



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

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**INFORME DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

MECANISMO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**TEMA:
EVALUACIÓN DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR ALUMINIO
EN SEDIMENTOS DEL RÍO CARRIZAL EN DESCARGAS DE
Lodos RESIDUALES DE LA PLANTA POTABILIZADORA EMMAP-
EP**

**AUTORAS:
ROSADO ORMAZA ROSA KATHERINE
PERALTA ZAMBRANO ZANDY PATRICIA**

**TUTOR:
ING. FABRICIO ENRIQUE ALCÍVAR INTRIAGO Mg.**

CALCETA, JULIO 2022

DERECHOS DE AUTORÍA

Peralta Zambrano Zandy Peralta y Rosado Ormaza Rosa Katherine, declaran bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de 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



ZANDY P. PERALTA ZAMBRANO



ROSA K. ROSADO ORMAZA

CERTIFICACIÓN DE TUTOR

Ing. Fabricio Enrique Alcívar Intriago haber tutelado el proyecto, **EVALUACIÓN DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR ALUMINIO EN SEDIMENTOS DEL RÍO CARRIZAL EN DESCARGAS DE LODOS RESIDUALES DE LA PLANTA POTABILIZADORA EMMAP-EP**, que ha sido desarrollada por Peralta Zambrano Zandy Patricia y Rosado Ormaza Rosa Katherine, previa la obtención del título de Ingeniero Ambiental, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

Ing. Fabricio Enrique Alcívar Intriago Mg.
CC. 1308632262
TUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaran que han **APROBADO** el trabajo de titulación **EVALUACIÓN DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR ALUMINIO EN SEDIMENTOS DEL RÍO CARRIZAL EN DESCARGAS DE LODOS RESIDUALES DE LA PLANTA POTABILIZADORA EMMAP-EP**, que ha sido propuesta, desarrollada y sustentada por Peralta Zambrano Zandy Peralta y Rosado Ormaza Rosa Katherine, previa la obtención del título de Ingeniero Ambiental, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

Ing. Carlos Delgado Villafuerte, Mg. C.A.
CC. 1311115602
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Carlos Banchón Bajaña, MsC.
CC. 0918059189
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. José Giler Molina, MsC
CC. 1310656762
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

A Dios, por transmitirme sabiduría y perseverancia en todo momento durante el transcurso del camino para lograr tan anhelado sueño.

A mis padres por el apoyo incondicional e infinito amor, por enseñarme tantos valores en esta vida y que definitivamente sin ellos este logro no hubiera sido posible.

A mi hermana por ser fuente de motivación e inspiración y para quien éste logro es motivo de orgullo. A mi hermana de corazón y novio por siempre estar en todo momento ayudándome.

A mi Amiga y compañera de tesis Zandy, por todos estos años compartidos juntas, ayudándonos, aconsejándonos, amándonos siempre, gracias por siempre estar para mí. Lo logramos.

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López por abrir para mí las puertas del conocimiento, a una educación superior de calidad. A nuestros docentes por la lucha constante para hacer de sus estudiantes los mejores profesionales en especial a nuestro tutor de tesis el Q.F. Patricio Noles Aguilar, Mg. por darnos esa guía y transmitir sus conocimientos profesionales, sobre todo por el tiempo y dedicación.

A los amigos que encontramos en el transcurso de nuestra carrera, como a nuestro amigo Fabian Peñarrieta por estar siempre para nosotras, corrigiéndonos, ayudándonos, pero sobre todo dándonos ese aliento de siempre seguir adelante y hacer las cosas bien. Gracias por esa bonita amistad.

ROSA K. ROSADO ORMAZA

AGRADECIMIENTO

A Dios, pilar fundamental en mi vida y por ser el inspirador y darme fuerzas para continuar en este proceso de obtener uno de mis anhelos más deseados.

A mis hijos, el mejor regalo que haya podido recibir de parte de Dios. Son la fuente más pura de mi inspiración. A Juan por estar conmigo en aquellos momentos en el que el estudio y trabajo ocuparon mi tiempo y esfuerzo, gracias por toda tu ayuda, paciencia y apoyo.

A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, y por ese apoyo incondicional. Gracias a ustedes he logrado convertirme en lo que soy. Son los mejores. Así mismo, a mis hermanos que siempre me han hecho sentir segura de que puedo lograr todo lo que me proponga, quiero decirles que son uno de mis mayores orgullos. A mi segunda familia, la que me acogió, aconsejó y me apoyo en todo momento.

A Katherine Rosado mi amiga y compañera de tesis, gracias por todo tu apoyo, amor y paciencia, gracias por estar. Siempre dijimos que lo lograríamos juntas y hoy te digo amiga: LO LOGRAMOS, GRACIAS.

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López por abrirme las puertas del conocimiento, a una educación superior de calidad. A nuestros docentes por hacer de sus estudiantes los mejores profesionales. En especial a nuestro tutor de tesis el Q.F. Patricio Noles Aguilar, Mg. por ser esa guía y transmitir sus conocimientos profesionales, sobre todo por el tiempo y dedicación.

A los amigos que encontramos en el transcurso de todo este tiempo en especial al Ing. Fabian Peñarrieta por todo ese apoyo brindado y por estar siempre para nosotras con una palabra de aliento y hasta con una retada incluida para hacer las cosas bien. Gracias por esta bonita amistad que nos brinda.

ZANDY P. PERALTA ZAMBRANO

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de manera especial a Dios por el regalo maravilloso de vivir y la capacidad de luchar incansablemente por mis sueños llenando en todo momento de orgullo y satisfacción a mis seres queridos.

A mis padres, pilares fundamentales de mi vida y luchadores incansables por hacer de mí una mujer soñadora y visionaria, a ustedes les dedico este logro que lleva mi nombre, pero definitivamente no sería posible sin su trabajo y apoyo incondicional en todo momento.

A mi hermana, impulsadora de mis sueños y fuente de inspiración para mí.

A Nuestro eterno Tutor Q.F. Patricio Noles Aguilar, Mg. por sus enseñanzas y apoyo.

ROSA K. ROSADO ORMAZA

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi familia por haber sido mi apoyo a lo largo de toda mi carrera universitaria y a lo largo de mi vida. A mis hijos ya que todo esto es por y para ellos. A todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación tanto profesional y como ser humano.

Este trabajo va dedicado especialmente para mi abuela como le solía decir, de la tierra al cielo abue espero estés orgullosa de mí, lo logramos lo hicimos juntas porque sé que en ningún momento me has abandonado. Aunque no te pueda ver te siento en cada paso que doy y siempre estás presente en mi mente y en mi corazón.

A Nuestro eterno Tutor Q.F. Patricio Noles Aguilar, Mg. por sus enseñanzas y apoyo. Es, fue y será parte fundamental de este logro.

ZANDY P. PERALTA ZAMBRANO

CONTENIDO GENERAL

DERECHO DE AUTORIA.....	ii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA.....	vii
CONTENIDO GENERAL.....	ix
CONTENIDO DE CUADROS E IMÁGENES.....	xii
RESUMEN	xii
ABSTRACT.....	xiv
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema	1
1.2. Justificación.....	2
1.3. Objetivos	4
1.3.1. Objetivo general.....	4
1.3.2. Objetivos específicos.....	4
1.4. Hipótesis, premisas/idea a defender	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	5
2.1. Contaminación ambiental.....	5
2.1.1. Contaminación ambiental por aluminio.....	5
2.2. Sedimentos	6
2.2.1. Sedimentos en ríos.....	7
2.3. Plantas potabilizadoras	8
2.3.1. Planta potabilizadora emmap-ep	9
2.4. Lodos residuales	9
2.4.1. Lodos generados en la potabilización de agua.....	10
2.5. Efectos de metales pesados	11
2.5.1. Aluminio.....	11
2.5.2. Efectos del aluminio.....	12
2.5.3. Policloruro de aluminio	14
2.6. Muestreo	15
2.6.1. Muestreo en sedimentos.....	15
2.6.2. Muestreo en lodos residuales	16
2.7. Método de detección de aluminio.....	16

2.7.1. Plasma de acoplamiento inductivo (icp)	16
2.8. Matriz de la importancia	17
CAPITULO III. DISEÑO METODOLÓGICO	21
3.1. Ubicación	21
3.2. Duración.....	21
3.3. Tipo de investigación.....	22
3.4. Métodos, técnicas	22
3.4.1. Métodos.....	22
3.4.2. Técnicas	22
3.5. Variables en estudio.....	23
3.5.1. Variable independiente	23
3.5.2. Variable dependiente.....	23
3.6. Procedimiento	23
3.6.1. Fase 1: Diagnosticar los procesos de la planta potabilizadora de agua EMMAP-EP.....	23
3.6.2. Fase 2. Determinar la concentración de aluminio tanto en la descarga de lodos residuales de la planta potabilizadora EMMAP-EP como en el sedimento del rio Carrizal.....	25
3.6.3. Fase 3: Analizar el impacto ambiental producido entre la descarga del lodo residual de la planta potabilizadora EMMAP-EP y el sedimento del río carrizal.....	26
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
4.1.1. Fase 1: Diagnostico del proceso de potabilización de agua EMMAP-EP. 28	
4.1.2. Fase 2. Determinación de la concentración de aluminio tanto en la descarga de lodos residuales de la planta potabilizadora EMMAP-EP como en el sedimento del rio Carrizal.....	32
4.1.3. Fase 3: Analizar el impacto ambiental producido entre la descarga del lodo residual de la planta potabilizadora EMMAP-EP y el sedimento del río Carrizal.....	36
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	41
5.1. Conclusiones.....	41
5.2. Recomendaciones.....	42

CONTENIDO DE TABLAS FIGURAS Y GRÁFICOS

TABLAS

Tabla 2.1. Características de importancia del impacto ambiental	18
Tabla 2.2. Valoración de impacto	20
Tabla 4.1. Condiciones hidráulicas de la planta potabilizadora EMMAP-EP.	29
Tabla 4.2. Ficha de observación	30
Tabla 4.3. Puntos de muestreo	31
Tabla 4.4. Concentración de aluminio en sedimento de la fase de captación	33
Tabla 4.5. Concentración de aluminio del sedimento en el embalse	34
Tabla 4.6. Concentración de aluminio en el sedimento del Río Carrizal	35
Tabla 4.7. Concentración de aluminio en el lodo residual en la decantación del flóculo	36
Tabla 4.8. Acciones posibles impactantes en la calidad ambiental	39
Tabla 4.9. Valoración cuantitativa de impactos antropogénicos en la calidad ambiental	40

FIGURAS

Figura 3.1. Ubicación de la Planta potabilizadora EMMAP-EP	21
Figura 4.1. Flujograma de procesos	Error! Bookmark not defined.
Figura 4.2. Puntos de muestreo.....	Error! Bookmark not defined.

GRÁFICOS

Gráfico 4.1. Comportamiento de las concentraciones de aluminio (Captación- DF).....	Error! Bookmark not defined.
Gráfico 4.2. Comportamiento de las concentraciones de aluminio (Embalse- Río).....	Error! Bookmark not defined.

RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo evaluar la contaminación ambiental por aluminio en sedimentos del río carrizal en descargas de lodos residuales de la planta potabilizadora EMMAP-EP con el fin de evaluar el impacto ambiental ocasionado. En este estudio se establecieron cuatro puntos estratégicos de muestreo; captación parte alta, embalse parte media, decantación del floculo (tubería desagüe de la planta) y río parte baja, de acuerdo a lo mencionado por Mora *et al.* (2016) para lodo en lapso de tiempo (cada 30 minutos) y en sedimentos antes de la captación de agua, durante y después en el sedimento del Río, logrando obtener mayor representatividad para los resultados. Los análisis se realizaron en el laboratorio de investigación de la UDLA (Universidad de las Américas), mediante método de Plasma Inductivo Acoplado (ICP), obteniendo los siguientes resultados: En la fase de captación 10021.914 mg/kg, embalse 9774.193 mg/kg, río 9455.569 mg/kg y decantación del floculo 10902.930 mg/kg , mismos que fueron comparados con los valores establecidos en otras investigaciones como la de (Paredes, Chisaguano, y Malacatus, 2017) referente a los límites máximo permisible para considerar a un desecho como peligroso o no (mg/kg): 60000.00 ya que no hay normativa que regule las concentraciones de aluminio en sedimentos de ríos. Mediante matriz de importancia se logró realizar la valoración del impacto ocasionado por las concentraciones de aluminio concluyendo que el impacto se encuentra en rango bajo y moderado, y este no solo es causado por la planta potabilizadora siendo este impacto reversible considerando las medidas adecuadas.

Palabras claves: Fase de captación, Decantación del floculo, Embalse, Matriz de importancia, Pasivos ambientales, Impacto ambiental.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the environmental contamination by aluminum in sediments of the Carrizal river in discharges of residual sludge from the EMMAP-EP water treatment plant in order to assess the environmental impact caused. In this study, four strategic sampling points were established; upper intake, middle reservoir, flocculus decanting (plant drainage pipe) and lower river, as mentioned by Mora et al. (2016) for sludge in time lapse (every 30 minutes) and in sediments before water intake, during and after in the sediment of the river, achieving greater representativeness for the results. The analyses were carried out in the research laboratory of the UDLA (Universidad de las Américas), using the Inductive Coupled Plasma (ICP) method, obtaining the following results: in the uptake phase 10021.914 mg/kg, reservoir 9774.193 mg/kg, river 9455.569 mg/kg and decanting of the floc 10902.930 mg/kg, same that were compared with the values established in other investigations such as that of (Paredes, Chisaguano, and Malacatus, 2017) referring to the maximum permissible limits to consider a waste as hazardous or not (mg/kg): 60000.00 since there are no regulations that regulate aluminum concentrations in river sediments. Through an importance matrix, it was possible to assess the impact caused by aluminum concentrations, concluding that the impact is in a low and moderate range, and this is not only caused by the water treatment plant, this impact being reversible considering the appropriate measures.

Keywords: Collection phase, floc settling, reservoir, matrix of importance, environmental liabilities, environmental impact.

