



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL**

**EVALUACIÓN DE UN PROCESO DE  
FITORREMEDIACIÓN MEDIANTE LENTEJA DE AGUA  
(*Lemna minor*) PARA AGUA RESIDUAL PROVENIENTE  
DE UNA EMPRESA AZUCARERA.**

**TRABAJO EXPERIMENTAL**

Trabajo de titulación presentado como requisito para la  
obtención del título de

**INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTOR**

**ISAAC EZEQUIEL CAISACHANA RAMOS**

**AUTOR**

**ING. DIEGO IVAN MUÑOZ NARANJO M. Sc.**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**2020**



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL**

**APROBACIÓN DEL TUTOR**

Yo, MUÑOZ NARANJO DIEGO IVAN, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: **EVALUACIÓN DE UN PROCESO DE FITORREMEDIACIÓN MEDIANTE LENTEJA DE AGUA (*Lemna minor*) PARA AGUA RESIDUAL PROVENIENTE DE UNA EMPRESA AZUCARERA**, realizado por el estudiante CAISACHANA RAMOS ISAAC EZEQUIEL; con cédula de identidad N°0941522427 de la carrera INGENIERIA AMBIENTAL, Unidad Académica Guayaquil, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

Firma del Tutor

Guayaquil, 21 de Agosto del 2020



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL**

**APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: **“EVALUACIÓN DE UN PROCESO DE FITORREMEDIACIÓN MEDIANTE LENTEJA DE AGUA (*Lemna minor*) PARA AGUA RESIDUAL PROVENIENTE DE UNA EMPRESA AZUCARERA”**, realizado por el estudiante CAISACHANA RAMOS ISAAC EZEQUIEL, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

(2 líneas en blanco)

Atentamente,

---

**Tamara Borodulina Dra.  
PRESIDENTE**

---

**Carlos Banchón Bajaña Ing.  
EXAMINADOR PRINCIPAL**

---

**Raúl Arizaga Gamboa Blgo.  
EXAMINADOR PRINCIPAL**

---

**Diego Muñoz Naranjo Ing  
EXAMINADOR SUPLENTE**

Guayaquil, 14 de Agosto del 2020

### **Dedicatoria**

Esta tesis va dedicada a los pilares fundamentales en mi vida que son mi Tío y Abuela, ellos que forjaron mi carácter y actitud de no ser conformista y salir adelante, que pese a esta pequeña etapa que me concibió la vida como un nuevo profesional, no limitarme a un simple título, sino a indagar más y poder concretar mi utopía que es detener la aceleración del cambio climático y ser eco eficientes, dar conciencia a las personas de nuestro país, sobre el impacto de nuestras actividades y poder minimizarlas.

### **Agradecimiento**

Agradezco a mi familia, y amigos ya que para salir adelante necesito el apoyo de muchas más personas ya que un ser humano no puede ser independiente en su totalidad, ya que para poder superar muchos obstáculos se necesita la cooperación de las demás personas, agradezco a la UAE por su excelente docencia que inculca conocimientos ambientales y una gran experiencia académica.

### **Autorización de Autoría Intelectual**

Yo ISAAC EZEQUIEL CAISACHANA RAMOS, en calidad de autor del proyecto realizado, sobre “EVALUACIÓN DE UN PROCESO DE FITORREMEDIACIÓN MEDIANTE LENTEJA DE AGUA (*LEMNA MINOR*) PARA AGUA RESIDUAL PROVENIENTE DE UNA EMPRESA AZUCARERA” para optar el título de Ingeniera Ambiental, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor(a) me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Guayaquil, Agosto 21 del 2020

ISAAC EZEQUIEL CAISACHANA RAMOS  
C.I. 0941522427

## Índice general

<b>PORTADA .....</b>	<b>1</b>
<b>APROBACIÓN DEL TUTOR .....</b>	<b>2</b>
<b>APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....</b>	<b>3</b>
<b>Dedicatoria .....</b>	<b>4</b>
<b>Agradecimiento .....</b>	<b>5</b>
<b>Autorización de Autoría Intelectual .....</b>	<b>6</b>
<b>Índice general.....</b>	<b>7</b>
<b>Índice de tablas .....</b>	<b>9</b>
<b>Índice de figuras .....</b>	<b>10</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>12</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>13</b>
<b>1. Introducción .....</b>	<b>14</b>
<b>1.1 Antecedentes del problema.....</b>	<b>14</b>
<b>1.2 Planteamiento y formulación del problema .....</b>	<b>15</b>
<b>1.3 1 Justificación de la investigación .....</b>	<b>16</b>
<b>1.4 Delimitación de la investigación .....</b>	<b>17</b>
<b>1.5 Objetivo general .....</b>	<b>18</b>
<b>1.6 Objetivos específicos .....</b>	<b>18</b>
<b>2. Marco teórico .....</b>	<b>19</b>
<b>2.1 Estado del arte .....</b>	<b>19</b>
<b>2.2 Bases teóricas.....</b>	<b>21</b>
<b>2.2.1 Tipos de aguas residuales .....</b>	<b>21</b>
<b>2.2.2 Tipos de fitorremediación. ....</b>	<b>21</b>

