002>
- Londoño, L., Londoño, P., y Muñoz, F. (2016). Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 145-153.
- Luceño, A., y González, F. (2015). *Métodos Estadísticos para medir, describir, y calcular la variabilidad*. Santander: Editorial de la Universidad de Cantabria.
- Manoli, M. (2015). Evaluación de una estrategia de detoxificación de efluentes contaminados con metales pesados utilizando algas marinas chilenas.
- Medina, I. (2007). *Tratamientos de aguas de producción con electrodiálisis*.
- Mena, C. (2006). *Procesos fisicoquímicos que se utilizan para el tratamiento de residuos peligrosos*.
- Mero, M., Pernía, B., Ramírez, N., Bravo, K., Ramírez, L., Larreta, E., y Egas, F. (2019). Concentración de cadmio en agua, sedimentos, *Eichhornia crassipes* Y *Pomacea canaliculata* en el río Guayas y sus afluentes. *Revista internacional de contaminación ambiental*, (35)3, 623-640. <http://dx.doi.org/10.20937/RICA.2019.35.03.09>
- Moncayo, M., y Zambrano, J. (2018). Evaluación de la influencia de las actividades antropogénicas en la calidad del agua del río Portoviejo (Cadmio y plomo, zona metropolitana).
- Montaño, Ñ. M. (2015). *Biorremediación de suelos y aguas*.
- Montenegro, A. (2013). *Metales pesados y su impacto en la calidad del agua de los ríos Macul y Pichincha. Año 2012, plan de remediación Ambiental*.
- Navarro, A., Ramos, K., Maldonado, H. 2017. Elucidación del efecto del ph en la biosorción de metales pesados mediante biopolímeros naturales: cationes divalentes y superficies activas. *Volumen 7(2)*.
- Nguyen, C. (2001). La ecuación de Dubinin-Radushkevich y la descripción de biosorción microscópica subyacente. *Science Direct*, 39(9), 1327-1336.

- Olortegui, R. 2015. Macroalgas verde amarillentas- dulce acuícola con potencial de remoción de cadmio
- OMS. (14 de junio de 2019). Organización Mundial de la Salud.
- Parra, E. (2014). Aves silvestres como bioindicadores de. *Revista CES Salud Pública*, 59-69.
- Pateiro, C., Prado, O., y Tasende, M. (2015). El cultivo de macroalgas marinas como una fuente renovable y limpia para producir bioetanol como biocombustible
- Pellón, A., Julio, F., Chacón, A., Pérez, E., Oña, A., Espinoza, M., . . . Escobedo, R. (2005). Eliminación de cromo y cadmio mediante *Scenedesmus obliquus* en estado inmovilizado. *Revista CENIC. Ciencias Químicas*, 175-180.
- Pérez, P., y Azcona, M. (2013). Los efectos del cadmio en la salud. *Revista de Especialidades Médico-Quirúrgicas*, 17(3), 199-205.
- Plaza, J. (2012). Remoción de metales pesados empleando algas marinas.
- Quiroz, N., León, D., Rivas, A. (2018). Biodiversidad de algas rojas marinas (Rhodophyta) en Tabasco, México. *Acta Botanica Mexicana*, 123, 103–120. <https://doi.org/10.21829/abm123.2018.1253>
- Quiroz, L., Izquierdo, E., y Menéndez, C. Modelación matemática de la capacidad de autodepuración de corrientes superficiales. (2016). Caso de estudio: Río Portoviejo, Ecuador., *Revista Cubana de Ingeniería*, Vol. 7, No. 2, pp. 64-70.
- Quiroz, L., Izquierdo, E., y Menéndez, C. Estudio del impacto ambiental del vertimiento de aguas residuales sobre la capacidad de autodepuración del río Portoviejo, Ecuador. *Revista centro azúcar VOL 45. PP 73-83*
- Reyes, U., Navarro, A., y Llanos, B. (2009). Algas marinas del litoral peruano como biosorbente potenciales de ion CU II en tratamiento de efluentes industriales. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 75, 353-361.
- Reyes, Y., Vergara, I., Torres, O., Díaz, M., y González, E. (2016). Contaminación por metales pesados: implicaciones en. *Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo*, 66-77.
- Rivera, E., Sánchez, M., y Domínguez, H. (2018). PH como factor de crecimiento. *Revistas UTPC*.
- Rodríguez, D. (2017). Intoxicación ocupacional por metales pesados. Scielo.
- Rubira, K. (2012). Diversidad, abundancia, distribución de las macroalgas en las zonas intermareal rocosas en las playas de salinas, la libertad, y Crucita península de Santa Elena- Ecuador.