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.2 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La potabilización tiene el objetivo principal de proteger la salud pública mediante la eliminación de sustancias en concentraciones que son contaminantes o nocivas para la salud (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2013). Sin embargo, como resultado del proceso de limpieza, se obtienen lodos con una alta concentración de aluminio mediante la adición de coagulante de cloruro de poli aluminio, lo que no permite que pierda agua rápidamente (Díaz, 2017).

Para Acosta (2002) citado por Herrera *et al.* (2013) los metales pesados provienen en su mayoría de fuentes antropogénicas, como los desechos domésticos, agrícolas e industriales, los cuales son peligrosos para la vida acuática así como para los humanos, son considerados un factor de degradación ambiental. Estos elementos se acumulan principalmente en los sedimentos superficiales de los ríos, aunque se pueden encontrar concentraciones relativamente altas a profundidades de 15 cm y están muy relacionadas con el tamaño de las partículas constituyentes del sedimento y la cantidad de materia orgánica en el sedimento, modificando el ecosistema y el equilibrio biogeoquímico del mismo.

Las plantas potabilizadoras generan como desecho gran cantidad de lodos con alto contenido de materia inorgánica y residuos químicos provenientes de la adición de coagulantes, actualmente dichos residuos son dispuestos de manera antitécnica en cuerpos de agua, causando una contaminación silenciosa que tiene como efecto la pérdida de cobertura vegetal, infertilidad del suelo, aumento en la turbiedad, disminución de demanda biológica y química de oxígeno, entre otros; incurriendo directamente sobre la biodiversidad y equilibrio de los ecosistemas que reciben dicho residuo (Estrada, 2015).

En el Ecuador la mayoría de los proyectos de potabilización no cuentan con el establecimiento de manejo de lodos residuales ya que la realización de los contratos de construcción para los diseños definitivos fue alrededor de los años 90, donde no

se encontraba normado en la legislación ecuatoriana el tratamiento y disposición de los efluentes generados en los sistemas de potabilización (Martínez, 2012).

La EMMAP-EP", situada en la Parroquia Ángel Pedro Giler "La Estancilla" de la provincia de Manabí, misma que genera en gran proporción lodos provenientes de los procesos de potabilización, donde el volumen de dichos lodos representa una gran cantidad de sólidos y reactivos adicionados, en tal caso como lo menciona Rivera *et al.* (2016) citado por López y Rivas (2013) el policloruro de aluminio que, por sus componentes como son las sales de aluminio, puede afectar en la mayoría de los casos a los suelos ácidos inhibiendo la absorción de calcio y magnesio por parte de las plantas.

Lo expuesto permite formular la siguiente interrogante ¿Cómo incide el impacto ambiental por la concentración de aluminio presente en los lodos generados de la planta potabilizadora EMMAP-EP en el sedimento del Rio carrizal?

1.3 JUSTIFICACIÓN

La contaminación del agua por metales pesados es ocasionada por vía antrópica y natural. La OMS y algunas autoridades ambientales, han establecido niveles de riesgo en función de la concentración de metales en aguas de consumo humano y alimentos. Los mapas realizados en algunas regiones del mundo muestran un importante incremento en la concentración por encima de los límites establecidos, que las clasifica como de alto riesgo (Reyes *et al.* 2016).

El control de la contaminación de las aguas, ha originado interés debido a la importancia de la calidad para la protección de la salud y del medio ambiente; esto en relación con lo establecido por la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, uso y aprovechamiento del agua, en su art. 12 que: La Autoridad Única del Agua, los Gobiernos Autónomos Descentralizados, los usuarios, las comunas, pueblos, nacionalidades y los propietarios de predios donde se encuentren fuentes de agua, serán responsables de su manejo sustentable e integrado así como de la protección y conservación de dichas fuentes, de conformidad con las normas de la presente Ley y las normas técnicas que dicte la Autoridad Única del Agua, en coordinación

con la Autoridad Ambiental Nacional y las prácticas ancestrales (Ley Orgánica de Recursos Hídricos, uso y aprovechamiento del agua [LORHUyA], 2014).

La Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, publicado en el Registro Oficial Suplemento No. 418, en el artículo 8 sustenta que: “Los Ministerios de Salud y del Ambiente, en sus respectivas áreas de competencia, fijarán el grado de tratamiento que deban tener los residuos líquidos a descargar en el cuerpo receptor, cualquiera sea su origen” y en el 9 “Los Ministerios de Salud y del Ambiente, en sus respectivas áreas de competencia, también, están facultados para supervisar la construcción de las plantas de tratamiento de aguas residuales, así como de su operación y mantenimiento” (Estrategia Nacional de Calidad del Agua [ENCA], 2016).

Debido a su toxicidad, la presencia de metales pesados como el aluminio en los sedimentos de los ríos representa un grave problema de salud para los habitantes de las poblaciones usuarias de estos ríos, lo que se traduce en un aumento del gasto en tratamientos médicos, reducción de la productividad de los habitantes y, por supuesto, de los impactos económicos a nivel local y nacional, conocimiento de los niveles de contaminación por metales. La categoría pesada permitirá tomar decisiones adecuadas en el campo de la salud, el medio ambiente y la sociedad en general, con efectos positivos en la práctica (Contreras, 2013).

Llevar a cabo esta investigación, permitió establecer la concentración de aluminio presente en el sedimento del río Carrizal a causa de la descarga de lodos residuales productos de los procesos de potabilización de la planta de agua EMMA-EP, y así determinar el impacto ambiental que estos provocan.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la contaminación ambiental por aluminio en sedimentos del Río Carrizal en descargas de lodos residuales de la planta potabilizadora EMMAP-EP

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar los procesos de la planta potabilizadora de agua EMMAP-EP como las condiciones del Río Carrizal.
- Determinar la concentración de aluminio tanto en la descarga de lodos residuales de la planta potabilizadora EMMAP-EP como en el sedimento del Río carrizal.
- Analizar el impacto ambiental producido entre la descarga del lodo residual de la planta potabilizadora EMMAP-EP y el sedimento del río Carrizal.

1.5 HIPÓTESIS

La concentración de aluminio proveniente de los lodos residuales de la planta potabilizadora EMMAP-EP produce un impacto ambiental en el sedimento del río Carrizal.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

Se considera un problema ambiental al que está relacionado entre el hombre y su entorno, que depende también de la correlación entre sí de los hombres. El factor demográfico y el uso y consumo de todos los recursos naturales e industrializados que utilizan los humanos a lo largo de la vida, como también la infraestructura social, económica y cultural que esto implica, son factores determinantes en la emisión de contaminantes, la salud del hombre que por ende contribuyen a la afección al ambiente (Arcos, 2015).

Básicamente se denomina contaminación ambiental a la existencia en el ambiente de cualquier agente sea físico, químico o biológico como también una combinación de varios agentes en lugares, formas y concentraciones diferentes que sean o puedan ser perjudiciales para la salud, la seguridad o el bienestar de la población, o bien, que puedan ser perjudiciales tanto para flora como fauna, o impidan el uso normal de las propiedades y lugares de recreación entre otros (Garzón, 2012).

2.1.1 CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR ALUMINIO

La ejecución de estudios eco toxicológicos en los últimos años ha puesto de manifiesto que el aluminio puede causar daños tanto humanos, animales y plantas (Catalá, 2015). La solubilidad del aluminio en agua es insignificante, la acidificación del suelo, por efecto de las lluvias ácidas, aumenta la migración del aluminio presente en los sedimentos a los cuerpos de agua. Cuando este elemento alcanza aguas superficiales y subterráneas hay disminución de peces y anfibios, debido, entre otros efectos, a que los iones de aluminio pueden influir con los fosfatos, impidiendo su disponibilidad para los organismos acuáticos (Dávila *et al.* 2012).

Por otra parte, las aves y otros animales que comen pescado contaminado sufren como consecuencia de su toxicidad, y la acumulación de aluminio en las plantas provoca problemas de salud a los animales que lo consumen, constituyendo la colonización de la entrada de este elemento en la cadena alimentaria terrestre. La

presencia de altas concentraciones de aluminio en el suelo, tanto natural como antropogénico, representa un factor ecológicamente significativo (Zhang *et al.* 2010) citado por (Torrellas, 2013).

Para Kumar y Gill (2009) citado por Torrellas (2013) mencionó que las partículas de aluminio también se pueden encontrar en el aire de las centrales eléctricas e incineradores de carbón. Las partículas pueden sobrevivir en el aire durante varios días, mientras que las partículas más grandes finalmente caen al suelo o son arrastradas por las corrientes. Respirar aire con altas concentraciones de aluminio causa daño pulmonar y pérdida de peso en los animales, entre otros efectos (p. 967).

El aluminio es un contaminante que provoca importantes daños en las plantas, afectando principalmente a las raíces, provocando patologías que reducen el crecimiento y la capacidad nutritiva del organismo, provocando la muerte, por lo que podría provocar la extinción local de plantas especialmente sensibles a él o aún no han desarrollado mecanismos de defensa o tolerancias para dicho metal. Este problema supone una contaminación considerable nivel global y de difícil solución, ya que los mecanismos que desencadenan la presencia de Al^{3+} en suelos y aguas son naturales (por la propia naturaleza de la roca) y antrópicos (Catalá, 2015).

2.2 SEDIMENTOS

Para García (2010), los sedimentos son partículas sólidas o materiales inorgánicos discretos que surgen de los procesos de erosión de suelos, fondos y márgenes de ríos y arroyos. Estas partículas de suelo se separan continuamente de la superficie de la tierra, son transportadas por las corrientes y depositadas en áreas bajas como las laderas, las áreas bajas y las llanuras aluviales. Finalmente, son transportados por los ríos aguas abajo hasta depositarse en cuerpos de agua como embalses, estuarios u océanos.

Están constituidos por depósitos en suspensión, orgánicos y minerales susceptibles de depositarse, creados durante la oxidación de compuestos orgánicos, actuando a

través del abastecimiento de agua potable y escorrentías superficiales. El aumento de caudal puede afectar fuertemente su capa inferior, así como la distribución de sedimentos, generando problemas en el establecimiento de modelos aplicables a la hidrología (Herrera *et al.* 2013).

2.2.1 SEDIMENTOS EN RÍOS

Como menciona Urgilez (2016) los depósitos de agua superficial son el resultado de la erosión superficial, incluyen la composición mineral debida a la erosión de la roca madre y la composición orgánica que se produce durante la formación del suelo (incluida la producción y la biodegradación, microbiología). Los sedimentos juegan un papel importante en el ciclo primario del medio ambiente acuático; Los sedimentos son responsables de transportar una proporción significativa de nutrientes y contaminantes.

Para el mismo autor en los procedimientos de monitoreo acuático, los sedimentos pueden clasificarse como suspendidos o depositados. Los depósitos sedimentarios son sedimentos que se encuentran en el fondo de los ríos o lagos, a diferencia de los sedimentos en suspensión arrastrados por una corriente de agua y que se encuentran en su columna; estas partículas en suspensión también se conocen como materia en suspensión o sólidos en suspensión.

2.2.1.1 SÓLIDOS SUSPENDIDOS Y TURBIEDAD

Para Marquis (2005) citado Urgilez (2016) menciona que los sólidos en suspensión se expresan como concentraciones en agua usando partes por millón (ppm) o miligramos por litro (mg/l) para representar la concentración instantánea en un punto dado. Otro término utilizado es carga y se usa para describir la presencia de demasiado sedimento que no permite que el sedimento se suspenda en el agua que fluye; esta colección de material se rebota al final de la transmisión. El tamaño de las partículas que componen la carga de fondo varía con el caudal, la velocidad de las partículas, la densidad y la forma, entre otros factores (p.27).

La producción total de sedimentos incluye tanto el rendimiento de la suspensión como la carga del fondo. Asimismo, el efecto de la turbidez es sumamente

importante ya que puede afectar la fotosíntesis en las plantas acuáticas, tal impacto solo ocurrirá si la turbidez es alta, por lo que los sedimentos en el agua deben limitarse para proteger los recursos hídricos futuros (Urgilez, 2016).

2.3 PLANTAS POTABILIZADORAS

Herrera y Melo (2016), especifican que las plantas de tratamiento de agua de consumo se construyen con el propósito de brindar servicios a un grupo, sin embargo, requieren de un mantenimiento preventivo y correctivo luego de su construcción. El mantenimiento preventivo incluye todas las actividades requeridas en el momento oportuno y con la identificación de los recursos necesarios para desarrollarlas, con el objetivo de prevenir daños, accidentes o reducir la eficiencia de la instalación de equipos y plantas de tratamiento durante el mantenimiento correctivo, incluida la reparación rápida de cualquier daño a la instalación y el equipamiento (p.27).

La Estación de Tratamiento de Agua Potable (ETAP) especifica todas las estructuras en las que se trata el agua de tal manera que sea apta para el consumo humano. Existen diferentes tecnologías para potabilizar el agua, pero todas deben respetar los mismos principios: combinar múltiples barreras (distintas etapas de estabilización) para lograr los resultados deseados, condiciones de bajo riesgo, tratamiento integrado para producir el efecto deseado, tratamiento dirigido (cada tratamiento etapa tiene un objetivo específico asociado con un contaminante dado).

Si no hay reserva de agua domiciliaria, la capacidad de la estación debe ser superior a la demanda máxima en el período de diseño. Además, la planta de tratamiento de aguas residuales debe operar de manera continua, incluso algunas partes de la misma se encuentran en mantenimiento; Por ello, se requieren al menos dos dispositivos por cada proceso de planta (Saunidos Diseños y Procesos [DISEPROSA], 2015).

Para Villareal y Caicedo (2013) citado por Álava y Vera (2018) la obtención de agua potable, en su forma tradicional, implica el uso de la totalidad o una cuarta parte de

un proceso conocido como coagulación, floculación, decantación y filtración. La calidad y coste del agua obtenida al final del proceso depende en gran medida de la dosificación del coagulante dosis demasiado altas aumentan los costes de producción, mientras que dosis inferiores a las requeridas pueden dar lugar a la adquisición de agua que no cumple con los parámetros de calidad exigidos por la legislación aplicable y al funcionamiento ineficiente de la planta.