2.2.3 Definición de parámetro de medición.....	22
2.3 Marco legal .....	25
3. Materiales y métodos.....	34
3.1 Enfoque de la investigación .....	34
4. Resultados.....	45
4.1 Se determinó parámetros físicos (turbidez, temperatura, conductividad, sólidos disueltos totales) y químicos (pH), en el agua residual de una empresa azucarera ubicada en la ribera del Río Chimbo mediante análisis de laboratorio. ....	45
4.2 Se aplicó tres tratamientos mediante el uso de lenteja de agua ( <i>Lemna minor</i> ) para la fitorremediación del agua residual de una empresa azucarera y uso de bomba de agua para aireación .....	45
4.3 Se sugirió un sistema de remediación mediante el uso del mejor tratamiento resultante de la fitorremediación .....	51
5. Discusión.....	60
6. Conclusiones .....	63
7. Recomendaciones .....	64
8. Bibliografía .....	65
9. Anexo .....	74

**Índice de tablas**

Tabla 1 Caracterización morfológica .....	23
Tabla 2 Puntos de muestreo .....	36
Tabla 3 Medidas del tacho de los tratamientos .....	36
Tabla 4 pH .....	51
Tabla 5 Temperatura .....	53
Tabla 6 Turbidez .....	54
Tabla 7 Conductividad .....	56
Tabla 8 Sólidos disueltos totales .....	57
Tabla 9 Descripción de los tratamientos a utilizarse .....	59
Tabla 10 Taxonomía .....	93
Tabla 11 Uso de software para la fitorremediación. ....	93
Tabla 12 Materiales de laboratorio para análisis. ....	94
Tabla 13 Tecnología. ....	94

## Índice de figuras

Figuras 1 Fitorremediación del Río Chimbo .....	44
Figuras 2 Niveles de pH.....	46
Figuras 3 Niveles de temperatura .....	47
Figuras 4 Niveles de turbidez.....	48
Figuras 5 Niveles de conductividad.....	49
Figuras 6 Niveles de sólidos disueltos totales .....	50
Figuras 7 Toma de muestras aguas arriba.....	74
Figuras 8 Toma de muestra de descargas de aguas residuales .....	75
Figuras 9 Toma de muestra aguas abajo.....	76
Figuras 10 Peso de lenteja de agua ( <i>Lemna minor</i> ) en el tratamiento 1 ( aguas arriba) .....	77
Figuras 11 Peso de lenteja de agua ( <i>Lemna minor</i> ) del tratamiento 2 ( aguas residuales) .....	78
Figuras 12 Peso de lenteja de agua ( <i>Lemna minor</i> ) del tratamiento 3 (aguas abajo).....	79
Figuras 13 Aguas arriba tratamiento 1 .....	80
Figuras 14 Descarga de aguas residuales tratamiento 2 .....	81
Figuras 15 Aguas abajo tratamiento 3 .....	82
Figuras 16 Análisis final del pH tratamiento 1 .....	83
Figuras 17 Análisis final del pH tratamiento 2 .....	84
Figuras 18 Análisis final del pH tratamiento 3 .....	85
Figuras 19 Análisis de SDT del tratamiento 1 .....	86
Figuras 20 Análisis de SDT tratamiento 2 .....	87
Figuras 21 Análisis de SDT tratamiento 3 .....	88

Figuras 22 Toma de muestras para análisis.....	89
Figuras 23 Análisis físico y químico .....	90
Figuras 24 Aguas fitorremediadas .....	91
Figuras 25 Río Chimbo, Cantón Marcelino Maridueña .....	92

## Resumen

El presente trabajo tuvo como objetivo implementar un proceso de fitorremediación, para remediar las aguas del río Chimbo, las cuales son contaminadas por las descargas de efluentes de una empresa azucarera, mediante el uso de lenteja de agua (*Lemna minor*). Se midieron parámetros físicos (turbidez, temperatura, conductividad, sólidos disueltos totales), y químicos (pH). Se implementaron los siguientes tratamientos: En el primero, se utilizaron 31,4 gramos de lenteja de agua (*Lemna minor*); en el segundo 44,4 gramos y en el tercero 62,9 gramos. Como resultados se destacan los siguientes: cambio pH de 7,46 a 7,73; temperatura de 18 °C a 24,2 °C, turbidez de 222 NTU a 3,73 NTU, conductividad de 17,48  $\mu\text{s}/\text{cm}$  a 308  $\mu\text{s}/\text{cm}$  final; y sólidos disueltos totales de 151 mg/L a 146 mg/L. El segundo tratamiento resultó ser el más efectivo, ya que está dentro de los límites permisibles. A destacar del presente trabajo es que la fitorremediación incrementó la conductividad eléctrica del medio. Se recomienda correcto manejo de las aguas del Río Chimbo para el uso agrícola.