- Sandoval, F., López, J., y García, J. (2015). Langmuir's Equation for simple liquids and surfactants. *Educación química*, 307-313.
- Solís, Y., Zúñiga, L., y Alvarado, D. (2018). Conductivity as a predictive parameter of hardness in groundwater and spring water of Costa Rica.
- TecamySer. 2016. Filtros de Carbón Activo: Parámetros de diseño recomendados. (En línea). Consultado, 19 jun. 2016. Formato HTML. Disponible en <http://tecamyser.com>
- Tejada, C., Villabona, A., y Garcés, L. (2014). Adsorption of heavy metals in waste water using biological materials.
- Titlyanov, E., Titlyanova, V., Li, X., Huang, H. (2017). Common marine algae of Hainan Island (guidebook). In *Coral Reef Marine Plants of Hainan Island* (pp. 75–228). Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-811963-1.00004-4>
- UNICEF (2010): Financing options for low-cost well drillers y communities for rural water supply. New York (USA): United Nations International Children's Emergency Fund (UNICEF).
- Vaca, A. (2018). Biorremediación de agua contaminada con cadmio empleando la técnica de biosorción con tres especies de macroalgas.
- Valérie, G. (2016). Caracterización química del alga roja *Acanthophora specifera* (M. VAHL) borgesense (ceremiales: rhodophyta).
- Vargas, B. (2014). Topics of statistical inference: inductive method and the problem of sample size.
- Vázquez, T. 2014. identificación de la concentración de cadmio (cd), plomo (pb) y mercurio (hg), en las aguas de pozo del recinto los monos "cantón milagro", y su evaluación según la normativa ecuatoriana (norma INEN 1108:2014). Tesis. Universidad de Guayaquil, facultad de ciencias químicas. Ec.
- Vizcaíno, L., & Fuentes, N. (2014). Biosorción de Cd, Pb y Zn por biomasa pretratada de algas rojas, cáscara de naranja y tuna. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 43-60.
- Volesky, B. (2003). Biosorption process simulation tools.

ANEXO

Anexo 1. Formato de encuesta

ESPAMMFL
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ



Carrera de
**INGENIERÍA
AMBIENTAL**

Reciba un cordial saludo de las Sras. Cedeño Cedeño Cinthya Consuelo y Guillén Vera Daniela Alexandra estudiantes de 9no semestre de la carrera de Ingeniería Ambiental de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. La presente encuesta es destinada a los habitantes del Sitio Arenales la cual será para recopilar información importante que servirá para la realización del trabajo de Integración Curricular previa a la obtención del título universitario.

1. ¿Cuántas personas habitan en su hogar?

- 1-5
- 5-10
- 10-15
- Más de 15

2. ¿Cuenta usted con servicio de agua potable?

- Si
- No

3. Su domicilio cuenta con:

- Alcantarillado
- Pozo

4. ¿De dónde obtiene usted el líquido vital que necesita para sus actividades diarias?

- Pozo
- Servicio Potable
- Ríos
- Lluvias
- Otra...

5. ¿Cuál es el mayor uso que le da al agua en su hogar?

- Uso personal
- Actividades Agrícolas
- Cría de animales
- Consumo humano
- Cocina

- Actividad industrial
 - Otra...
6. **¿En qué condiciones se encuentra el agua que obtiene usted?**
- Muy mala
 - Mala
 - Regular
 - Buena
 - Muy buena
7. **¿Cree usted que el agua que consume está contaminada?**
- Si
 - No
8. **¿Cuál cree usted que es el principal contaminante del agua en su sitio?**
- Uso y explotación de productos orgánicos derivados del petróleo
 - Fertilizantes químicos
 - Desechos tóxicos en cuerpos de agua
 - Fertilizantes sintéticos
9. **¿Cree usted que las problemáticas ambientales afectan la calidad del agua del Río Portoviejo?**
- Si
 - No
10. **¿Dónde usted arroja sus desperdicios?**
- Pasa el recolector de la basura
 - Las Arroja al río
 - La tira a cielo abierto

Anexo 4. Concentraciones iniciales de Cadmio

| | | | |
|--|--------------------------------|-----------|------------|
|  ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE" LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS Km 5 Carretera Quevedo – El Empalme; Apartado 24 Quevedo – Ecuador Teléfonos: 783044 783128 Ext. 201 | | | |
| Nombre del Propietario : | CEDEÑO CEDEÑO CINTHYA CONSUELO | Telef : | 0960773178 |
| Nombre de la Propiedad : | S/N | Cultivo : | |
| Localización : | Tosagua | Manabí | |
| | Parroquia | Cantón | Provincia |
| Reporte N° : | | | 8404 |
| Fecha de muestreo : | | | 08/06/2021 |
| Fecha de ingreso: | | | 15/06/2021 |
| Fecha salida resultados: | | | 06/07/2021 |