2.3.1 PLANTA POTABILIZADORA EMMAP-EP

La planta potabilizadora EMMAP-EP ubicada en el cantón Tosagua- Parroquia “Angel Pedro Giler” teniendo como objetivo principal contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de la población, a través de la prestación de los servicios de Agua Potable, Alcantarillado y servicios integrales de manejo de residuos sólidos Urbanos y Rurales de los 5 cantones de la Mancomunidad y otros de interés público; buscando la satisfacción de todos los clientes, con eficiencia, calidad, compromiso social y ambiental (EMMAP-EP, 2015).

2.4 LODOS RESIDUALES

Los lodos de depuradora son residuos semisólidos que quedan del tratamiento de aguas residuales, a base de materia orgánica no disuelta, microorganismos patógenos, compuestos no biodegradables y/o potencialmente tóxicos, metales nocivos como metales pesados y sales inocuas han sido eliminados de los procesos de tratamiento de aguas (Pérez, 2016).

Los lodos de depuradora son los residuos sólidos, semisólidos o líquidos producidos durante el tratamiento de los residuos domésticos en una planta de tratamiento. Estos lodos incluyen, entre otros, espuma, lodos eliminados en procesos de tratamiento de aguas residuales primario, secundario o avanzado, y materiales derivados de lodos. Los lodos residuales no incluyen las cenizas generadas durante la combustión, así como las gravas y piedras generadas durante el tratamiento primario de los residuos domésticos en las plantas de tratamiento municipales (Limón, 2013).

2.4.1 LODOS GENERADOS EN LA POTABILIZACIÓN DE AGUA

El tratamiento del agua para consumo humano implica la generación de lodos como subproducto. El volumen del lodo anterior representa de 0,3 a 1 μ l de agua tratada, que es el resultado de remover los sólidos en suspensión presentes en el agua cruda y agregar reactivos (Estrada, 2015).

El proceso de potabilización del agua utiliza diferentes dosis de sulfato de aluminio como coagulante. La dosificación de sulfato de aluminio depende del contenido de sólidos que tenga el agua a la entrada de la planta de tratamiento y su aplicación produce una cantidad importante de residuos semisólidos, los cuales se producen durante la coagulación - floculación, sedimentación y retrolavado de filtros, conocidos colectivamente como lodo rico en aluminio (Panizza et al. 2008).

Las características de los lodos generados en las plantas de tratamiento de agua potable (PTAP) cambian con el tiempo, incluso dentro de un mismo sistema de tratamiento, debido principalmente a la calidad del agua de entrada y a los regímenes de congelación, en dicho sistema se identificaron condensados y aunque se consideraron inertes, fueron tratados como residuos especiales debido a que las sustancias presentes en el agua sin tratar como partículas en suspensión, arena, arcilla, coloides, materia orgánica y microorganismos quedan retenidas en los lodos (Gutiérrez et al. 2014).

La principal dificultad que se presenta al tratar este tipo de lodos extraídos de plantas de coagulación y descalcificación es el alto contenido de agua (hasta un 98%) y la baja capacidad de separación de agua, especialmente los lodos vertidos por el uso de coagulantes como el sulfato de sodio; Este es un gran problema para una planta de tratamiento convencional, cuyo objetivo principal es mejorar la calidad del agua cruda hasta convertirla en agua apta para el consumo humano, pero no para el tratamiento de lodos, creada en sus diversas etapas (Estrada, 2015).

2.5 EFECTOS DE METALES PESADOS

La presencia en un alto porcentaje de metales pesados el ambiente contribuye en aumentar los índices de la problemática mencionada causando diversas intoxicaciones, daños irreparables en la salud humana y animal, tan graves como efectos teratogénicos, cáncer e incluso la muerte. Es importante considerar, que elevadas concentraciones de dichos metales en el organismo de los seres vivos alteran los procesos bioquímicos y fisiológicos ocasionando diversas patologías (Londoño, Londoño, y Muñoz, 2016).

Tanto la contaminación industrial, tecnológica, agropecuaria, minera y el uso indiscriminado de distintos fertilizantes químicos en el suelo con concentraciones metales pesados, y que como disposición final se incorporan finalmente a ríos, así como a los vegetales, animales y alimentos alteran el equilibrio de la cadena trófica, contribuyendo en gran medida a riesgos potenciales en la naturaleza y en la sociedad, ya que originan serios problemas en la salud humana y animal.

Debido a su alta toxicidad, los efectos en la salud por exposición prolongada o bioacumulación de metales pesados son alarmantes. Dependiendo del metal o tipo de metal, se presentan condiciones que van desde daño a órganos vitales hasta desarrollo cancerígeno (Reyes *et al.* 2016).

2.5.1 ALUMINIO

Es el tercer elemento más abundante en la corteza terrestre; las intervenciones antropogénicas contribuyen a su liberación con incidencia de enfermedades en la población y acumulaciones dañinas en el ambiente. El aluminio es un metal plateado muy ligero. Teniendo como símbolo Al, su masa atómica es 26981.539 tiene un punto de fusión de 660°C y un punto de ebullición de 2.46°C y una densidad relativa a 2.7 kg/m³. Es un metal muy electropositivo y extremadamente reactivo (Palma, 2019).

El aluminio es un componente natural del agua superficial y subterránea debido, principalmente, a que forma parte de la estructura de las arcillas y puede estar presente en forma soluble en sistemas coloidales responsables de la turbiedad; se

encuentra ampliamente distribuido en el ambiente, considerándose tóxico para el crecimiento de las plantas en suelos ácidos (Torrellas, 2013).

2.5.2 EFECTOS DEL ALUMINIO

EFECTOS DEL ALUMINIO EN EL RECURSO HÍDRICO

Aunque la solubilidad del aluminio en agua es muy baja, la acidificación del suelo, por acción de la lluvia ácida, aumenta la migración del aluminio contenido en los sedimentos a los cuerpos de agua. A medida que el elemento se acerca a las aguas superficiales y subterráneas, disminuyen los peces y anfibios, entre otros efectos, porque los iones de aluminio pueden reaccionar con los fosfatos, impidiendo su disponibilidad para el medio ambiente y los organismos acuáticos (Torrellas, 2013).

La concentración de aluminio en aguas naturales (por ejemplo, lagunas, lagos, arroyos) generalmente es menor de 0.1 miligramos por litro (mg/l) de agua. La ingesta de aluminio a través del agua potable generalmente es baja. A veces el agua es tratada con sales de aluminio durante el proceso de producción de agua potable. Aun así, los niveles de aluminio generalmente no exceden 0.1 mg/l. En varias ciudades se han detectado concentraciones de aluminio en el agua potable de 0.4 a 1 mg/l (Agencia para sustancias tóxicas y el registro de enfermedades [ATSDR], 2010).

EFECTOS DEL ALUMINIO EN FLORA Y FAUNA

Sin embargo, el aluminio suele estar presente en las plantas en concentraciones relativamente bajas debido a su baja biodisponibilidad. La disponibilidad máxima depende de varios factores, el más importante de los cuales es el pH bajo. Las propiedades esenciales del aluminio para la vida de las plantas siguen sin probarse, aunque sus efectos tóxicos sobre el crecimiento y el rendimiento son ampliamente reconocidos por agrónomos y ecologistas. Diferentes especies de plantas muestran diferente tolerancia al aluminio en suelo o solución nutritiva (Fancha, 2005).

Por lo general, el aluminio afecta primero el sistema de raíces, más que a la mata, donde éste se acumula en el protoplasma de las células vivas y especialmente en

el núcleo. La intensidad de la fitotoxicidad para el crecimiento de las raíces ha sido mostrada por estar altamente correlacionado con la actividad del Al^{3+} , pero no con el aluminio total en la solución del suelo (García, 2010).

Los estudios de neurotoxicidad, realizados sobre la bioacumulación de aluminio en peces, revelaron estrés oxidativo y neurotoxicidad significativos en varias especies. Además, las aves y otros animales que comen pescado contaminado están sujetos a sus toxinas. Muchos tipos de aves tienen cáscaras de huevo más delgadas y el nacimiento de pollitos de bajo peso al nacer. La acumulación de aluminio en las plantas provoca problemas de salud a los animales que las consumen, provocando el ingreso del elemento a la cadena alimentaria terrestre (Fernández, 2012).

EFFECTOS DEL ALUMINIO EN SEDIMENTOS

Los suelos ácidos con alta disponibilidad de aluminio se pueden encontrar en muchas áreas donde se utiliza la agricultura intensiva o la fertilización con nitrógeno. La toxicidad por aluminio se considera una de las principales causas de pérdida de rendimiento en suelos ácidos (Torrellas, 2013).

La presencia de este elemento en suelos ácidos reduce los rendimientos agrícolas porque inhibe y afecta la estructura de las raíces, haciéndolas incapaces de absorber agua y nutrientes esenciales como el calcio y el magnesio. Si a estos efectos se les suma el hecho de que el 40% de la tierra cultivable del planeta es ácida, entonces las actividades humanas que aumentan la acidez del suelo representan un factor de gran impacto ambiental y económico en el planeta. Actualmente, el contenido de aluminio en el suelo depende en gran medida del aumento de la acidificación ambiental según Abreu, Muraoka y Lavorante, (2003) citado por Torrellas (2013).

EFFECTOS DEL ALUMINIO EN LA SALUD

Uno de los daños a la salud que puede ocasionar el consumo de este elemento es la enfermedad de Alzheimer, la cual se asocia al consumo de este elemento y existe el riesgo de desarrollar otras enfermedades. Recientemente, el concepto del

aluminio como material inocuo para el ser humano ha cambiado debido a ciertos hallazgos epidemiológicos (Vázquez y Hernández, 2005).

Para Varsavsky (2002) citado por Flores (2017), no existe una intoxicación directa por esta vía, pero la vía más probable de intoxicación es la vía oral debido a la ingestión de alimentos contaminados, los cuales se absorben por vía oral a través de la digestión, pasar luego a la sangre y los riñones porque en el momento en que se excede el límite de concentración de la ingesta de aluminio, el primer órgano que afecta a ese sí la ruta principal de excreción, se ve afectado como un problema grave por la limitación de este órgano principal en el cuerpo que ayuda a eliminar los desechos que nuestro cuerpo no necesita (p.8).

2.5.3 POLICLORURO DE ALUMINIO

El policloruro de Aluminio (PAC) es un coagulante inorgánico líquido base policloruro de aluminio, indicado principalmente para remover materia coloreada y coloidal en suspensión en sistemas acuosos, plantas potabilizadoras de agua, afluentes y plantas de tratamiento de efluentes líquidos industriales, como reemplazo de sulfato de aluminio, cloruro férrico y otras sales inorgánicas. (Pilca, 2011).

Es un producto que se comercializa en forma líquida. Su nombre "policloruro" hace referencia a su verdadera composición química, ya que en realidad no se trata de un compuesto de fórmula definida sino más bien de una mezcla de polímeros o agregados de polímeros de hidróxido de cloruro de aluminio con fórmula $Al_n(1OH)_mCl_{(3n-m)}$ con $0 < m < 3n$ (Gárces, 2015).

PAC ofrece características de desempeño únicas, cuando se compara con productos convencionales, como sulfato de aluminio, cloruro de aluminio, cloruro férrico, sulfato férrico, etc. PAC es el producto ideal en las siguientes aplicaciones: Se emplea como el coagulante primario en plantas de tratamiento de agua potable municipales e industriales, reemplazando la necesidad de otros coagulantes, como alum, y en muchos casos eliminando o al menos reduciendo notablemente la

necesidad de químicos reguladores de pH, ayudas de coagulación y ayudas de filtración (Solís, Laines, y Hernández, 2012).

2.6 MUESTREO

La necesidad de identificar grupos de estudio mediante la selección de una muestra, denominada subconjunto del universo o parte representativa de una población, constituida por unidades muestrales que son los elementos objeto de estudio, se sustenta mediante la elección de una plantilla. La herramienta tiene como finalidad principal determinar la población a estudiar para calcular el tamaño de la muestra, existen muchos softwares que la soportan, pero es muy importante, además del cálculo, saber el tipo de muestra que se va a tomar utilizado (Hernández y Carpio, 2019).

2.6.1 MUESTREO EN SEDIMENTOS

Para Murgueito *et al.* (2015) el muestreo en sedimentos se utiliza un barreno tipo tornillo manual de 1.5 m de lago o una draga, con el cual se extrae 0.50 a 20 g de sedimento y se lo coloca en caja Petri de 10 cm o en fundas plásticas, en el cual se extrae sedimento a los 10 cm a partir de las orillas, el cual se almacena en contenedores de polietileno y se transporta a los laboratorios respectivos.

Al realizar el trabajo de campo, es necesario tener una idea aproximada de la distribución que pueden recibir los sedimentos en la vasija durante el depósito. Esta distribución es el resultado de un proceso en el que intervienen factores que de alguna manera influyen en la distribución de los sedimentos, como la forma del barco, la presencia de corrientes de convección y la existencia de sedimentos en los aportes de la parte. Para que una muestra sea representativa y por lo tanto útil, debe reflejar las similitudes y diferencias encontradas en la población, es decir, ilustrar sus características para asegurar la representatividad de los datos (Isla, 2013).

2.6.2 MUESTREO EN LODOS RESIDUALES

En caso del monitoreo de un lodo o biosólido de un proceso productivo continuo (deshidratación mecánica, purga de lodo o biosólido líquido a un camión con tanque) la muestra compuesta se compone de muestras puntuales tomadas en el mismo punto. El intervalo entre la toma de cada muestra puntual debe ser por lo menos de treinta (30) minutos. Sin embargo, una mayor representatividad se asegura con la toma de un mínimo de cinco (5) muestras puntuales en un período de dos (2) semanas. Para asegurar la representatividad sobre la calidad del lodo o biosólido se deben tomar varias muestras puntuales y analizar cada muestra de manera separada o preparar y analizar muestras compuestas a partir de varias muestras puntuales (Dirección de Asuntos ambientales [FAO], 2018).