Palabras clave: fitorremediar, tratamiento, remediar, agua contaminada, descargas.

## Abstract

The present work aimed to implement a process of phytoremediation, to remedy the waters of the Chimbo River, which are contaminated by the discharges of effluents of a sugar company, through the use of water lentil (*Lemna minor*). Physical parameters (turbidity, temperature, conductivity, total dissolved solids), and chemical (pH) were measured. The following treatments were implemented: In the first, 31.4 grams of water lentil (*Lemna minor*) were used; in the second 44.4 grams and in the third 62.9 grams. The results highlight the following: pH change from 7.46 to 7.73; temperature from 18°C to 24.2°C, turbidity from 222 NTU to 3.73 NTU, conductivity from 17.48 s/cm to 308 s/cm final; dissolved solids from 151 mg/L to 146 mg/L. The second treatment turned out to be the most effective, as it is within permissible limits. To highlight of the present work is that the phytoremediation increased the electrical conductivity of the medium. Correct management of the Chimbo River waters is recommended for agricultural use.

Key words: phytoremedia, treatment, remedy, contaminated water, discharges.

## **1. Introducción**

### **1.1 Antecedentes del problema**

Los programas de monitoreo determinaron que una de cada tres personas, es decir un aproximado 2.400.000.000 personas carecen de acceso a instalaciones de saneamiento, lo cual indica que las condiciones de vida en varios de los países de América Latina y el mundo se encuentran en condiciones no favorables para la salud poblacional y el desarrollo social (Cepis, 2016).

El desarrollo antropogénico lleva consigo efectos en el ambiente. Debido a la producción industrial y a sus aguas residuales que se vierten en ríos aledaños, estos vertidos generan un deterioro significativo en el agua, por los compuestos orgánicos encontrados, impidiendo la oxigenación de las aguas y muerte de organismos (Vera, 2015).

Cerca al Río Chimbo se encuentra una empresa azucarera, que utiliza agua dentro de sus procesos productivos e implica en otras actividades como el lavado de la caña de azúcar, suministro de aguas a las calderas, lavado de los filtros, para el intercambio de iones en el enfrentamiento sin contacto, agua para compensar las pérdidas en las calderas, para la ceniza volante y para el lavado de los pisos; lo que implica agua residual sin tratamiento o con tratamiento deficiente, que luego es descargada al río. En otros casos las lagunas de oxidación no tienen un funcionamiento adecuado o se encuentran fuera de servicio, dando lugar a la disposición de desechos en cursos de aguas cercanos (Peña, Sanchez, y Medina, 2015).

## **1.2 Planteamiento y formulación del problema**

### **1.2.1 Planteamiento del problema**

La causa principal de tal contaminación es la descarga de aguas residuales industriales en cuerpos de agua principalmente es que no están tratadas, según un informe de CPCB (Central Pollution Control Board) 2012, se generan alrededor de 38,000 millones de litros por día (Sagasta y Zadeh, 2017).

Las descargas de aguas residuales son la principal causa de su contaminación debido a que no son tratadas o su tratamiento es deficiente generando alteración de su composición físico, química y biológica.

Se hace hincapié en la contaminación química, particularmente en orgánicos e inorgánicos, incluidos metales tóxicos y metaloides, así como una gran variedad de productos químicos orgánicos sintéticos. También se discuten algunos aspectos de las enfermedades transmitidas por el agua y la necesidad urgente de mejorar el saneamiento en los países en desarrollo. Los productos químicos agrícolas y las fuentes de aguas residuales ejercen efectos a corto plazo en escalas regionales a locales (Schwarzenbach, Egli, Hofstetter, Gunten, y Wehrli, 2010).

La contaminación química es uno de los principales causantes de la contaminación de los cuerpos de aguas, a su vez provocando enfermedades a la gente aledaña a la zona y pérdida de la biota de la zona.

Según la revista Internacional de Investigación de Ciencias Naturales y Aplicadas (IRJNAS), la práctica agrícola bruta se considera una fuente importante de contaminación del agua, ya que en su agua residual se puede encontrar altos contenidos de pesticidas, herbicidas y metales pesados siendo utilizados para la agricultura y alrededor de 1500 sustancias han sido clasificadas como contaminantes en los ecosistemas de agua dulce y una lista generalizada de

contaminantes incluye ácidos y álcalis, aniones (por ejemplo, sulfuro, sulfito, cianuro), detergentes, aguas residuales domésticas y estiércol de granja, agua de procesamiento de alimentos, gases, cloro, amoníaco), calor, metales (cadmio, zinc, plomo), nutrientes (fosfatos, nitratos), dispersantes de aceite y aceite, patógenos de desechos orgánicos tóxicos (formaldehídos, fenoles), pesticidas, bifenilos policlorados y radionúclidos, además de materiales oxidables (Dwivedi, 2015).