RESULTADO DE ANÁLISIS DE CADMIO EN AGUA

| Número de Laboratorio | Identificación de las Muestras | *Cd |
|-----------------------|--------------------------------|--------------------|
| | | mg L ⁻¹ |
| 600 | Muestra de agua | 0.20 |

| |
|--|
| Instrumento de análisis: EAA-HGA (Espectrómetro de absorción atómica acoplado a Horno de Grafito) |
| Límite de detección (LD): 0.32 ug L ⁻¹ Cd |
| Límite de cuantificación (LC): 0.69 ug L ⁻¹ Cd |
| *Muestra con lectura directa sin uso de extractante |

W. [Signature]
RESPONSABLE DPTO.



[Signature]
LABORATORISTA
La muestra será guardada en el Laboratorio por tres meses. Tiempo en el que se aceptarán reclamos en los resultados.

Anexo 5. Concentraciones finales de cadmio

T1R1

| | | |
|--|---|--|
|  LABCESTTA <small>TECNOLOGÍA Y CALIDAD</small> | DEPARTAMENTO: ANALITICALAB |  Servicio de Acreditación Ecuatoriano <small>Acreditación N° SAE LEN 18-034</small> LABORATORIO DE ENSAYOS |
|--|---|--|

INFORME DE RESULTADOS No: A-727-21

| INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE | | | |
|--|--------------------------------|---|--|
| NOMBRE CLIENTE: | DANIELA ALEXANDRA GUILLEN VERA | ATENCIÓN A. | Daniela Alexandra Guillen Vera |
| DIRECCIÓN: | Chone - Manabí - Ecuador | TELÉFONO: | NA |
| TIPO DE MUESTRA: | Agua (Natural) | PUNTO DE TOMA DE MUESTRA: | Agua de Río |
| CÓDIGO CLIENTE: | T1R1 | FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA RESPONSABLE: | 26/07/2021 11:00 Daniela Alexandra Guillen Vera |

INFORMACIÓN DEL LABORATORIO

| | | | |
|--|---------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| TOMA DE MUESTRA REALIZADO POR: | CLIENTE | NÚMERO DE MUESTRAS: | 01 |
| FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA: | NA | ANÁLISIS SOLICITADO: | Químico |
| FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: | 27/07/2021 11:50 | FECHA DE ANÁLISIS: | 27/07/2021 - 06/08/2021 |
| FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: | 06/08/2021 | CÓDIGO LABORATORIO: | AL-A-727-21 |
| RESPONSABLE DE LA TOMA DE MUESTRA: | NA | COORDENADAS: | NA |
| CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS | T máx.:25,0 °C. T mín.: 15,0 °C | | |

RESULTADOS ANALÍTICOS

| ENSAYO | UNIDAD | RESULTADO | INCERTIDUMBRE (k=2) | MÉTODO /NORMA | VALOR LÍMITE PERMISIBLE |
|--------|--------|-----------|---------------------|---|-------------------------|
| Cadmio | mg/L | 0.0009 | ±10% | Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP-AES) PE/AL/17 EPA 200.7 ICP-AES Rev.4.4 1994 | - |

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- La columna: Valor límite permisible, está fuera del alcance de la acreditación del SAE.

AUTORIZACION Y RESPONSABLE DEL INFORME:


 Ing. Verónica Bravo
 DIRECTORA TÉCNICA


LABCESTTA
 TECNOLOGÍA Y CALIDAD
 RUC:069173621000



NOTAS:

- Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
- Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados.
- Las condiciones ambientales no afectan a los resultados de los ensayos analizados.
- LABCESTTA S.A. no se responsabiliza cuando la información proporcionada por el cliente puede afectar la validez de los resultados.
- Cuando se emitan criterios de conformidad y aplique, se tendrá en cuenta el: Instructivo de Regla de decisión para una declaratoria de conformidad IE-AL-26.

Parque Industrial California II, Local C36, Guayaquil

Página 1 de 1
 Revisión 3
 MC01-19

T1R2

| | | |
|--|---------------------------------------|---|
|  LABCESTTA <small>TECNOLOGÍA Y CALIDAD</small> | DEPARTAMENTO: ANALITICALAB |  Servicio de Acreditación Ecuatoriano Acreditación N° SAE LEN 18-034 LABORATORIO DE ENSAYOS |
|--|---------------------------------------|---|

INFORME DE RESULTADOS No: A-728-21

| INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE | | | |
|--|--------------------------------|---|--|
| NOMBRE CLIENTE: | DANIELA ALEXANDRA GUILLEN VERA | ATENCIÓN A. | Daniela Alexandra Guillen Vera |
| DIRECCIÓN: | Chone - Manabí - Ecuador | TELÉFONO: | NA |
| TIPO DE MUESTRA: | Agua (Natural) | PUNTO DE TOMA DE MUESTRA: | Agua de Río |
| CÓDIGO CLIENTE: | T1R2 | FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA RESPONSABLE: | 26/07/2021 11:00 Daniela Alexandra Guillen Vera |