2.7 MÉTODO DE DETECCIÓN DE ALUMINIO

2.7.1 PLASMA DE ACOPLAMIENTO INDUCTIVO (ICP)

Mediante esta técnica es posible la determinación cualitativa y cuantitativa de los elementos químicos que constituyen un material con gran rapidez, precisión y exactitud. Se exponen casos prácticos en cada una de estas vertientes. En el plasma ICP (Inductively Coupled Plasma), la ionización se realiza mediante una corriente inducida de alta frecuencia. Las temperaturas en un plasma ICP son muy elevadas (4000-10000° K) y son suficientes para disociar las combinaciones químicas estables, incluso los óxidos refractarios, eliminándose las interferencias químicas. Estos plasmas pueden estar o no en equilibrio termodinámico (Sanchez y Luxan, 2010).

Una de las principales ventajas de ICP sobre otras fuentes de emisión se deriva de su capacidad para vaporizar, atomizar, excitar y ionizar de manera efectiva una amplia gama de elementos presentes en diferentes tipos de muestras. Una de las razones importantes de la superioridad de ICP sobre una llama o un horno es la alta temperatura del plasma. Además de mejorar la eficiencia de excitación y ionización, la alta temperatura también reduce o elimina muchas interferencias químicas presentes en la llama y el horno (Jiménez, Grijalva, y Ponce, 2020).

2.8 MATRIZ DE LA IMPORTANCIA

Para Peña, (2016) la matriz de importancia permite obtener una valoración cualitativa entre los factores ambientales considerados. Así se seleccionan los que resultan más representativos de alteraciones sustanciales y que puedan ser traducidos en magnitudes mensurables.

Guerrero (2018) citado por Arteaga y García (2021) mencionan que la matriz de importancia consiste en la modificación de la matriz de Leopold utilizada específicamente para la determinación, identificación y valoración de impactos negativos que pueden ocasionar pasivos ambientales, esta matriz se utiliza conjuntamente con una ficha de registro, la cual abarca una serie de valoraciones puntualizadas, que conllevan a utilizar una (Ecuación 2.1) para determinar el nivel de importancia del pasivo ambiental:

Se analizó la incidencia sobre la calidad de Ambiental donde se aplicó la matriz de la importancia para valorar los impactos ecuación 2.1. (Servicios Hidrológicos y Ambientales, hidroAr, 2015)

$$IMP = WeXe + WdXd + WrXr \quad [2.1]$$

Donde:

Imp: Valor calculado de la importancia del impacto ambiental

E: Valor del criterio de Extensión

We: Peso de criterio de Extensión

D: Valor de criterio de Duración

Wd: Peso de criterio de Duración

R: Valor criterio de Reversibilidad

Wr: Peso de criterio de Reversibilidad

Se debe cumplir que:

$$We + Wd + Wr = 1 \quad [2.2]$$

Se definió los siguientes valores para los pesos o factores de ponderación:

- Peso de criterio de extensión (We): 0.20
- Peso de criterio de Duración (Wd) :0.50
- Peso de criterio de Reversibilidad (Wr): 0.30

Estos valores se acogerán en base paliativo de representación de cada acción antropogénicas (Consejo Provincial de Manabí y Empresa Pública Manabí, 2013). La estimación de las particularidades de cada interacción, se ha ejecutado dentro de un rango de 1 a 10, exclusivamente evaluando con los consecutivos valores y tomando en cuenta los criterios expuestos a continuación:

Tabla 2.1. Características de importancia del impacto ambiental

CARACTERÍSTICAS DE IMPORTANCIA DEL IMPACTO AMBIENTAL	PUNTUACIÓN DE ACUERDO A LA MAGNITUD DE LA CARACTERÍSTICA				
	1.0	2.5	5.0	7.5	10.0
EXTENSIÓN	Puntual	Particular	Local	Generalizada	Regional
DURACIÓN	Esporádica	Temporal	Periódica	Recurrente	Permanente
REVERSIBILIDAD	Completamente Reversibles	Medianamente Reversibles	Parcialmente irreversible	Medianamente irreversibles	Completamente irreversibles

Fuente. (Servicios Hidrologicos y Ambientales, hidroAr, 2015)

Si el impacto es de gran trascendencia y concreta influencia en el entorno adopta una apreciación de 10, y 1 si existe poca trascendencia y escasa influencia sobre el entorno. Dichos valores de jerarquía oscilan entre valores máximos de 10 y mínimos de 1.

La magnitud, es el estado de ocurrencia sobre el componente ambiental en el sitio que actúa, conserva una escala de 1 a 10 basándose al juicio técnico del evaluador. La magnitud de 10 muestra gran influencia sobre la calidad ambiental del elemento en interacción, no obstante, una magnitud de 1 y 2.5 concierne a interacciones de incidencia baja.

Para el valor de impacto deriva de la ecuación consecutiva correspondiente a la ecuación 2.3.

$$\text{Valor de impacto} = \text{Imp} * \text{mag} \quad [2.3]$$

2.8.1.1. CATEGORIZACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

Se distinguen cuatro categorías de impactos:

- a) **Impactos Altamente Significativos:** Son de afecciones negativas de gran influencia del elemento ambiental, dificultoso de corregir, de prolongación generalizada, con afección de manera irreversible y de persistencia inquebrantable cuyo valor del impacto es \geq a 7.0.
- b) **Impactos Significativos:** Poseen un valor del impacto nocivo $<$ a 7.0 y \geq 4.5 cuyas particularidades son: posibles de corrección, de ramificación local y permanencia transitoria.
- c) **Despreciables:** son aquellos que adquieren un valor del impacto perjudicial \leq a 4.5 cuyas particularidades son: viables de corrección, de generalización local y permanencia estacional. Corresponden a esta clase los impactos aptos completamente de corrección y por ende remediados durante la elaboración del Plan de Manejo Ambiental PMA, suelen ser reversibles, de conservación esporádica y con influencia exacta.
- d) **Benéficos:** Son aquellos que promueven el progreso económico y son favorables, positivos o propicios derivados durante el proyecto.

Tabla 2.2. Valoración de impacto

Valor (13/100)	Calificación	SIGNIFICADO
<25	BAJO	La afección del mismo es irrelevante en comparación con los fines y objetivos del proyecto en cuestión
25 ≥ < 50	MODERADO	La afectación del mismo, no precisa prácticas correctoras o protectoras intensivas
50 ≥ 75	SEVERO	La afectación de este, exige la recuperación de las condiciones del medio a través de medidas correctoras o protectoras. El tiempo de recuperación necesario es en un periodo prolongado
≥75	CRÍTICO	La afectación del mismo, es superior al umbral aceptable. Se produce una pérdida permanente de la calidad en las condiciones ambientales. No hay posibilidad de recuperación alguna.

Fuente. (Servicios Hidrológicos y Ambientales, hidroAr, 2015)

CAPÍTULO III. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1 UBICACIÓN

La presente investigación se realizó en la Empresa Pública Municipal Mancomunada de Agua Potable (EMMAP-EP) situada en la vía Tosagua- Calceta en parroquia rural Ángel Pedro Giler del cantón Tosagua, provincia de Manabí, con coordenadas 587606.65 m este y 9908998.01 m sur, Datum WGS84, Zona 17M.



Figura 3.1. Ubicación de la Planta potabilizadora EMMAP-EP
Fuente. Rosado y Peralta (2021)

3.2 DURACIÓN

La presente investigación tuvo una duración de 18 semanas a partir de la aprobación de la planificación del desarrollo del trabajo de unidad de integración curricular.

3.3 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Esta investigación es de tipo no experimental.

3.4 MÉTODOS, TÉCNICAS

3.4.1 MÉTODOS

MÉTODO DEDUCTIVO

De acuerdo con León (2016) el método deductivo es un proceso sintético-analítico en el que constan normas generales, leyes, conceptos, definiciones, principios, para la obtención de conclusiones o consecuencias, con ellas se analiza o aplica casos particulares sobre las afirmaciones generales; con la presente investigación se evaluó el impacto ambiental ocasionado por las concentraciones de aluminio en lodos y sedimentos.

MÉTODO DE ANALÍTICO

Para Labajo (2017) el método analítico es aquel método de investigación que consiste en la desmembración de un todo, descomponiéndolo en sus partes o elementos para observar las causas, la naturaleza y los efectos, mediante este método se logró analizar cada uno de los resultados obtenidos, consiguiendo de esta manera determinar el impacto ambiental producido.

3.4.2 TÉCNICAS

OBSERVACIÓN

La técnica de la observación tiene como objetivo conocer la naturaleza del fenómeno y objeto que se estudia para comprender su esencia. Para Labajo (2017) este método permite conocer más del objeto de estudio considerando que en la presente investigación tiene como fin obtener el mayor número de datos necesarios para la elaboración y ejecución de la misma.

ENTREVISTA

Díaz *et al.* (2014) mencionan a la entrevista como un instrumento técnico que adopta la forma de un diálogo coloquial, establecida entre el investigador y el sujeto de estudio, a fin de obtener respuestas verbales a las interrogantes planteadas sobre el problema propuesto, en la presente investigación contribuyó obteniendo información y conocimiento de la situación actual en cuanto a las descargas de lodos residuales de la planta. La entrevista se la realizó a la Ing. Diana Bermúdez encargada del Laboratorio y el Ab. Andrés Cedeño, gerente general de la Planta EMMAP-EP.

3.5 VARIABLES EN ESTUDIO

3.5.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

Concentración de aluminio en diferentes puntos de muestreo.

3.5.2 VARIABLE DEPENDIENTE

Valoración del impacto ambiental ocasionado.

3.6 PROCEDIMIENTO

La presente investigación, constó de procedimientos que están ligados a los objetivos propuestos, estos se dividen en 3 fases y cada una sus respectivas actividades.

3.6.1 FASE 1: DIAGNOSTICAR LOS PROCESOS DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA EMMAP-EP COMO LAS CONDICIONES DEL RÍO CARRIZAL

ACTIVIDAD 1: RECONOCIMIENTO DE LA ZONA DE ESTUDIO (EMMAP-EP)

Para desarrollar esta actividad se hizo un recorrido por la planta, donde se procedió a realizar un levantamiento de información mediante un diagrama de flujo existente dentro de la planta potabilizadora para conocer el proceso de auto limpieza, como también, la dosificación de policloruro de aluminio utilizada en los procesos de potabilización, de esta manera se calculó la concentración de lodos residuales

generados en tiempo y espacio. Utilizando el método empírico, aplicando la ecuación 3.1 establecida por Chiu (2017), en su investigación:

$$S = 86.4 Q(0.44Al + SS + A) \quad [3.1]$$

Donde:

S: Lodo producido, kg/día, base seca

Q: gasto, m³/s

Al: Dosis de policloruro de aluminio, mg/l

SS: Sólidos suspendidos del agua cruda, mg/l

A: Productos químicos adicionales agregados tales como polímero, arcilla, carbón activado, mg/l

ACTIVIDAD 2: RECONOCIMIENTO DE LA ZONA DE ESTUDIO (RÍO CARRIZAL)

Por medio de la observación y revisión bibliográfica se obtuvo información y mediante el método analítico se pudo conocer la zona a estudiar y, por lo tanto, saber cuál es su principal actividad, y características del área Calduch, (2012). Se realizaron visitas al lugar la primera semana establecida en el cronograma de actividades utilizando las herramientas necesarias como cámaras fotográficas, cuaderno, lápiz, etc., de esta manera facilitar el trabajo.

ACTIVIDAD 3: DETERMINACIÓN DE LOS PUNTOS MUESTREO

Conforme al reconocimiento de la zona de estudio, se establecieron puntos de muestreo distribuidos en tres sectores estratégicos tanto para lodos como sedimentos, que serían para lodo en lapso de tiempo (cada 30 minutos) y en sedimentos antes de la captación de agua dulce, durante, específicamente en la descarga de los lodos residuales de la planta y después en el sedimento del Río, de esta manera se obtiene mayor representatividad para los resultados como lo menciona Mora *et al.* (2016) en su estudio. Una vez establecidos los puntos se llevará a cabo la georreferenciación, considerando que cada punto de muestreo se representará con el código del punto de muestreo, las coordenadas datum WS84, el nombre y la descripción del lugar.

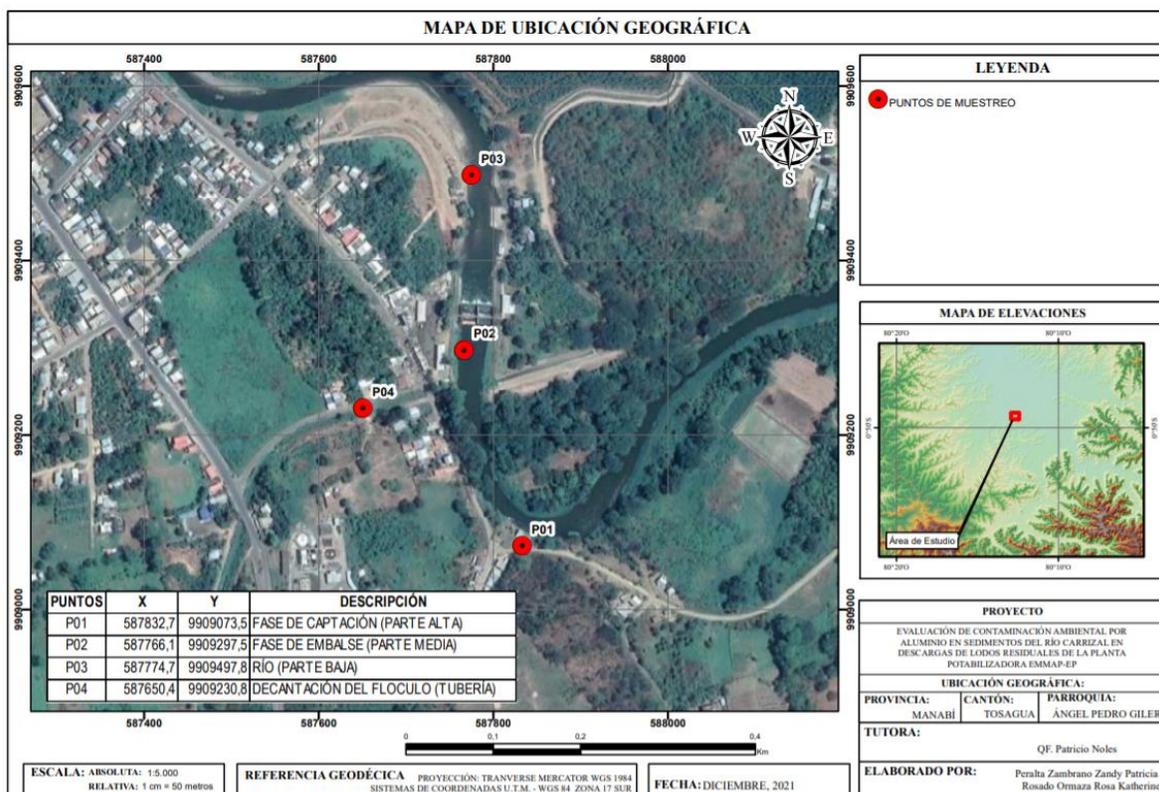


Figura 3.2. Puntos de muestreo

3.6.2 FASE 2. DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN DE ALUMINIO TANTO EN LA DESCARGA DE LODOS RESIDUALES DE LA PLANTA POTABILIZADORA EMMAP-EP COMO EN EL SEDIMENTO DEL RIO CARRIZAL

ACTIVIDAD 4: TOMA DE MUESTRA EN LODO Y SEDIMENTO

- ✓ **MUESTREO DE ALUMINIO EN LODO:** Se tomaron 3 muestras puntuales en el lapso de 1h30min (1 muestra cada 30 min), subdividiéndose en 5 submuestras, que serán recolectadas en el lapso de 3 semanas, ya que el proceso de la planta es productivo continuo y la muestra compuesta se compone de muestras puntuales tomadas en el mismo punto, establecido por la dirección de asuntos ambientales de la FAO, 2018, en el protocolo de monitoreo de biosólidos. Las muestras serán colocadas en papel aluminio y dentro de una funda con cierre hermético (ziploc) para su posterior análisis.