Debido a la descarga de aguas residuales sin tratamiento o con un tratamiento deficiente, genera un gran impacto ambiental en el Río Chimbo perdiendo la biota autóctona de la zona.

### **1.2.2 Formulación del problema**

El agua residual proveniente de una empresa azucarera se encuentra fuera de los rangos permisibles establecidos por el Libro VI Anexo 1 norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua.

¿Cuál es el índice de remoción de los parámetros físicos y químicos (turbidez, temperatura, conductividad, sólidos disueltos totales y pH), luego de aplicar fitorremediación al agua residual proveniente de una empresa azucarera?

### **1.3 1 Justificación de la investigación**

El agua residual del procesamiento de la caña de azúcar contiene entre el 20% y 40% de compuestos inorgánicos y además compuestos orgánicos que incluyen proteínas, sustancias nitrogenadas, ácidos orgánicos y azúcares no fermentados; consumiendo alrededor de 756 m<sup>3</sup> de agua por hora, lo que implica un alto consumo del recurso en este sistema de producción (Bello, 2016).

Las aguas residuales son la base para la propagación y generación de microorganismos patógenos, que se emiten por medio del ambiente y llegan a afectar a las personas y a los ecosistemas que se desarrollan en el cuerpo de agua.

A nivel mundial las aguas residuales provenientes de azucareras han disminuido, debido a las políticas sobre la conservación y reutilización (Bofill y Clementes, 2005).

En el proceso para la elaboración del azúcar se debe estimar que en uno de sus procesos para la producción es de levadura y otra que se realiza para mieles, ambos a partir de vinaza, este proceso genera aguas residuales, en esta industria se estima  $130\text{m}^3/\text{t}$  de levadura y el volumen anual está en el orden de  $1,3\text{ m}^3$  en un nivel de producción deprimido, pero cuya generación potencial puede generar  $3\text{ m}^3$ . El azúcar y sus derivados genera  $11.8\text{ m}^3$  de efluentes anuales con una predicción ascendente, de acuerdo al crecimiento cañero proyectado y al crecimiento de las capacidades instaladas (Ríos, Eng-Sanchez, Díaz, y Acosta, 2016).

Una de las industrias más demandantes del recurso hídricos son las azucareras, debido a que su materia prima lo requiere en su ciclo de cultivo, y a su vez genera una alteración en sus propiedades por lo que se analizó la temperatura, pH, turbidez, sólidos totales disueltos, conductividad eléctrica, demanda química de oxígeno (DQO), sólidos totales (ST) y sólidos volátiles (SV) y comparo con la normativa de Honduras, y se estimó que exceden los límites permisibles, con valores mínimos encontrados de  $30^\circ\text{C}$  y  $433\text{ mg/L}$  respectivamente, siendo  $25^\circ\text{C}$  y  $200\text{ mg/L}$  lo máximo permisible, por lo que se estima que no están siguiendo los procedimientos y tratamientos eficientes de sus aguas residuales (Valera, 2016)

#### **1.4 Delimitación de la investigación**

- **Espacio:** En el Río Chimbo se realizará la toma de muestra y se ejecutaron los análisis en los laboratorios de la Universidad Agraria del Ecuador, Campus Guayaquil Figuras 25.
- **Tiempo:** Se ejecutó el proyecto en 3 meses.

- **Población:** Población del Cantón Marcelino Maridueña (11.054 habitantes) (INEC, 2010).

### **1.5 Objetivo general**

Evaluar un proceso de fitorremediación mediante lenteja de agua (*Lemna minor*) para agua residual proveniente de una empresa azucarera.

### **1.6 Objetivos específicos**

Determinar parámetros físicos (turbidez, temperatura, conductividad, sólidos disueltos totales) y químicos (pH), en el agua residual de una empresa azucarera ubicada en la ribera del Río Chimbo mediante análisis de laboratorio.

Aplicar tres tratamientos mediante el uso de lenteja de agua (*Lemna minor*) para la fitorremediación del agua residual de una empresa azucarera y uso de bomba de agua para aireación.

Sugerir un sistema de remediación mediante el uso del mejor tratamiento resultante de la fitorremediación.

### **1.7 Hipótesis**

La fitorremediación permite hasta un 70% de la remoción de los parámetros turbidez, temperatura, conductividad, sólidos disueltos totales, pH, presentes en el agua residual proveniente de una empresa azucarera.

## 2. Marco teórico

### 2.1 Estado del arte

“El 80% de los residuos peligrosos se produce en países desarrollados, y un 70% en países subdesarrollados, vertiéndolos a los cuerpos de aguas sin ningún tratamiento previo, contaminando los recursos disponibles que se encuentran el cuerpo de agua” (Alba, 2006).