INFORMACIÓN DEL LABORATORIO

| | | | |
|--|---------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| TOMA DE MUESTRA REALIZADO POR: | CLIENTE | NÚMERO DE MUESTRAS: | 01 |
| FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA: | NA | ANÁLISIS SOLICITADO: | Químico |
| FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: | 27/07/2021 11:50 | FECHA DE ANÁLISIS: | 27/07/2021 - 06/08/2021 |
| FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: | 06/08/2021 | CÓDIGO LABORATORIO: | AL-A-728-21 |
| RESPONSABLE DE LA TOMA DE MUESTRA: | NA | COORDENADAS: | NA |
| CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS | T máx.:25,0 °C. T min.: 15,0 °C | | |

RESULTADOS ANALÍTICOS

| ENSAYO | UNIDAD | RESULTADO | INCERTIDUMBRE (k=2) | MÉTODO /NORMA | VALOR LÍMITE PERMISIBLE |
|--------|--------|-----------|---------------------|---|-------------------------|
| Cadmio | mg/L | 0.0034 | ±10% | Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP-AES) PE/AL/17 EPA 200.7 ICP-AES Rev.4.4 1994 | - |

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- La columna: Valor límite permisible, está fuera del alcance de la acreditación del SAE.

AUTORIZACION Y RESPONSABLE DEL INFORME:


Lig. Verónica Bravo
 DIRECTORA TÉCNICA


LABCESTTA
 TECNOLOGÍA Y CALIDAD
 RUC:069173621000

NOTAS:

- Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
- Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados.
- Las condiciones ambientales no afectan a los resultados de los ensayos analizados.
- LABCESTTA S.A. no se responsabiliza cuando la información proporcionada por el cliente puede afectar la validez de los resultados.
- Cuando se emitan criterios de conformidad y aplique, se tendrá en cuenta el: Instructivo de Regla de decisión para una declaratoria de conformidad IE-AL-26.

T1R3

| | | |
|--|---|---|
|  LABCESTTA <small>TECNOLOGÍA Y CALIDAD</small> | DEPARTAMENTO: ANALITICALAB |  Servicio de Acreditación Ecuatoriano Acreditación N° SAE LEN 18-034 LABORATORIO DE ENSAYOS |
|--|---|---|

INFORME DE RESULTADOS No: A-729-21

| INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE | | | |
|--|--------------------------------|---|--|
| NOMBRE CLIENTE: | DANIELA ALEXANDRA GUILLEN VERA | ATENCIÓN A. | Daniela Alexandra Guillen Vera |
| DIRECCIÓN: | Chone - Manabí - Ecuador | TELÉFONO: | NA |
| TIPO DE MUESTRA: | Agua (Natural) | PUNTO DE TOMA DE MUESTRA: | Agua de Río |
| CÓDIGO CLIENTE: | T1R3 | FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA RESPONSABLE: | 26/07/2021 11:00 Daniela Alexandra Guillen Vera |

INFORMACIÓN DEL LABORATORIO

| | | | |
|--|---------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| TOMA DE MUESTRA REALIZADO POR: | CLIENTE | NÚMERO DE MUESTRAS: | 01 |
| FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA: | NA | ANÁLISIS SOLICITADO: | Químico |
| FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: | 27/07/2021 11:50 | FECHA DE ANÁLISIS: | 27/07/2021 - 06/08/2021 |
| FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: | 06/08/2021 | CÓDIGO LABORATORIO: | AL-A-729-21 |
| RESPONSABLE DE LA TOMA DE MUESTRA: | NA | COORDENADAS: | NA |
| CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS | T máx.:25,0 °C. T min.: 15,0 °C | | |

RESULTADOS ANALÍTICOS

| ENSAYO | UNIDAD | RESULTADO | INCERTIDUMBRE (k=2) | MÉTODO /NORMA | VALOR LÍMITE PERMISIBLE |
|--------|--------|-----------|---------------------|--|-------------------------|
| Cadmio | mg/L | 0.0026 | ±10% | Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP-AES) PE/AL/17 EPA 200.7 ICP-AES Rev.4.4 1994 | - |

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- La columna: Valor límite permisible, está fuera del alcance de la acreditación del SAE.

AUTORIZACION Y RESPONSABLE DEL INFORME:


 Ing. Verónica Bravo
 DIRECTORA TÉCNICA


LABCESTTA
 TECNOLOGÍA Y CALIDAD
 RUC:069173621000

NOTAS:

- Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
- Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados.
- Las condiciones ambientales no afectan a los resultados de los ensayos analizados.
- LABCESTTA S.A. no se responsabiliza cuando la información proporcionada por el cliente puede afectar la validez de los resultados.
- Cuando se emitan criterios de conformidad y aplique, se tendrá en cuenta el: Instructivo de Regla de decisión para una declaratoria de conformidad IE-AL-26.