- ✓ **MUESTREO EN SEDIMENTO EN RÍO:** Para las muestras de sedimento se utilizó una draga de Van Veen, de acuerdo con la NTE INEN-ISO 5667-1, mismo que se envasará en papel aluminio y luego en fundas esterilizadas con cierre hermético para 1 kg, los cuales estarán previamente identificados Peñafiel *et al.* (2017). Se establecieron 3 puntos de muestreo con 5 submuestras en un lapso entre recolección de muestras de 1 semana, considerando de 0 a 15 cm de profundidad, posteriormente se mantendrán refrigeradas durante el traslado al laboratorio, de acuerdo con la metodología utilizada por Murgueito *et al.* (2015) en su investigación.

3.6.2.1 ACTIVIDAD 5: ANÁLISIS DE LABORATORIO

Previo a la obtención de las muestras y georreferenciación, estas fueron trasladadas al laboratorio de Investigación de la Universidad de las Américas en la ciudad de Quito, con su respectiva rotulación, para su análisis, considerando el método de Plasma Inducido Acoplado (ICP) para la detección de aluminio tanto en lodo como en sedimento (Bolaños *et al.* 2016). Se pesó 0.5 g y se añadió 7 ml de Ácido Nítrico Libre de metales y 3 ml de Ácido Fluorhídrico Libre de metales. Se digesto la muestra en el microondas CEM modelo MARS6 con la metodología EPA3052 para sólidos; después de la digestión se filtró la muestra en balones de 50 ml y se aforó con agua Tipo I.

3.6.3 FASE 3: ANALIZAR EL IMPACTO AMBIENTAL PRODUCIDO ENTRE LA DESCARGA DEL LODO RESIDUAL DE LA PLANTA POTABILIZADORA EMMAP-EP Y EL SEDIMENTO DEL RÍO CARRIZAL

ACTIVIDAD 6: INTERPRETACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LAS CONCENTRACIONES DE ALUMINIO EN LOS PUNTOS MONITOREADOS

Posterior a la obtención de los resultados de las concentraciones de aluminio en lodo y sedimentos se procedió hacer la respectiva revisión bibliográfica con estudios realizados por Torrellas, (2013) donde se analiza la exposición al aluminio y su relación con el ambiente y la salud y por Mogollón (2021) en el cual se gestionan

los lodos producidos durante el proceso de potabilización de agua, con el fin de comparar y discutir sobre el comportamiento de estas concentraciones.

ACTIVIDAD 7: VALORACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

Se realizó una valoración de impacto ambiental a través de la matriz de la importancia, esta metodología es considerada pertinente para obtención y valoración cualitativa entre los factores ambientales considerados (Peña, 2016). Para su ejecución se elaboró esta valoración de acuerdo con la investigación de Arteaga y García (2021) donde se evaluó los impactos ambientales ocasionados por las concentraciones de aluminio en sedimentos, tomando en cuenta que para evaluar esta actividad se utilizó la ecuación 2.1 donde se calculan los valores y peso criterios de la extensión, duración y reversibilidad de en este caso actividades que contribuyen al impacto que genera, a su vez se calificó de acuerdo con escala de valoración presentada en la tabla 2.2.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.1 FASE 1: DIAGNÓSTICO DEL PROCESO DE POTABILIZACIÓN DE AGUA EMMAP-EP

ACTIVIDAD 1: RECONOCIMIENTO DE LA ZONA DE ESTUDIO (EMMAP-EP)

La EMMAP-EP cuenta con dos plantas potabilizadoras de agua, el sistema de tratamiento de agua es el mismo tanto para la planta 1 como para la planta 2, que comprende: la captación del agua cruda, aireación, coagulación (mezcla rápida), floculación (mezcla lenta), sedimentación, filtración y desinfección (EMMAP-EP, 2015).

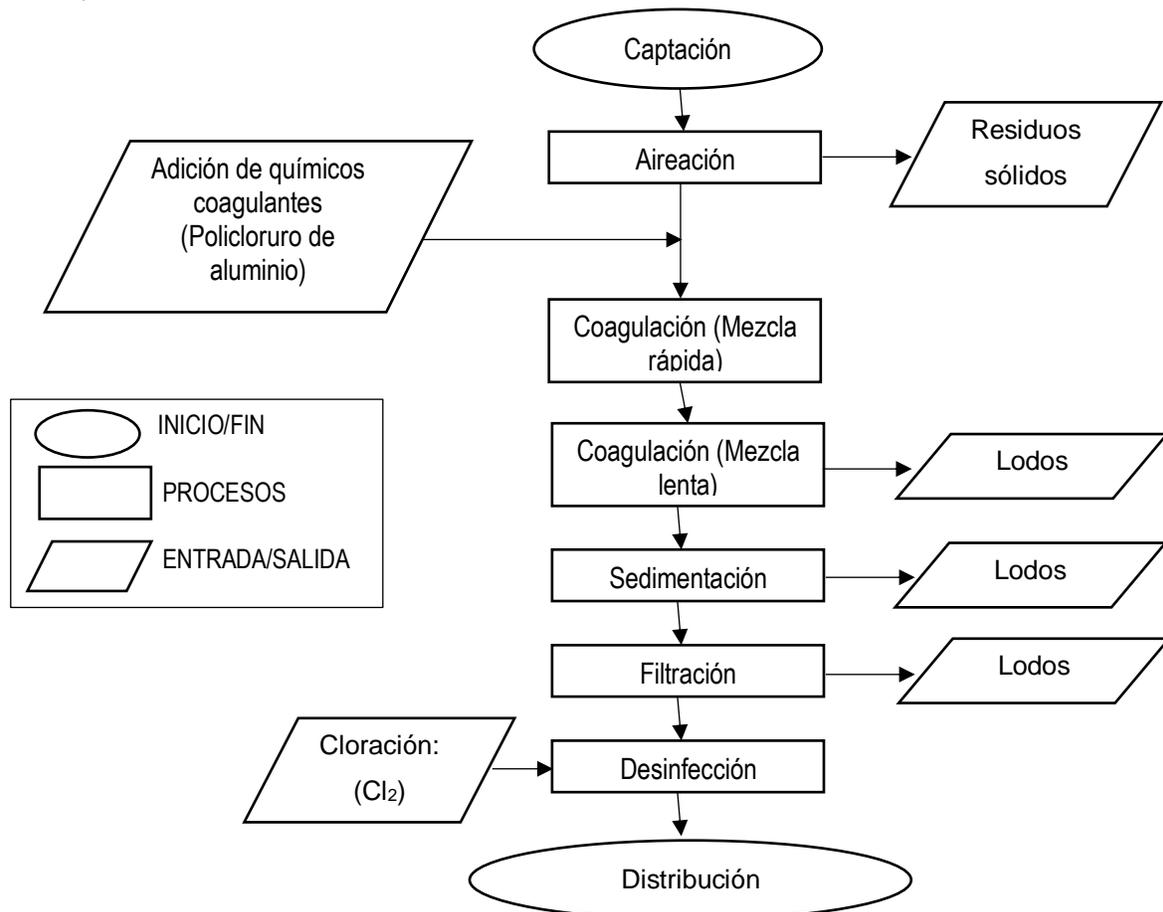


Figura 4.1. Flujograma de procesos
Fuente. EMMAP-EP

Dentro de los procesos que realiza la planta de potabilización, tres de ellos generan gran cantidad de residuos diarios que son evacuados por una tubería que indirectamente terminan en los efluentes del Río Carrizal. Se describe a continuación el diagrama de flujo del proceso.

COAGULACIÓN: Proceso que consiste en la desestabilización de las partículas (sólidos sedimentables), mediante la adición de un policloruro de aluminio como coagulante para permitir la cohesión de las mismas. La inyección del químico se realiza en la caja del agua de salida del aireador hacia el decantador, donde se aprovecha la turbulencia generada por el transporte del líquido para proporcionar la mezcla rápida (coagulación).

SEDIMENTACIÓN (MEZCLA LENTA): Para remover los sólidos suspendidos, el agua debe ser sometida a varios procesos continuos que involucran mecanismos químicos y físicos. Posteriormente la lenta agitación actúa como floculante, el cual produce la agregación de los flóculos formando partículas de mayor peso y tamaño, con un sistema de recolección de lodos que gira a razón de 5 RPH. Los decantadores cuentan con aspas mecánicas que generan el movimiento o mezcla lenta, a razón de 3 RPM. Luego el agua floculada emerge de la campana de mezcla lenta hacia el área de sedimentación en el decantador, donde por tiempo de retención y gravedad las partículas precipitan (EMMAP-EP, 2015). El decantador cuenta con un sistema de purgas que es operado mediante válvulas manuales y presenta las siguientes condiciones hidráulicas:

Tabla 4.1. Condiciones hidráulicas de la planta potabilizadora EMMAP-EP.

Caudal diario:	SUPERFICIE HORIZONTAL	VOLUMEN	CALADO	VERTEDERO	CAUDAL DE FANGOS PRIMARIOS
1333,33 m ³ /h	1025,65m ²	2666,66m ³	2,5m	95m ³ /hm	-Características del efluente: 8,52 ppm -Fangos producidos: 403.198,99kgSS/d -Fangos primarios: 13.439,96 m ³ /d -Purga de fangos: -Tiempo de bombeo: 11 min/d

Fuente. Rosado y Peralta (2022)

FILTRACIÓN: Posterior al proceso de clarificación o decantación se lleva a cabo la filtración del agua para eliminar todas aquellas partículas que no pudieron ser removidas en la decantación. Para la filtración del agua se emplean filtros de arena con lechos de grava. Utilizando el método empírico, aplicando la ecuación establecida por Chiu, (2017), en su investigación, se calcula el lodo producido en kg/día en la planta potabilizadora EMMAP-EP:

$$S = 86.4 Q(0.44Al + SS + A) \quad [3.1]$$

$$S = 86.4 * 0.0024 \text{m}^3/\text{s} (0.44(4\text{mg/l}) + 21.3\text{mg/l})$$

$$S = 47.81 \text{ kg/día}$$

ACTIVIDAD 2: RECONOCIMIENTO DE LA ZONA DE ESTUDIO (RÍO CARRIZAL)

Conociendo que el Río carrizal es el principal río empleado para potabilizar el agua, mediante la ficha de observación se describió las características relevantes del lugar se detallan a continuación:

Tabla 4.2. Ficha de observación

Ficha de observación realizada a la Zona de estudio (Río Carrizal)	
COORDENADAS:	X: 587774.7 / Y: 9909497.8
INFORMACIÓN GENERAL:	El Río Carrizal nace en las montañas del Cantón Bolívar, y recorre de sureste a noreste, recibe la influencia de las aguas del río Canuto y del Chone y se convierte en la mayor cuenca hidrográfica de la provincia, que desemboca en el Cantón Sucre.
FECHA DE APLICACIÓN:	08/11/2021
ACTIVIDADES	OBSERVACIONES
Captación de agua para su potabilización	En esta área se encuentran las bombas sumergibles que son las encargadas de sustraer el agua para su potabilización
Agricultura	Existen alrededor cultivos que entre ellos se destacan; cultivos de plátano, maíz entre otros.
Pecuaría	Existen crías de ganado porcino y bovino dentro del área estudiada.
Asentamiento poblacional	Alrededor del área existe una considerable población de habitantes
Uso recreativo	Es una de las principales actividades en la parte baja del río
Descarga de aguas residuales	No existe un sistema de saneamiento adecuado para esta zona

Fuente. Rosado y Peralta (2022).

De acuerdo con un estudio realizado sobre la evaluación de los pasivos ambientales puntuales sobre el recurso natural agua, de la subcuenca media del Río Carrizal realizada por Flores y Pinoargote (2019), en la que encontraron que a lo largo de la subcuenca media los puntos identificados como críticos fueron los establecidos anteriormente como pasivos y como actividades antropogénicas se tienen: agrícola bananera, acuícolas, pecuarias, asentamiento poblacional y agua residual. Lo que se relaciona con la ficha de observación de las autoras Tabla 4.2.

ACTIVIDAD 3: DETERMINACIÓN DE LOS PUNTOS MUESTREO

Se establecieron cuatro estaciones de muestreo acorde a lo establecido, que fueron denominadas de acuerdo con las áreas donde se encuentran ubicadas.