Se realizó la evaluación del Río Santa Rosa en la Provincia del Oro, por la presencia de metales pesados (cadmio, plomo) en el agua, como también en sedimentos, se encontró de igual forma (*Bacterias totales* y *Escherichia coli*) (Vaca, 2014).

El crecimiento de las lentejas de agua (*Lemna minor*) en los estanques de riego de granjas de Jordania ha centrado las funciones de estas plantas como un agente de fitorremediación natural del agua. El crecimiento de la lenteja de agua (*Lemna minor*) en los estanques de riego de la granja reduce el suministro de nutrientes a los cultivos de regadío y sirve como purificador del agua de riego. Estas plantas eliminan un promedio de 20% de Ca, 33% de Mg, 21% de K, 13% de Cl, 25% de SO<sup>4</sup>, 35% de PO<sup>4</sup>, 1.5% de Na y 40% de NO<sup>3</sup> (Shammout y Zakaria, 2015).

Rendimientos de lentejas de agua que crecen en aguas residuales. Se calculan en una tonelada de peso seco por hectárea y año a partir de las mejores tasas de crecimiento y datos de rendimiento. Los rendimientos sirven como indicadores de la medida en que las lentejas de agua pueden eliminar los macronutrientes de las aguas residuales (Ziegler, Sree, y Appenroth, 2015).

La recolección de macrófitas acuáticas (*Eichhornia crassipes*, *Lemna spp*) que son el lechugín y lenteja de agua, fueron usados en un experimento que se desarrolló en la Provincia de Chimborazo en la Laguna Guano. Se utilizó tres tipos

de tratamientos, el primer tratamiento por medio de (*Lemna spp*), el segundo con (*Eichhornia crassipes*) y el tercer tratamiento con ambos (*Lemna spp*, *Eichhornia crassipes*) teniendo una efectividad de remoción de contaminación del 77.8% de nitrato de plomo y un factor de bioconcentración del 100% (Ponce & Mera, 2016).

La lenteja de agua (*Lemna minor*) demostró ser un buen depósito de Cd, Se y Cu, y un acumulador medio de Cr y un bajo acumulador de Ni y Pb; y realiza congregaciones altas de elementos acumulado en los tejidos de la lenteja de agua (*Lemna minor*) fueron de 13,3 g Cd/kg, 4.27g Se/kg, 3.36g Cu/kg, 2.87 g Cr/kg, 1.79g Ni/kg y 0.63g Pb/ kg. La lenteja de agua (*Lemna minor*) tiene un buen potencial para la remoción de cadmio, selenio y cobre de aguas residuales contaminadas con estos elementos, ya que puede acumular concentraciones altas de ellos. Su exponencial crecimiento la hace una planta apropiada para actividades de fitorremediación, como también para remover, transferir, estabilizar, concentrar y destruir contaminante orgánicos e inorgánicos, incluyendo fitoestabilización, fitoextracción, fitovolatilización, fitoinmovilización, fitodegradación, y rizofiltración (Arroyave, 2004).

Se llevó a cabo experimentos de renovación alimentados por lotes a escala de laboratorio para evaluar el efecto del nitrógeno y el pH del amoníaco total ( $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$ ) sobre la tasa de crecimiento de la lenteja de agua (*Lemna minor*). Los experimentos se realizaron a diferentes concentraciones de nitrógeno amoniacal total, diferentes rangos de pH y en tres medios de crecimiento diferentes. Se descubrió que la inhibición del crecimiento de la lenteja de agua (*Lemna minor*) por el amonio se debe a un efecto combinado de los iones de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) y el amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), y la importancia de cada uno depende del pH (Caicedo, 2000).

“La turbidez se debe al problema del agua para transmitir luz por sustancias que no pueden ser disueltas y se encuentran suspendidas en el agua” (Ross, 2017).

## **2.2 Bases teóricas**

En la fitorremediación, se usará la vegetación para recuperar las zonas afectadas o alteradas por diferentes tipos de contaminantes; ya que posee dos características principales:

- La fitoestabilización sirve para mantener los EPT (elemento potencialmente tóxico) en la rizósfera de una planta sin mover la parte aérea de la misma.
- La fitoextracción basada en la acumulación de los EPT de manera más atenuada en la parte aérea de la planta (Iñiguez, 2017).

### **2.2.1 Tipos de aguas residuales**

“El agua residual está compuesta de residuos líquidos, provenientes de residencias, instituciones, industrias y comerciales, introduciendo, con eventualidad incorporándose junto con las aguas subterráneas, pluviales y superficiales” (Blazquez y Montero, 2010).

Las aguas residuales se dividen en:

Agua residual doméstica (o sanitaria) estas provenientes de áreas comerciales, públicas y equivalentes.

Agua residual industrial en las que prevalecen los vertidos industriales (Menendez, 2010).

### **2.2.2 Tipos de fitorremediación.**

“Fitoestabilización, es el uso de ciertas plantas para paralizar los contaminantes presentes en el agua y suelo; por medio de la absorción y la acumulación de las raíces” (Páliz, 2017).