T2R1

| | | |
|---|---------------------------------------|---|
|  LABCESTTA TECNOLOGÍA Y CALIDAD | DEPARTAMENTO: ANALITICALAB |  Servicio de Acreditación Ecuatoriano Acreditación N° SAE LEN 18-034 LABORATORIO DE ENSAYOS |
|---|---------------------------------------|---|

INFORME DE RESULTADOS No: A-730-21

| INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE | | | |
|--|--------------------------------|--|--|
| NOMBRE CLIENTE: | DANIELA ALEXANDRA GUILLEN VERA | ATENCIÓN A. | Daniela Alexandra Guillen Vera |
| DIRECCIÓN: | Chone - Manabí - Ecuador | TELÉFONO: | NA |
| TIPO DE MUESTRA: | Agua (Natural) | PUNTO DE TOMA DE MUESTRA: | Agua de Rio |
| CÓDIGO CLIENTE: | T2R1 | FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA RESPONSABLE: | 26/07/2021 11:00 Daniela Alexandra Guillen Vera |

INFORMACIÓN DEL LABORATORIO

| | | | |
|-------------------------------------|---------------------------------|----------------------|-------------------------|
| TOMA DE MUESTRA REALIZADO POR: | CLIENTE | NÚMERO DE MUESTRAS: | 01 |
| FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA: | NA | ANÁLISIS SOLICITADO: | Químico |
| FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: | 27/07/2021 11:50 | FECHA DE ANÁLISIS: | 27/07/2021 - 06/08/2021 |
| FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: | 06/08/2021 | CÓDIGO LABORATORIO: | AL-A-730-21 |
| RESPONSABLE DE LA TOMA DE MUESTRA: | NA | COORDENADAS: | NA |
| CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS | T máx.:25,0 °C. T min.: 15,0 °C | | |

RESULTADOS ANALÍTICOS

| ENSAYO | UNIDAD | RESULTADO | INCERTIDUMBRE (k=2) | MÉTODO /NORMA | VALOR LÍMITE PERMISIBLE |
|--------|--------|-----------|---------------------|--|-------------------------|
| Cadmio | mg/L | 0.0019 | ±10% | Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP-AES) PE/AL/17 EPA 200.7 ICP-AES Rev.4.4 1994 | - |

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- La columna: Valor límite permisible, está fuera del alcance de la acreditación del SAE.

AUTORIZACION Y RESPONSABLE DEL INFORME:


 Ing. Verónica Bravo
 DIRECTORA TÉCNICA


LABCESTTA
 TECNOLOGÍA Y CALIDAD
 RUC:0691736210001

NOTAS:

- Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
- Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados.
- Las condiciones ambientales no afectan a los resultados de los ensayos analizados.
- LABCESTTA S.A. no se responsabiliza cuando la información proporcionada por el cliente puede afectar la validez de los resultados.
- Cuando se emitan criterios de conformidad y aplique, se tendrá en cuenta el: Instructivo de Regla de decisión para una declaratoria de conformidad IE-AL-26.

Parque Industrial California II, Local C36, Guayaquil

 Página 1 de 1
 Revisión 3
 MC01-19

T2R2

| | | |
|--|---------------------------------------|--|
|  LABCESTTA <small>TECNOLOGÍA Y CALIDAD</small> | DEPARTAMENTO: ANALITICALAB |  Servicio de Acreditación Ecuatoriano Acreditación N° SAE LEN 18-034 LABORATORIO DE ENSAYOS |
|--|---------------------------------------|--|

INFORME DE RESULTADOS No: A-731-21

| INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE | | | |
|--|--------------------------------|--|--|
| NOMBRE CLIENTE: | DANIELA ALEXANDRA GUILLEN VERA | ATENCIÓN A. | Daniela Alexandra Guillen Vera |
| DIRECCIÓN: | Chone - Manabí - Ecuador | TELÉFONO: | NA |
| TIPO DE MUESTRA: | Agua (Natural) | PUNTO DE TOMA DE MUESTRA: | Agua de Río |
| CÓDIGO CLIENTE: | T2R2 | FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA RESPONSABLE: | 26/07/2021 11:00 Daniela Alexandra Guillen Vera |