Tabla 4.3. Puntos de muestreo

PUNTOS DE MUESTREO			
ESTACIONES	COORDENADAS		DESCRIPCIÓN
	X	Y	
FASE DE CAPTACIÓN (PARTE ALTA)	587832	9909073	La primera estación se le denomina captación porque es donde se realiza este proceso dentro de la planta, específicamente es en la parte alta donde se puede evidenciar actividades agrícolas como cultivos de plátano y la existencia de varias bombas utilizadas para la sustracción del agua por parte de la EMMAP-EP.
FASE DE EMBALSE (PARTE MEDIA)	587766	9909297	Seguidamente en la parte media se encuentran dos fases (embalse-decantación del floculo), ya que la canal en donde se desechan los lodos residuales desemboca en el embalse, misma en donde se visualiza el agua retenida por las compuertas, por otro lado, en donde se realiza la decantación del floculo (desechos de lodos residuales) es una zona poblada.
DECANTACIÓN DEL FLOCULO (TUBERÍA)	587650	9909230	
RÍO (PARTE BAJA)	587774	9909497	Se denominó río ya que está ubicada específicamente en la parte baja, en donde se evidenció que es utilizada como área turística tanto para habitantes de la parroquia como cantones aledaños.

Fuente. Rosado y Peralta (2022).

4.1.2 FASE 2. DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ALUMINIO TANTO EN LA DESCARGA DE LODOS RESIDUALES DE LA PLANTA POTABILIZADORA EMMAP-EP COMO EN EL SEDIMENTO DEL RIO CARRIZAL.

ACTIVIDAD 4: TOMA DE MUESTRA EN LODO Y SEDIMENTO

A continuación, se detallan las concentraciones de aluminio encontrados en los lodos generados por la planta potabilizadora y en sedimentos del río Carrizal en los diferentes puntos monitoreados:

4.1.2.1 CONCENTRACIÓN DE ALUMINIO EN SEDIMENTO/FASE DE CAPTACIÓN.

En la tabla (4.4) se detallan las concentraciones en promedio de aluminio en sedimento en la fase de captación, (semana 1 = 10236.653 mg/kg, semana 2 = 9296.039 mg/kg, semana 3 = 10533.050 mg/kg) durante las semanas evaluadas, en las que se demuestra que los valores se encuentran por debajo de lo contemplado por Paredes, Chisaguano, y Malacatus (2017) en lo referente a los límites máximo permisible para considerar a un desecho como peligroso o no peligroso o especial (mg/kg): 60000.00

Lo que se relaciona con Herrera *et al.* (2013), en la investigación titulada evaluación de metales pesados en los sedimentos superficiales del río Pirro donde las concentraciones de aluminio oscilaron valores promedios 47000.00 mg/kg, enfatizando que los factores que pueden aumentar las concentraciones de metales pesados en los sedimentos son las fuentes no puntuales de origen natural o antropogénico.

Por otra parte, Vásquez (2018) en su estudio sobre la evaluación de metales pesados y costo ambiental en los sedimentos del Río Chacapalca donde se obtuvieron concentraciones de aluminio de hasta 9988.00 mg/kg registrados en los sedimentos de los puntos de muestreo, que excedieron los niveles recomendados en los valores guía de calidad ambiental para sedimentos en cuerpos de agua dulce de Canadá 10000 mg/kg

Tabla 4.4. Concentración de aluminio en sedimento de la fase de captación

LUGAR DE MUESTREO	MUESTREOS	CONCENTRACIÓN DE ALUMINIO (mg/kg)	(Paredes, Chisaguano, y Malacatus 2017)
Primera semana			
Captación	1M1	11083.132	
Captación	1M2	10203.308	
Captación	1M3	9423.520	
PROMEDIO		10236.653	
Segunda semana			
Captación	2M1	9214.560	Límite máximo permisible para considerar a un desecho como peligroso o no peligroso o especial. (mg/kg): 60000.00
Captación	2M2	9556.732	
Captación	2M3	9116.825	
PROMEDIO		9296.039	
Tercera semana			
Captación	3M1	10549.488	
Captación	3M2	10360.650	
Captación	3M3	10689.011	
PROMEDIO		10533.050	

Fuente. Rosado y Peralta (2022).

4.1.2.2 CONCENTRACIÓN DE ALUMINIO DEL SEDIMENTO EN EL EMBALSE

En la tabla (4.5) se detallan las concentraciones en promedio de aluminio en sedimento en la fase de embalse, (semana 1 = 8832.364 mg/kg, semana 2 = 9493.012 mg/kg, semana 3 = 10997.202 mg/kg) durante las semanas evaluadas, en las que se demuestra que los valores se encuentran por debajo de lo contemplado por Diaz (2007) con respecto al resultado de su investigación en mg/kg: 35000.00.

Por otra parte, Mamani, Biamont, y Calsin (2021) en la investigación Evaluación ecotoxicológica mediante bioensayo con *Daphnia Pulex* en sedimentos del Río Suches donde analizaron también concentraciones de aluminio en sedimentos donde obtuvieron resultados >10000 mg/kg en todas las muestras, considerando que la cantidad de estas concentraciones se asemejan a la presente investigación.

Para Flauzino (2017) en el resultado de su estudio análisis de la concentración de aluminio en agua y sedimento en un tramo del Rio docampo presenta concentraciones de aluminio equivalente a 11083.00 mg/kg correspondientes a la mala gestión por parte de los agricultores que permite que los sedimentos, junto con los pesticidas y la basura que fluyen hacia el rio agrava la contaminación.

Tabla 4.5. Concentración de aluminio del sedimento en el embalse

LUGAR DE MUESTREO	MUESTREOS	CONCENTRACIÓN DE ALUMINIO (mg/kg)	(Díaz, 2007)
Primera Semana			
Embalse	E1M1	8902.115	
Embalse	E1M2	8861.427	
Embalse	E1M3	8733.549	
PROMEDIO		8832.364	
Segunda semana			
Embalse	E2M1	9416.266	
Embalse	E2M2	8997.957	Concentración de Aluminio en sedimentos (35000mg/kg)
Embalse	E2M3	10064.812	
PROMEDIO		9493.012	
Tercera Semana			
Embalse	E3M1	10624.763	
Embalse	E3M2	11494.429	
Embalse	E3M3	10872.414	
PROMEDIO		10997.202	

Fuente. Rosado y Peralta (2022).

4.1.2.3 CONCENTRACIÓN DE ALUMINIO EN EL SEDIMENTO DEL RIO CARRIZAL

En la Tabla 4.6 se detallan las concentraciones en promedio de aluminio en sedimento del Rio Carrizal, (semana 1 = 8692.193 mg/kg, semana 2 = 9248.534 mg/kg, semana 3 = 10425.980 mg/kg) durante las semanas evaluadas, en las que se demuestra que los valores se encuentran por debajo de lo contemplado por Correa, Bolaños, Rebolledo, y Rubio (2015) con respecto al resultado de su investigación en mg/kg: 24857.00 – 28930.00 considerando que el aluminio no está contemplado en las normas que se utilizó como referencia al no poseer ningún límite permisible.

Tabla 4.6. Concentración de aluminio en el sedimento del Río Carrizal

LUGAR DE MUESTREO	MUESTREOS	CONCENTRACIÓN DE ALUMINIO (mg/kg)	(Correa et al., 2015)
Primera Semana			
Río	R1M1	9124.437	
Río	R1M2	8616.884	
Río	R1M3	8335.257	
PROMMEDIO		8692.193	
Segunda semana			
Río	R2M1	8546.588	Concentraciones de aluminio en sedimentos entre 24857 - 28930(mg/kg)
Río	R2M2	9622.968	
Río	R2M3	9576.046	
PROMEDIO		9248.534	
Tercera Semana			
Río	R3M1	10135.990	
Río	R3M2	10439.280	
Río	R3M3	10702.669	
PROMEDIO		10425.980	

Fuente. Rosado y Peralta (2022).

Para Mora *et al.* (2016) en su artículo titulado niveles de metales pesados en sedimentos de la cuenca del río Puyango, Ecuador consideraron al aluminio como uno de los elementos encontrados, dentro de los resultados se evidencia concentraciones de aluminio de hasta 3.56 dadas en (%).

Respecto al estudio realizado por Sandim *et al.*, (2019) sobre la evaluación de metales pesados en sedimentos en los ríos Coxim y Taquari de Brasil obtuvieron concentraciones promedio de aluminio de 8600.00 mg/kg considerando que no existe diferencia relevante a la presente investigación.

4.1.2.4 CONCENTRACIÓN DE ALUMINIO EN EL LODO RESIDUAL EN LA DECANTACIÓN DEL FLÓCULO

En la tabla 4.7. se detalla las concentraciones de aluminio en sedimento en la fase decantación del flóculo, (semana 1 = 10043.713 mg/kg, semana 2 = 11610.076 mg/kg, semana 3 = 11055.002 mg/kg) durante las semanas evaluadas, en las que

se demuestra que los valores se encuentran por encima de lo contemplado por Alfaro (2021) con respecto al resultado de su investigación en mg/kg: 6333.30 - 6873.40.

Tabla 4.7. Concentración de aluminio en el lodo residual en la decantación del floculo

LUGAR DE MUESTREO	MUESTREOS	CONCENTRACIÓN DE ALUMINIO (mg/kg)	Alfaro (2021)
Decantación del floculo	DF1	10043.713	Concentración de aluminio 6333.3 - 6873.4 mg/kg
Decantación del floculo	DF2	11610.076	
Decantación del floculo	DF3	11055.002	
PROMEDIO GENERAL		10902.930	

Fuente. Rosado y Peralta (2022).

4.1.3 FASE 3: ANALIZAR EL IMPACTO AMBIENTAL PRODUCIDO ENTRE LA DESCARGA DEL LODO RESIDUAL DE LA PLANTA POTABILIZADORA EMMAP-EP Y EL SEDIMENTO DEL RÍO CARRIZAL.

ACTIVIDAD 6. INTERPRETACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE ALUMINIO EN LOS PUNTOS MONITOREADOS

Mediante gráficos comparativos se analizó el comportamiento de las concentraciones de aluminio.

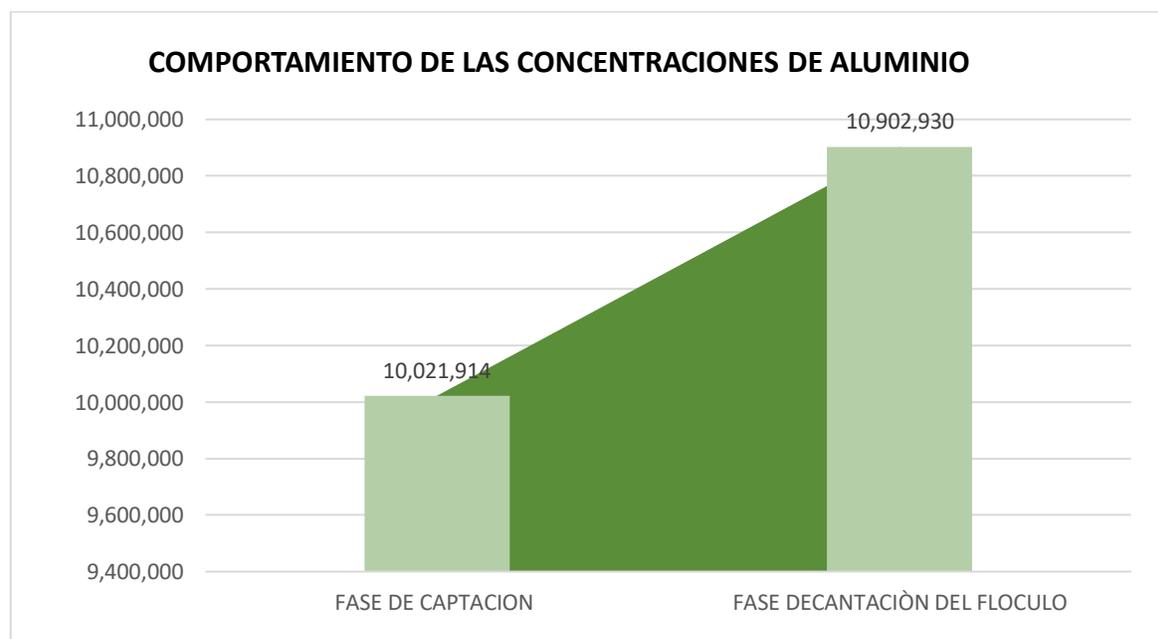


Gráfico 4.1. Comportamiento de las concentraciones de aluminio (Captación-DF)

En el gráfico 4.1. se establecieron como puntos de comparación la fase de captación y la fase decantación del floculo, dado que una vez captada el agua pasa por la planta potabilizadora, Torrellas (2013) menciona que la solubilidad del aluminio en agua es muy baja, sin embargo las agua naturales no tratadas pueden presentar cantidades significativas de Aluminio como consecuencia de la acidificación del suelo, meteorización de las rocas y minerales aumentando la migración del metal presentes en los sedimentos a los cuerpos de agua en cuanto a la decantación del floculo que al dosificar sales de aluminio como agente coagulante, hace que las concentraciones de aluminio en los lodos sean bastante significativas, y que al ser vertidos a las fuentes hídricas, generan impactos negativos al ambiente y a la salud humana como la formación de bancos de lodos en cuerpos de agua con bajo flujo, afectación a los organismos acuáticos debido a la bioacumulación de aluminio y afectando así la cadena trófica.