“Fitoextracción o fitoacumulación consiste en la absorción de metales contaminantes mediante las raíces de las plantas y su acumulación en tallos y hojas (Lopez, 2011).

“Fitovolatilización se basa en la absorción y transpiración de las plantas, ciertas plantas tienen la capacidad de volatilizar el mercurio, selenio, que contienen los suelos y el agua” (Figueroa, 2014).

“Fitoinmovilización se aplican las raíces de las plantas para fijar e inmovilizar los contaminantes en el suelo” (Bernal, Carpena, y Pilar, 2007).

“Fitodegradación su función es captar, almacenar y degradar compuestos orgánicos en subproductos disminuyendo su nivel de toxicidad o haciéndolo menos tóxico” (Chávez, Jiménez, Espinoza, Rodríguez, y Morales, 2015).

“Rizofiltración realiza las funciones de absorción de los contaminantes por medio de sus raíces, a través de procesos bióticos y abióticos” (Peña, Sanchez, y Medina, 2015).

### **2.2.3 Definición de parámetro de medición.**

Sólidos disueltos totales, es la suma de todos los minerales, metales, y sales disueltos en el agua y es un buen indicador de la calidad del agua (Bauder, 2012).

Turbidez, es provocada por la presencia de ciertos compuestos en suspensión como la arcilla, lodos, materia orgánica o inorgánica finamente disueltos, compuestos orgánicos coloreados y otros microorganismos (Scalize, Arruda, 2014).

El potencial de hidrógeno (pH) es usado para referenciar la acidez y alcalinidad de una sustancia, teniendo una escala de 0 a 14 donde del 0 al 6 son ácidos y del 8 al 14 alcalino (Gonzalez, 2011).

Los están presentes en el ambiente y las heces de todos los animales y humanos de sangre caliente. Es poco probable que las bacterias causen enfermedades. Sin embargo, su presencia en el agua potable indica que los organismos causantes de enfermedades (patógenos) podrían estar en el sistema de agua. La mayoría de los patógenos que pueden contaminar los suministros de agua provienen de las heces de humanos o animales. (Health, 2016).

#### 2.2.4 Características morfológicas.

**Tabla 1 Caracterización morfológica**

<b>Raíces</b>	
Punta	Redondeada (0)
Vaina	Sin alas (0)
<b>Frondas</b>	
Hábito	Flotante (1)
Número	Pocos (0)
Forma	Ovada (1)
Margen	Completo (1)
Longitud	Corta (0)
Ramificación	No ramificada (0)
Papilla	Presente (1)
Gibbo	Ausente (0)
Simetría	Simétrica (1)
Superficie	Inflada (0)
<b>Flores</b>	
Apertura	En el ápice (1)
Número	Pocos (0)

Estambre	Uno (0)
<b>Frutas</b>	
Forma	Alada (1)
Simetría	Simétrica (1)
<b>Semillas</b>	
Costilla	10-16 (0)
Caer	Quedarse (1)
Número	Uno (0)

**Fuente: (Azer)**

**Año: 2013**

### **2.2.5 Caracterización fisiológica.**

Su tamaño es muy reducido, alcanzando de 2 a 4 mm de longitud y 2 mm de ancho. Es una de las especies de angiospermas más pequeñas que existen en el reino de las plantas. La lenteja de agua (*Lemna minor*) es una planta monoica, con flores unisexuales. Las flores masculinas están constituidas por un solo estambre y las flores femeninas consisten en un pistilo formado por un solo carpelo. El periantio está ausente. Las flores nacen de una hendidura ubicada en el borde de la hoja, dentro de una bráctea denominada espata, muy común en las especies del orden arales. El fruto contiene de 1 a 4 semillas (Arroyave, 2004).

### **2.2.6 Taxonomía.**

La lenteja de agua (*Lemna minor*) pertenece al reino Plantae, en su división Fanerógama Magnoliophyta, clase Liliopsida, orden Alismatales, familia Araceae, subfamilia Lemnoideae, tribu Lemneae, género Lemna L (Tabla 9).

## 2.3 Marco legal

### TITULO I

#### ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DEL ESTADO

##### Capítulo primero

##### Principios fundamentales

##### Art. 3.- Son deberes primordiales del Estado:

Garantizar sin discriminación alguna el efectivo goce de los derechos establecidos en la Constitución y en los instrumentos internacionales, en particular la educación, la salud, la alimentación, la seguridad social y el agua para sus habitantes.

##### Capítulo segundo.

##### Derechos del buen vivir.

##### Sección primera

##### Agua y alimentación.

Art. 12.- El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.

##### Sección segunda

##### Ambiente sano

Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.

##### Capítulo cuarto

##### Régimen de competencias

4. Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley.

10. Delimitar, regular, autorizar y controlar el uso de las playas de mar, riberas y lechos de ríos, lagos y lagunas, sin perjuicio de las limitaciones que establezca la ley.