INFORMACIÓN DEL LABORATORIO

| | | | |
|-------------------------------------|---------------------------------|----------------------|-------------------------|
| TOMA DE MUESTRA REALIZADO POR: | CLIENTE | NÚMERO DE MUESTRAS: | 01 |
| FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA: | NA | ANÁLISIS SOLICITADO: | Químico |
| FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: | 27/07/2021 11:50 | FECHA DE ANÁLISIS: | 27/07/2021 - 06/08/2021 |
| FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: | 06/08/2021 | CÓDIGO LABORATORIO: | AL-A-731-21 |
| RESPONSABLE DE LA TOMA DE MUESTRA: | NA | COORDENADAS: | NA |
| CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS | T máx.:25,0 °C. T mín.: 15,0 °C | | |

RESULTADOS ANALÍTICOS

| ENSAYO | UNIDAD | RESULTADO | INCERTIDUMBRE (k=2) | MÉTODO /NORMA | VALOR LÍMITE PERMISIBLE |
|--------|--------|-----------|---------------------|---|-------------------------|
| Cadmio | mg/L | <0,0008 | ±10% | Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP-AES) PE/AL/17 EPA 200.7 ICP-AES Rev.4.4 1994 | - |

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- La columna: Valor límite permisible, está fuera del alcance de la acreditación del SAE.

AUTORIZACION Y RESPONSABLE DEL INFORME:


Ing. Verónica Bravo
 DIRECTORA TÉCNICA


LABCESTTA
 TECNOLOGÍA Y CALIDAD
 RUC:0691736210001

NOTAS:

- Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
- Los resultados arriba indicados solo están relacionados con los objetos ensayados.
- Las condiciones ambientales no afectan a los resultados de los ensayos analizados.
- LABCESTTA S.A. no se responsabiliza cuando la información proporcionada por el cliente puede afectar la validez de los resultados.
- Cuando se emitan criterios de conformidad y aplique, se tendrá en cuenta el: Instructivo de Regla de decisión para una declaratoria de conformidad IE-AL-26.

T2R3

| | | |
|--|--|---|
|  <p>LABCESTTA TECNOLOGÍA Y CALIDAD</p> | <p>DEPARTAMENTO: ANALITICALAB</p> |  <p>Servicio de Acreditación Ecuatoriano Acreditación N° SAE LEN 18-034 LABORATORIO DE ENSAYOS</p> |
|--|--|---|

INFORME DE RESULTADOS No: A-732-21

| INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE | | | |
|--|--------------------------------|--|--|
| NOMBRE CLIENTE: | DANIELA ALEXANDRA GUILLEN VERA | ATENCIÓN A. | Daniela Alexandra Guillen Vera |
| DIRECCIÓN: | Chone - Manabí - Ecuador | TELÉFONO: | NA |
| TIPO DE MUESTRA: | Agua (Natural) | PUNTO DE TOMA DE MUESTRA: | Agua de Rio |
| CÓDIGO CLIENTE: | T2R3 | FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA RESPONSABLE: | 26/07/2021 11:00 Daniela Alexandra Guillen Vera |

INFORMACIÓN DEL LABORATORIO

| | | | |
|-------------------------------------|---------------------------------|----------------------|-------------------------|
| TOMA DE MUESTRA REALIZADO POR: | CLIENTE | NÚMERO DE MUESTRAS: | 01 |
| FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA: | NA | ANÁLISIS SOLICITADO: | Químico |
| FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: | 27/07/2021 11:50 | FECHA DE ANÁLISIS: | 27/07/2021 - 06/08/2021 |
| FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: | 06/08/2021 | CÓDIGO LABORATORIO: | AL-A-732-21 |
| RESPONSABLE DE LA TOMA DE MUESTRA: | NA | COORDENADAS: | NA |
| CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS | T máx.:25,0 °C. T mín.: 15,0 °C | | |


RESULTADOS ANALÍTICOS

| ENSAYO | UNIDAD | RESULTADO | INCERTIDUMBRE (k=2) | MÉTODO /NORMA | VALOR LÍMITE PERMISIBLE |
|--------|--------|-----------|---------------------|---|-------------------------|
| Cadmio | mg/L | 0.0019 | ±10% | Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP-AES) PE/AL/17 EPA 200.7 ICP-AES Rev.4.4 1994 | - |

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- La columna: Valor límite permisible, está fuera del alcance de la acreditación del SAE.

AUTORIZACION Y RESPONSABLE DEL INFORME:


 Ing. Verónica Bravo
 DIRECTORA TÉCNICA


LABCESTTA
 TECNOLOGÍA Y CALIDAD
 RUC:069173621000

NOTAS:

- Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
- Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados.
- Las condiciones ambientales no afectan a los resultados de los ensayos analizados.
- LABCESTTA S.A. no se responsabiliza cuando la información proporcionada por el cliente puede afectar la validez de los resultados.
- Cuando se emitan criterios de conformidad y aplique, se tendrá en cuenta el: Instructivo de Regla de decisión para una declaratoria de conformidad IE-AL-26.