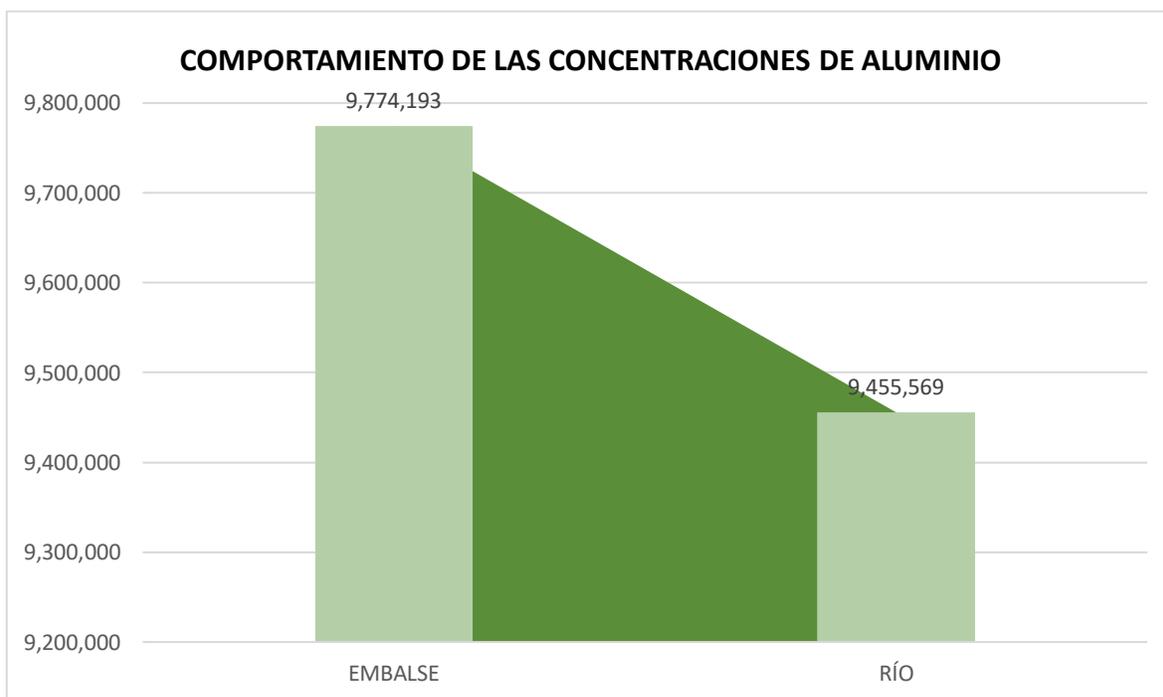


Gráfico 4.2. Comportamiento de las concentraciones de aluminio (Embalse-Río)

En el gráfico 4.2, se consideró puntos de muestreos embalse y río carrizal teniendo en cuenta la unión con el canal en la cual son conducidos los lodos residuales de la planta potabilizadora se recepta en un embalse, en relación con estas dos fases se observa una disminución notoria que es debido a la dispersión de las

concentraciones de estas partículas al río seguir su trayectoria considerado por Mogollon, (2021) así mismo menciona en su investigación Cogollo (2020) que esta decrecimiento se genera por escorrentía.

ACTIVIDAD 7: IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

A continuación, se detallan las acciones posibles impactantes, los aspectos e impactos generados en los puntos de muestreo de aluminio de mayor relevancia (fase de captación, coagulación y decantación), además actividades que tributan a la concentración del aluminio por origen antropogénicos.

Tabla 4.8. Acciones posibles impactantes en la calidad ambiental

CÓDIGO	ACTIVIDAD	ASPECTO	IMPACTO
A1	Captación de agua para su potabilización	-Emisión de ruido -Acumulación de desechos (Lechuguinos) -Acumulación de lodo	-Incremento en los dB de ruido y molestia en la salud - Proliferación de malos olores e incremento de la materia orgánica en el agua
A2	Coagulación y decantación de lodos	-Generación de lodos aluminosos	-Formación de bancos de lodos en cuerpos de agua con bajo flujo -Afectación a los organismos acuáticos debido a la bioacumulación de aluminio
A3	Agricultura	-Cultivos de ciclo corto (Plátano, maíz y leguminosas) -Utilización de agroquímicos	-Alteración de la composición física del suelo y agua
A4	Pecuaría	-Vertido de aguas residuales por Crianza de ganado porcino y bovino	-Alteración de la composición fisicoquímica del suelo y agua
A5	Asentamiento poblacional	-Generación de desechos -Vertido de aguas residuales de manera clandestina	-Alteración de la composición fisicoquímica y microbiológica del agua
A6	Uso recreativo	-Generación de desechos solidos -Acumulación de desechos (Lechuguinos) -Emisión de ruido	-Incremento en los dB de ruido y molestia en la salud - Proliferación de malos olores e incremento de la materia orgánica en el agua

Fuente. Rosado y Peralta (2022).

En la tabla 4.8. se detallan las actividades establecidas en la ficha de observación tabla 4.2 con su respectivo código donde se establecieron los aspectos e impactos de cada una de ellas, los cuales influyen en la calidad ambiental.

Tabla 4.9. Valoración cuantitativa de impactos antropogénicos en la calidad ambiental

ACCIÓN	CARACTERÍSTICA DEL IMPACTO			IMPORTANCIA CALCULADA	MAGNITUD IMPACTO	VALOR IMPACTO
	AMBIENTAL					
	Extensión WE (0.20)	Duración WD (0.50)	Reversibilidad WR (0.30)			
A1	1.0	7.5	2.5	4.7	-5.0	-23.5
A2	1.0	7.5	5.0	5.45	-8.5	-46.32
A3	5.0	10.0	5.0	7.5	-6.5	-48.75
A4	5.0	10.0	5.0	7.5	-6.5	-48.75
A5	2.5	10.0	5.0	7	-7.0	-49.0
A6	1.0	1.0	2.5	1.45	-4.0	-5.8

Fuente: Rosado y Peralta (2022).

En la tabla 4.9. se valoró las actividades establecidas de manera cuantitativa de acuerdo a la característica de la importancia del impacto tabla 2.1 determinando que los valores de impacto son:

A1 y A6, **Bajo impacto (<25)** es decir la afectación es irrelevante en comparación con los fines y objetivos del proyecto en cuestión

A2, A3, A4, A5. **Impactos moderados (25 ≥ <50)** es decir la afectación del mismo, no precisa prácticas correctoras o protectoras intensivas.

Esta evaluación corresponde a la valoración de impacto tabla 2.2.

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- De acuerdo al diagnóstico de los procesos de potabilización de la EMMAP-EP mediante la investigación se logró determinar que el caudal diario generado es de 1333,33 m³/h, un volumen de decantador 2666,66 m³ y la descarga total de lodos producidos 47,81 kg/día, la planta no cumple con la condición hidráulica. Dentro de las condiciones del Río Carrizal se lograron identificar actividades que influyen indirectamente a las concentraciones de aluminio en sedimentos, sumándose que este es la principal fuente de abastecimiento de la planta potabilizadora.
- Conforme a la concentración de aluminio mediante la investigación se registró que la mayor concentración de aluminio se encontró en el punto de muestreo decantación del flóculo 10902.930 mg/kg y la menor concentración en el punto de muestreo Río 9455.569 mg/kg, estos valores se encuentran dentro de los criterios utilizados en la investigación, con excepción del punto de muestreo decantación del flóculo.
- Las actividades antropogénicas y de potabilización identificadas tienen como categoría de impacto bajo para las actividades (captación de agua y uso recreativo) y de impacto moderado para las actividades (coagulación, decantación de lodos, agricultura, pecuaria y asentamiento poblacional). A pesar de aquello se puede concluir que el impacto no tan solo es causado por la planta potabilizadora y puede ser reversible considerando las medidas adecuadas.

5.2 RECOMENDACIONES

- Es importante que dentro de la planta potabilizadora se genere información de la cantidad de lodo producido en relación con la dosificación de policloruro de aluminio en los diferentes tiempos y épocas del año.
- Es necesario se determine la concentración de aluminio considerando diferentes estaciones del año (invierno) para evaluar si la dosificación de aluminio utilizada incrementa su concentración en sedimentos.
- Sociabilizar a las autoridades de gestión del recurso hídrico y de la planta potabilizadora los resultados de esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Abreu, J., Muraoka, T. y Lavorante, A. (2003). Exchangeable Aluminum Evaluation in Acid Soils. *Scientia Agricola*, 543-548.
- Acosta, V., Lodeiros, C., Senior, W. y Martínez, G. (2002). Niveles de metales pesados en sedimentos superficiales en tres zonas litorales de Venezuela. *Interciencia*, 686-690.
- Álava, J. y Vera, A. (2018). Diseño de una planta potable a escala piloto para la carrera de ingeniería ambiental ESPAM-MFL. ESPAM-MFL Repositorio <http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/838/1/TTMA11.pdf>
- Alfaro, J. (2021). Efecto de metales traza de los Ríos afluentes (Ramis, Coata e llave) sobre la calidad de agua y sedimento de la cuenca Titicaca. Universidad Ricardo Palma. Repositorio http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/4291/M-ECOL-T030_45115120_M%20%20%20ALFARO%20JAUCHA%20JONATHAN%20ODELIO.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Arcos, A. (2015). La contaminación ambiental y las enfermedades generadas en los habitantes de la parroquia La Península. Universidad Tecnica de Ambato. Repositorio <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/13118/1/FJCS-DE-844.pdf>
- ATSDR [Agencia para sustancias toxicas y el registro de enfermedades]. (2010). Aluminio. https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs22.pdf
- Bolaños, Y., Cos, A., Guillén, A. y Torres, A. (2016). Validación del método de determinación de mercurio en muestras de sedimentos y tejidos biológicos. *Revista Cubana de Química*, 784-792.
- Boy, A. (2015). Determinación de metales pesados en Agua, Peces, Almejas E Hydrilla verticillata del lago de Izabal. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_3741.pdf

- Calduch, R. (2012). Métodos y técnicas de investigación en relaciones internacionales. Base de datos <https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-55163/2Metodos.pdf>
- Castelo, M. (2015). Determinación de Arsénico y Mercurio en agua de consumo del cantón Rumiñahui por Espectrofotometría de Absorción Atómica.
- Catalá, M. (2015). Efectos de la contaminación por aluminio. <https://toxamb.wordpress.com/2015/11/21/efectos-de-la-contaminacion-por-aluminio/>
- Chiu, B. (2017). Evaluación de la composición de los lodos generados en el proceso de potabilización de la planta ecológica de tratamiento de agua cruda y el impacto en la calidad de agua de la quebrada Quillotucto soritor. Universidad Nacional San Martín.
- Consejo Provincial de Manabí y Empresa Pública Manabí (CPM Y EPMC). (23 de Mayo de 2013). Ecuacion de la importancia. <http://www.manabi.gob.ec/images2010/2013/12/EIA-EXPOS-P.-ASFALTO.pdf>
- Contreras, J. (07 de Septiembre de 2013). redalyc.org/pdf/870/87029103.pdf
- Correa, M., Bolaños, M., Rebolledo, E., y Rubio, D. (2015). Análisis del contenido de metales en aguas, sedimentos y peces en la cuenca del río Santiago, provincia de Esmeraldas, Ecuador. https://www.researchgate.net/profile/Eduardo-Rodolfo-Rebolledo-Monsalve/publication/284720507_Revista_Cientifica_Interdisciplinaria_Investigacion_y_Saberes_2015_32_ANALISIS/links/565726008aeafc2aac0c025/Revista-Cientifica-Interdisciplinaria-Investigacion
- Dávila, M., Razo, A., García, S., Gómez, L., Piñón, M., Guzmán, R. y Martínez, M. (2012). Aluminum- Induced Oxidative Stress and Neurotoxicity in Grass Carp (Cyprinidae-Ctenopharingodon idella). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 87-92. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0147651311003058?via%3Dihub>

- Díaz, D. (2017). Aprovechamiento del sulfato de aluminio extraído a partir de los lodos generados en la planta de potabilización de agua "Casigana" de la EP-EMAPA-A, para la clarificación del agua. Universidad Técnica de Ambato. Repositorio
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/26011/1/BQ%20129.pdf>
- Díaz, L., Torruco, U., Martínez, M., y Varela, M. (2014). La entrevista, recurso flexible y dinámico. Investigación en Educación Médica, 162-167.
<https://www.redalyc.org/pdf/3497/349733228009.pdf>
- Diseños y procesos saunidos [DISEPROSA] (2015). Plantas de tratamientos de aguas.
https://www.interempresas.net/feriavirtual/catalogos_y_documentos/87264/plantas_de_tratamiento_de_aguas.pdf
- EMMAP-EP. (2015). <https://emmapep.gob.ec/>
- Estrategia Nacional de Calidad del Agua [ENCA]. (2016).
https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/05/Estrategia-Nacional-de-Calidad-del-Agua_2016-2030.pdf
- Estrada, P. (2015). Diseño de un plan de manejo de los lodos residuales generados por plantas de potabilización de agua. Universidad Tecnica Equinoccial. Repositorio
http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/13904/1/64689_1.pdf
- Estrada, P. (2015). Diseño de un plan de manejo de los lodos residuales generados por plantas de potabilización de agua. Universidad Tecnica Equinoccial. Repositorio
http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/13904/1/64689_1.pdf
- Fancha, S. (2005). Criterios de calidad de aguas o efluentes tratados para uso en riego: Aluminio. http://biblioteca-digital.sag.gob.cl/documentos/medio_ambiente/criterios_calidad_suelos_aguas_agricolas/pdf_aguas/anexo_A/aluminio.pdf

- Fernández. (2012). Aluminum Induced Oxidative Stress and Neurotoxicity in Grass Carp (Cyprinidae-Ctenopharingodon idella). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 87-92.
- Fernández, L. (2013). Diseño de un modelo de soporte a la decisión de asignación de ubicaciones. ESPOL. Base de datos <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/24814/1/Tesis%20Luis%20Fern%C3%A1ndez%20S-2013.pdf>
- Flauzino, M. (2017). Análisis de la concentración de aluminio en agua y sedimento en un tramo del río do Campo. [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/aluminioriodocampo%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/aluminioriodocampo%20(1).pdf)
- Flores, G. (2017). Efectos adversos causantes de intoxicaciones en la salud de la comunidad ecuatoriana por acción tóxica de los minerales. Universidad Técnica de Machala. Repositorio <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/11435/1/FLORES%20SOTOMAYOR%20GLORIA%20ILIANA.pdf>
- Gárces, V. (2015). Obtención de la mínima dosis de reemplazo de policloruro de aluminio en aguas y aguas de pereira. <https://core.ac.uk/download/pdf/71396297.pdf>
- García, S. (2010). Aluminium-Induced Oxidative Stress in Lymphocytes of Common Carp (Cyprinus Carpio). *Fish Physiology and Biochemistry*, 875-888.
- García, T. (2010). Informe del Programa de Sedimentos Suspendidos del período 1998-2007. <http://www.micanaldepanama.com/>
- Garzón, L. (2012). Contaminación Ambiental. <http://www.slideshare.net/ManuelAngelIntriagoOrtega/monografa-contaminacin-ambiental>
- Gutiérrez, J., Ramírez, Á., Rivas, R., Linares, B. y Paredes, D. (2014). Tratamiento de lodos generados en el proceso convencional de potabilización de agua. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 15-27. <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v13n25/v13n25a02.pdf>