11. Preservar y garantizar el acceso efectivo de las personas al uso de las playas de mar, riberas de ríos, lagos y lagunas.

12. Regular, autorizar y controlar la explotación de materiales áridos y pétreos, que se encuentren en los lechos de los ríos, lagos, playas de mar y canteras.

### TÍTULO VI

#### RÉGIMEN DE DESARROLLO

##### Capítulo primero Principios generales

Art. 276.- El régimen de desarrollo tendrá los siguientes objetivos:

4. Recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural (Ecuador, 2011, pag 89).

##### Capítulo quinto

##### Sectores estratégicos, servicios y empresas públicas.

Art. 314.- El Estado será responsable de la provisión de los servicios públicos de agua potable y de riego, saneamiento, energía eléctrica, telecomunicaciones,

vialidad, infraestructuras portuarias y aeroportuarias, y los demás que determine la ley.

Art. 318.- El agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, dominio inalienable e imprescriptible del Estado, y constituye un elemento vital para la naturaleza y para la existencia de los seres humanos. Se prohíbe toda forma de privatización del agua. La gestión del agua será exclusivamente pública o comunitaria. El servicio público de saneamiento, el abastecimiento de agua potable y el riego serán prestados únicamente por personas jurídicas estatales o comunitarias. El Estado fortalecerá la gestión y funcionamiento de las iniciativas comunitarias en torno a la gestión del agua y la prestación de los servicios públicos, mediante el incentivo de alianzas entre lo público y comunitario para la prestación de servicios. El Estado, a través de la autoridad única del agua, será el responsable directo de la planificación y gestión de los recursos hídricos que se destinarán a consumo humano, riego que garantice la soberanía alimentaria, caudal ecológico y actividades productivas, en este orden de prelación. Se requerirá autorización del Estado para el aprovechamiento del agua con fines productivos por parte de los sectores público, privado y de la economía popular y solidaria, de acuerdo con la ley.

### **Sección sexta**

#### **Agua**

Art. 411.- El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua. La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua.

Art. 412.- La autoridad a cargo de la gestión del agua será responsable de su planificación, regulación y control. Esta autoridad cooperará y se coordinará con la que tenga a su cargo la gestión ambiental para garantizar el manejo del agua con un enfoque ecosistémico.

### **Sección séptima**

#### **Biosfera, ecología urbana y energías alternativas**

Art. 413.- El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua.

Art. 415.- El Estado central y los gobiernos autónomos descentralizados adoptarán políticas integrales y participativas de ordenamiento territorial urbano y de uso del suelo, que permitan regular el crecimiento urbano, el manejo de la fauna urbana e incentiven el establecimiento de zonas verdes. Los gobiernos autónomos descentralizados desarrollarán programas de uso racional del agua, y de reducción reciclaje y tratamiento adecuado de desechos sólidos y líquidos. Se incentivará y facilitará el transporte terrestre no motorizado, en especial mediante el establecimiento de ciclo vías.

## **DISPOSICIONES TRANSITORIAS**

**Primera.** - El órgano legislativo, en el plazo máximo de ciento veinte días contados desde la entrada en vigencia de esta Constitución aprobará la ley que

desarrolle el régimen de soberanía alimentaria, la ley electoral, la ley reguladora de la Función Judicial, del Consejo de la Judicatura y la que regula el Consejo de Participación Ciudadana y Control Social. En el plazo máximo de trescientos sesenta días, se aprobarán las siguientes leyes:

1. La ley que regule el funcionamiento de la Corte Constitucional y los procedimientos de control de constitucionalidad.
2. La ley que regule los recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua, que incluirá los permisos de uso y aprovechamiento, actuales y futuros, sus plazos, condiciones, mecanismos de revisión y auditoría, para asegurar la formalización y la distribución equitativa de este patrimonio.
3. La ley que regule la participación ciudadana.
4. La ley de comunicación.
5. Las leyes que regulen la educación, la educación superior, la cultura y el deporte.
6. La ley que regule el servicio público.
7. La ley que regule la Defensoría Pública.
8. Las leyes que organicen los registros de datos, en particular los registros civiles, mercantil y de la propiedad. En todos los casos se establecerán sistemas de control cruzado y bases de datos nacionales.
9. La ley que regule la descentralización territorial de los distintos niveles de gobierno y el sistema de competencias, que incorporará los procedimientos para el cálculo y distribución anual de los fondos que recibirán los gobiernos autónomos descentralizados del Presupuesto General del Estado. Esta ley fijará el plazo para la conformación de regiones autónomas, que en ningún caso excederá de ocho años (ECUADOR, 2008).