T3R1

| | | |
|--|---------------------------------------|--|
|  LABCESTTA <small>TECNOLOGÍA Y CALIDAD</small> | DEPARTAMENTO: ANALITICALAB |  Servicio de Acreditación Ecuatoriano Acreditación N° SAE LEN 18-034 LABORATORIO DE ENSAYOS |
|--|---------------------------------------|--|

INFORME DE RESULTADOS No: A-733-21

| INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE | | | |
|--|--------------------------------|---|--|
| NOMBRE CLIENTE: | DANIELA ALEXANDRA GUILLEN VERA | ATENCIÓN A. | Daniela Alexandra Guillen Vera |
| DIRECCIÓN: | Chone - Manabí - Ecuador | TELÉFONO: | NA |
| TIPO DE MUESTRA: | Agua (Natural) | PUNTO DE TOMA DE MUESTRA: | Agua de Rio |
| CÓDIGO CLIENTE: | T3R1 | FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA RESPONSABLE: | 26/07/2021 11:00 Daniela Alexandra Guillen Vera |

INFORMACIÓN DEL LABORATORIO

| | | | |
|--|---------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| TOMA DE MUESTRA REALIZADO POR: | CLIENTE | NÚMERO DE MUESTRAS: | 01 |
| FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA: | NA | ANÁLISIS SOLICITADO: | Químico |
| FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: | 27/07/2021 11:50 | FECHA DE ANÁLISIS: | 27/07/2021 - 06/08/2021 |
| FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: | 06/08/2021 | CÓDIGO LABORATORIO: | AL-A-733-21 |
| RESPONSABLE DE LA TOMA DE MUESTRA: | NA | COORDENADAS: | NA |
| CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS | T máx.:25,0 °C. T mín.: 15,0 °C | | |

RESULTADOS ANALÍTICOS

| ENSAYO | UNIDAD | RESULTADO | INCERTIDUMBRE (k=2) | MÉTODO /NORMA | VALOR LÍMITE PERMISIBLE |
|--------|--------|-----------|---------------------|---|-------------------------|
| Cadmio | mg/L | 0.0026 | ±10% | Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP-AES) PE/AL/17 EPA 200.7 ICP-AES Rev.4.4 1994 | - |

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- La columna: Valor límite permisible, está fuera del alcance de la acreditación del SAE.

AUTORIZACION Y RESPONSABLE DEL INFORME:


 Ing. Verónica Bravo
 DIRECTORA TÉCNICA


LABCESTTA
 TECNOLOGÍA Y CALIDAD
 RUC:0691736210001

NOTAS:

- Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
- Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados.
- Las condiciones ambientales no afectan a los resultados de los ensayos analizados.
- LABCESTTA S.A. no se responsabiliza cuando la información proporcionada por el cliente puede afectar la validez de los resultados.
- Cuando se emitan criterios de conformidad y aplique, se tendrá en cuenta el: Instructivo de Regla de decisión para una declaratoria de conformidad IE-AL-26.

T3R2

| | | |
|---|---------------------------------------|---|
|  LABCESTTA TECNOLOGÍA Y CALIDAD | DEPARTAMENTO: ANALITICALAB |  Servicio de Acreditación Ecuatoriano Acreditación N° SAE LEN 18-034 LABORATORIO DE ENSAYOS |
|---|---------------------------------------|---|

INFORME DE RESULTADOS No: A-734-21

| INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE | | | |
|--|--------------------------------|--|--|
| NOMBRE CLIENTE: | DANIELA ALEXANDRA GUILLEN VERA | ATENCIÓN A. | Daniela Alexandra Guillen Vera |
| DIRECCIÓN: | Chone - Manabí - Ecuador | TELÉFONO: | NA |
| TIPO DE MUESTRA: | Agua (Natural) | PUNTO DE TOMA DE MUESTRA: | Agua de Rio |
| CÓDIGO CLIENTE: | T3R2 | FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA RESPONSABLE: | 26/07/2021 11:00 Daniela Alexandra Guillen Vera |

INFORMACIÓN DEL LABORATORIO

| | | | |
|-------------------------------------|---------------------------------|----------------------|-------------------------|
| TOMA DE MUESTRA REALIZADO POR: | CLIENTE | NÚMERO DE MUESTRAS: | 01 |
| FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA: | NA | ANÁLISIS SOLICITADO: | Químico |
| FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: | 27/07/2021 11:50 | FECHA DE ANÁLISIS: | 27/07/2021 - 06/08/2021 |
| FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: | 06/08/2021 | CÓDIGO LABORATORIO: | AL-A-734-21 |
| RESPONSABLE DE LA TOMA DE MUESTRA: | NA | COORDENADAS: | NA |
| CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS | T máx.:25,0 °C. T mín.: 15,0 °C | | |

RESULTADOS ANALÍTICOS

| ENSAYO | UNIDAD | RESULTADO | INCERTIDUMBRE (k=2) | MÉTODO /NORMA | VALOR LÍMITE PERMISIBLE |
|--------|--------|-----------|---------------------|--|-------------------------|
| Cadmio | mg/L | 0.0035 | ±10% | Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP-AES) PE/AL/17 EPA 200.7 ICP-AES Rev.4.4 1994 | - |

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- La columna: Valor límite permisible, está fuera del alcance de la acreditación del SAE.