- Hernández, C. y Carpio, N. (2019). Introducción a los tipos de muestreo. Metodología de la investigación. <https://alerta.salud.gob.sv/wp-content/uploads/2019/04/Revista-ALERTA-An%CC%83o-2019-Vol.-2-N-1-vf-75-79.pdf>
- Herrera, D., y Melo, A. (2016). Diseño y construcción de una planta piloto para el tratamiento de agua potable de la Universidad Católica. Univerdidad Catolica. Repositorio <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/14034/4/Proyecto%20de%20grado%20-%20Dise%C3%B1o%20y%20construcci%C3%B3n%20de%20una%20PTA%20P.pdf>
- Herrera, J., Rodríguez, J., Coto, M., Salgado, V. y Borbón, H. (2013). Evaluación de metales pesados en los sedimentos superficiales del río Pirro. Tecnología en Marcha, 27-36.
- Isla, M. (2013). Propuesta para la disposición final de los sedimentos del lago del parque recreativo alameda oriente, México, con base en sus propiedades físicas, geoquímicas y la normatividad existente en materia. Tecnología en marcha, 6-13.
- Jiménez, M., Grijalva, M., y Ponce, H. (2020). Plasma acoplado inductivamente en espectroscopia de emisión óptica (ICP-OES). RECIMUNDO, 4-12. RECIMUNDO. <http://recimundo.com/index.php/es/article/view/876>
- Kumar, V., y Gill, D. (2009). Aluminium Neurotoxicity: Neurobehavioural and Oxidative Aspects. Archives of Toxicology, 965-978.
- Labajo, L. (2017). El Método Científico. Generalidades. <https://www.ucm.es/data/cont/docs/107-2017-02-08-El%20M%C3%A9todo%20Cient%C3%ADfico%20I.pdf>
- Lazo, M. (2014). Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la Generación Eléctrica del Ecuador. <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/3234/1/000110563.pdf>

- León, D. (2016). Proyecto de factibilidad para la creación de una empresa productora y comercializadora de caramelos a base de café para la ciudad de Loja. Repositorio <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/1046/1/T-UIDE-0570.pdf>
- Ley Organica De Recursos Hidricos, Usos Y Aprovechamiento Del Agua [LORHUyA] (2014). <http://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/03/Ley-Org%C3%A1nica-de-Recursos-H%C3%ADricos-Usos-y-Aprovechamiento-del-Agua.pdf>
- Limón, J. (2013). Los lodos de las plantas de tratamiento de aguas residuales, ¿problema o recurso? https://www.ai.org.mx/ai/images/sitio/201309/ingresos/jglm/doc_ingreso_gu_alberto_limon_trabajo_de_ingreso.pdf
- Londoño, L., Londoño, P. y Muñoz, F. (2016). Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustria*, 145-153. <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v14n2/v14n2a17.pdf>
- Mamani, B., Biamont, I. y Calsin, B. (2021). Evaluación Ecotoxicológica mediante bioensayo con *Daphnia Pulex* en sedimentos del Río Suches. *Revista de Difusión cultural y científica de la Universidad La Salle en Bolivia*, 191-215. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-081X2021000200011&lng=es&tlng=es.
- Marquis, P. (2005). Turbidity and suspended sediment as measures of water quality. *Watershed Manag*, 21–23.
- Martínez, M. (2012). Estudio para el tratamiento, manejo y disposición final de lodos generados por el agua potable. Base de datos <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4757/1/CD-4369.pdf>
- Mogollon, J. (2021). Gestión de lodos producidos durante el proceso de potabilizacion de agua. <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/4020/Gesti%C3%B3n%20de%20los%20Lodos%20Producidos%20Durante%2>

0el%20Proceso%20de%20Potabilizaci%3%b3n%20de%20Agua%20en%20el%20Centro%20Vacacional%20Cafam%20Melgar.pdf?sequence=1&isAll
o

Mora, A., Jumbo, D., González, M., y Bermeo, A. (2016). Niveles de metales pesados en sedimentos de la cuenca del río Puyango, Ecuador. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 385-397. doi:<https://doi.org/10.20937/rica.2016.32.04.02>

Murgueito, E., Cumbal, L., Aguirre, V., y Chávez, C. (2015). Desarrollo de una tecnología para la recuperación de las aguas de la laguna Papallacta contaminadas con arsénico y metales pesados usando materiales sorbentes emergentes.

https://www.researchgate.net/publication/280316432_DESARROLLO_DE_UNA_TECNOLOGIA_PARA_LA_RECUPERACION_DE_LAS_AGUAS_DE_LA_LAGUNA_DE_PAPALLACTA_CONTAMINADAS_CON_ARSENICO_Y_METALES_PESADOS_USANDO_MATERIALES_SORBENTES_EMERGENTES

Neill, D., & Cortez, L. (2017). *Procesos y Fundamentos de la Investigación Científica*. UTMACH. Repositorio <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/12498/1/Procesos-y-FundamentosDeLainvestiacionCientifica.pdf>

OMS. Organización Mundial de la Salud. (2013). *Guías para la calidad de agua potable* (Tercera ed.). Ginebra, Suiza: Organización Mundial de la Salud.

Palma, W. (2019). ALUMINIO Y PLOMO. <https://xdocs.cz/doc/aluminio-y-plomo-walter-2-zo231e6l498m>

Paredes, Y. (19 de Junio de 2017). Análisis de generación - características tóxicas y biológico. Obtenido de file:///C:/Users/Usuario/Downloads/233.pdf

Paredes, Y., Chisaguano, W., y Malacatus, P. (2017). Análisis de generación - características tóxicas y biológico infecciosas de lodos de la potabilizadora Los Álamos. *Investigación y Desarrollo*, 59-65.

- Peña, E. (2016). Evaluación de impacto ambiental en el plano de inundación del río «Yara» en el tramo urbanístico. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 59-71.
https://www.google.com/search?q=ecuaci%C3%B3n+de+la+importancia+evaluacion+ambiental&rlz=1C1CHBD_esEC951EC951&ei=ZhAAYZXYAbWZwbkP2qCB4Ak&oq=ecuaci%C3%B3n+de+la+importancia+evaluacion+ambiental&gs_lcp=Cgdnd3Mtd2l6EAM6BwgAEecQsAM6BggAEBYQHjoICCEQFhAdEB46BQg
- Peñafiel, M., Vallejo, A. y Chalen, J. (2017). Evaluación de la calidad físico-químico en agua y sedimentos del estero salado en.
<https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/151>
- Pérez, M. (2016). Tratamiento de lodos residuales procedentes de plantas de tratamiento de aguas residuales mediante procesos electroquímicos para la disminución de metales pesados.
- Pilca, D. (2011). Tecnología para aplicación del policloruro de aluminio en procesamiento de aguas. Universidad de Guayaquil. Repositorio <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/4678/1/T173.pdf>
- Reyes, C., Vergara, I., Torres, E., Díaz, M. y González, E. (2016). Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Revista Ingeniería Investigación y Desarrollo*, 66-77.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6096110>
- Rivera, P., y Valencia, J. (2013). Validación de la metodología para el análisis de mercurio en agua tratada y cruda, y estandarización del análisis de mercurio en pescados por el método de absorción atómica vapor frío para el laboratorio de análisis de aguas y alimentos.
- Rivera, Y., Moreno, L., Herrera, M., y Romero, H. (2016). La toxicidad por aluminio (Al³⁺) como limitante del crecimiento y la productividad agrícola: el caso de la palma de aceite. *Palmas*, 11-23.
<https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/download/11696/11687>

- Sanchez, I. y Luxan, P. (2010). La espectrometría de emisión con fuente de plasma de acoplamiento inductivo. Consejo Superior de Investigaciones Científicas <http://materconstrucc.revistas.csic.es>
- Sandim, N., Campos, M., Nobuyoshi, C., y Oliveira, C. (2019). Evaluación de metales pesados en sedimentos en suspensión. <https://abesnacional.com.br/XP/XP-EasyArtigos/Site/Uploads/Evento45/TrabalhosCompletosPDF/IV-124.pdf>
- Servicios Hidrologicos y Ambientales, hidroAr. (2015). Metodología para el Cálculo de las Matrices Ambientales. <http://www.chubut.gov.ar/portal/wp-organismos/ambiente/wp-content/uploads/sites/8/2015/01/Metodolog%C3%ADa-para-el-Calculo-de-las-Matrices-Ambientales.pdf>
- Solís, I., Laines, J. y Hernández, J. (2012). Mezclas con potencial coagulante para clarificar aguas superficiales. Revista internacional de contaminación ambiental, 229-236. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992012000300005
- Información, asesoría y gestión ambiental [Sustentable S.A.] (2011). http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/6789/MMA-HUM2_0010_v5.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Torrellas, R. (2013). La exposición al aluminio y su relación con el ambiente y la salud. Revistas Udistrital, 71-88. <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/tecges/article/view/5646/7188>
- Urgilez, P. (2016). Control de calidad de agua y análisis de sedimentos en la microcuenca del río Tabacay. Universidad de Cuenca: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/25959/1/tesis.pdf>
- Vacuña, B., y Bermeo, V. (2019). EIA para la etapa de beneficio de la concesion minera Expobonanza S.A. Base de datos. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17112/1/UPS-CT008178.pdf>

- Varsavsky, A. (2002). Es tóxico el Aluminio. Buenos Aires, 1-11.
- Vasquez, M. (2018). Evaluación de metales pesados y costo ambiental en los sedimentos del río chacapalca, provincia de lampa – región Puno, 2017. Repositorio
http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/10467/Vasquez_Choque_Mirian.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Vázquez, T., y Hernández, V. (2005). Riesgos a la salud por presencia del aluminio en el agua potable. Conciencia Tecnológica.
<https://www.redalyc.org/pdf/944/94402508.pdf>
- Villarreal, C., y Caicedo, E. (2013). Técnicas de Inteligencia Computacional Aplicadas a Modelos de Estimación de Coagulante en el Computacional Aplicadas a Modelos de Estimación de Coagulante en el. Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquía, 205-215.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43029812016>
- Zhang, B., Xiao-qin, W., Li, X., Yong-qing, N., y Hong-yu, L. (2010). Aluminium Uptake and Disease Resistance in Nicotiana Rustica Leaves. Ecotoxicology and Environmental Safety, 655-663.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0147651309003054>

ANEXOS



Anexo 1. Recolección de muestra en la fase decantación del floculo



Anexo 2. Draga van Veen retirando sedimento



Anexo 3. Recolección de muestra en la fase de Río



Anexo 4. Recolección de muestra de la fase de Río



Anexo 5. Estación de muestreo Embalse



Anexo 6. Proceso de recolección de muestra



Anexo 7. Recolección de muestra en fase embalse



Anexo 8. Toma de muestra en fase de captación



Anexo 9. Estación de muestreo fase de captación



Anexo 10. Toma de muestra en fase de captación



Anexo 11. Rotulación de las muestras previo a su análisis

ANEXO 12. CÁLCULOS HIDRÁULICOS

Datos:

$$Q_m = 32000 \text{ m}^3/\text{d} = 1333,33 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{SST} = 21,3 \text{ mg/l}$$

Cálculo de la superficie horizontal

$$S_H = \frac{Q_m}{V_{asc. m}} = \frac{1333,33 \text{ m}^3/\text{h}}{1,3 \text{ m/h}} = 1025,65 \text{ m}^2$$

Cálculo del volumen

$$V = Q_m \times TRH_{(a Q_m)} = 1333,33 \text{ m}^3/\text{h} \times 2 \text{ h} = 2666,66 \text{ m}^3$$

Estimación de calado

$$h = \frac{V}{S_H} = \frac{2666,66 \text{ m}^3}{1025,64 \text{ m}^2} = 2,5 \text{ m}$$

Comprobación del vertedero

La carga sobre vertedero debe ser $\leq 40 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ de vertedero $\frac{1333,33 \text{ m}^3/\text{h}}{14 \text{ m}} = 95 \text{ m}^3/\text{hm}$
 vertedero $> 40 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ vemos que no cumple con la condición hidráulica.

Determinación del caudal de fangos primarios:

*Características del efluente:

$$\text{SS} = 21,3 \text{ mg/l} (1 - 0,6) = 8,52 \text{ mg/l} \sim 8,52 \text{ ppm}$$

*Fangos producidos:

$$1333,33 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \times 24 \frac{\text{h}}{\text{d}} \times 21 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \times \frac{60}{100} = 403.198,99 \text{ kgSS/d}$$

*Caudal de fangos primarios

$$Q \text{ fangos primarios} = \frac{403.198,99 \text{ kgSS/d}}{30 \text{ kg/m}^3} = 13.439,96 \text{ m}^3/\text{d}$$

*Purga de fangos=

$$-Tiempo\ de\ bombeo = \frac{13.439,96\ m^3/d}{20\ m^3/h} = 671\ h/d = 11\ min/d$$

Utilizando el método empírico, aplicando la ecuación establecida por Chiu, (2017), en su investigación, se calcula el lodo producido en kg/día en la planta potabilizadora EMMAP-EP:

$$S = 86.4 Q(0.44Al + SS + A) \quad [3.1]$$

$$S = 86.4 * 0.0024\ m^3/seg (0.44(4\ mg/l) + 21.3\ mg/l)$$

$$S = 47.81\ kg/día$$