AUTORIZACION Y RESPONSABLE DEL INFORME:


 Ing. Yerónica Bravo
 DIRECTORA TÉCNICA


LABCESTTA
 TECNOLOGÍA Y CALIDAD
 RUC:0691736210001

NOTAS:

- Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
- Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados.
- Las condiciones ambientales no afectan a los resultados de los ensayos analizados.
- LABCESTTA S.A. no se responsabiliza cuando la información proporcionada por el cliente puede afectar la validez de los resultados.
- Cuando se emitan criterios de conformidad y aplique, se tendrá en cuenta el: Instructivo de Regla de decisión para una declaratoria de conformidad IE-AL-26.

Parque Industrial California II, Local C36, Guayaquil

Página 1 de 1
 Revisión 3
 MC01-19

T3R3

| | | |
|--|---|---|
|  LABCESTTA <small>TECNOLOGÍA Y CALIDAD</small> | DEPARTAMENTO: ANALITICALAB |  Servicio de Acreditación Ecuatoriano Acreditación N° SAE LEN 18-034 LABORATORIO DE ENSAYOS |
|--|---|---|

INFORME DE RESULTADOS No: A-735-21

| INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE | | | |
|--|--------------------------------|---|--|
| NOMBRE CLIENTE: | DANIELA ALEXANDRA GUILLEN VERA | ATENCIÓN A. | Daniela Alexandra Guillen Vera |
| DIRECCIÓN: | Chone - Manabi - Ecuador | TELÉFONO: | NA |
| TIPO DE MUESTRA: | Agua (Natural) | PUNTO DE TOMA DE MUESTRA: | Agua de Rio |
| CÓDIGO CLIENTE: | T3R3 | FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA RESPONSABLE: | 26/07/2021 11:00 Daniela Alexandra Guillen Vera |

INFORMACIÓN DEL LABORATORIO

| | | | |
|--|---------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| TOMA DE MUESTRA REALIZADO POR: | CLIENTE | NÚMERO DE MUESTRAS: | 01 |
| FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA: | NA | ANÁLISIS SOLICITADO: | Químico |
| FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: | 27/07/2021 11:50 | FECHA DE ANÁLISIS: | 27/07/2021 - 06/08/2021 |
| FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: | 06/08/2021 | CÓDIGO LABORATORIO: | AL-A-735-21 |
| RESPONSABLE DE LA TOMA DE MUESTRA: | NA | COORDENADAS: | NA |
| CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS | T máx.:25,0 °C. T mín.: 15,0 °C | | |

RESULTADOS ANALÍTICOS

| ENSAYO | UNIDAD | RESULTADO | INCERTIDUMBRE (k=2) | MÉTODO /NORMA | VALOR LÍMITE PERMISIBLE |
|--------|--------|-----------|---------------------|--|-------------------------|
| Cadmio | mg/L | 0.0041 | ±10% | Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP-AES) PE/AL/17 EPA 200.7 ICP-AES Rev.4.4 1994 | - |

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- La columna: Valor límite permisible, está fuera del alcance de la acreditación del SAE.

AUTORIZACION Y RESPONSABLE DEL INFORME:


 Ing. Verónica Bravo
 DIRECTORA TÉCNICA


LABCESTTA
 TECNOLOGÍA Y CALIDAD
 RUC:069173621000

NOTAS:

- Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
- Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados.
- Las condiciones ambientales no afectan a los resultados de los ensayos analizados.
- LABCESTTA S.A. no se responsabiliza cuando la información proporcionada por el cliente puede afectar la validez de los resultados.
- Cuando se emitan criterios de conformidad y aplique, se tendrá en cuenta el: Instructivo de Regla de decisión para una declaratoria de conformidad IE-AL-26.

Parque Industrial California II, Local C36, Guayaquil

Página 1 de 1
 Revisión 3
 MC01-19

Anexo 8. Aplicación de las encuestas**Anexo 9.** Recolección de las Algas

Anexo 10. Recolección de las muestras de agua en el río Arenales



Anexo 11. Preparación de la biomasa para el sistema de biosorción



Anexo 14. Elaboración de la biomasa para el sistema de biosorción**Anexo 17.** Preparación del sistema de absorción