#### **Convenio de Basilea sobre movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos**

El Convenio de Basilea es un Acuerdo Multilateral sobre Medio Ambiente (AMUMA) por medio del cual 170 países dentro del sistema de Naciones Unidas convinieron proteger el medio ambiente y la salud humana de los efectos nocivos provocados por la generación, manejo, movimientos transfronterizos y eliminación de desechos peligrosos. Este instrumento ambiental global fue adoptado el 22 de marzo de 1989 y cobro vigencia el 22 de marzo de 1989, regula estrictamente el movimiento transfronterizo de desechos peligrosos y su eliminación, definiendo obligaciones a las Partes para asegurar el manejo ambientalmente racional de los mismos, particularmente su disposición final, aplicando el procedimiento del “consentimiento fundamentado previo” (es decir, los envíos efectuados sin consentimiento son considerados ilícitos, salvo que exista un acuerdo especial).

Argumenta y expone la base legal en la que se sustenta la investigación, recurriendo a la norma suprema, leyes, reglamentos, decretos, acuerdos y normas nacionales e internacionales vigentes. Se sugiere especificar los artículos pertinentes al estudio (Convenio de Basilea, 1986).

#### **4.2.3 Normas de descarga de efluentes a un cuerpo de agua o receptor: Agua dulce y agua marina.**

4.2.3.4 Las normas locales para descargas serán fijadas considerando los criterios de calidad establecidos para el uso o los usos asignados a las aguas. Las normas guardarán siempre concordancia con la norma técnica nacional vigente,

pudiendo ser únicamente igual o más restrictiva y deberán contar con los estudios técnicos y económicos que lo justifiquen. En los tramos del cuerpo de agua en donde se asignen usos múltiples, las normas para descargas se establecerán considerando los valores más restrictivos de cada uno de los parámetros fijados para cada uno.

4.2.3.5 Para el caso de industrias que capten y descarguen en el mismo cuerpo receptor, la descarga se hará aguas arriba de la captación. (Libro VI Anexo 1, 2015)

## **LEY ORGÁNICA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS USO Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA.**

### **TÍTULO I**

#### **CAPÍTULO I**

#### **DE LOS PRINCIPIOS**

**Artículo 1. Naturaleza Jurídica.** - El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible e inembargable. Los recursos hídricos son parte del patrimonio natural del Estado y serán de competencia exclusiva del Estado central.

#### **Art. 1.bis. Objeto de la Ley;**

El objeto de la presente ley es desarrollar el derecho humano al agua, así como regular la autorización, gestión, preservación, conservación, uso y aprovechamiento del agua, comprendidos dentro del territorio nacional en sus distintas fases, formas y estados físicos, a fin de garantizar el Sumak Kawsay o buen vivir.

**Art. 1ter. Dimensiones del agua.** - El agua presenta las siguientes dimensiones:

a) Agua Vida. Representa su función esencial como fuente de vida humana y natural, y comprende su uso para el desarrollo de actividades básicas e indispensables para la existencia tales como el consumo humano, riego en garantía de la subsistencia y soberanía alimentaria, y la preservación de la Pacha Mama.

b) Agua Ciudadanía. Alude a sus funciones sociales y culturales necesarias para el desarrollo de actividades y servicios públicos de interés general para la ciudadanía y su bienestar.

c) Agua Desarrollo sustentable. Comprende su utilización como recurso estratégico de crecimiento económico y social en relación con el desarrollo de actividades económicas productivas distintas de aquellas orientadas a la garantía de la soberanía alimentaria, en el marco de la planificación democrática de la economía.

**Artículo 2. Sector Estratégico.** - El agua constituye un sector estratégico de decisión y de control exclusivo del Estado central. La gestión del agua se orienta al pleno desarrollo de los derechos y al interés social, en atención a su decisiva influencia económica, social, comunitaria cultural, política y ambiental. El Estado tendrá la responsabilidad de administrar, regular, controlar y gestionar este sector estratégico, de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia.

**Artículo 3. Prohibición de Privatización.** - El agua por su trascendencia para la vida, la economía y el ambiente, no pueden ser objeto de ningún acuerdo comercial, con gobierno, entidad multilateral o empresa extranjera alguna. Se prohíbe toda forma de privatización del agua, su gestión será exclusivamente pública o comunitaria. No se reconocerá ninguna forma de apropiación o de

posesión individual o colectiva sobre el agua, cualquiera que sea su estado. En consecuencia, se prohíbe:

1. Toda delegación al sector privado de la gestión del agua o de alguna de las atribuciones asignadas constitucional o legalmente al Estado a través de la Autoridad Única del Agua o a los gobiernos autónomos descentralizados,

2. La gestión indirecta, delegación o externalización de la prestación de los servicios públicos relacionados con el ciclo integral del agua por parte de la iniciativa privada; y;

3. Cualquier acuerdo comercial con empresa privada nacional u otra forma que imponga un régimen económico basado en la inversión privada lucrativa para la gestión del agua o la prestación de los servicios públicos relacionados.

Las instituciones del Estado, en el ámbito de sus competencias, velarán por la racionalidad del uso y el aprovechamiento del agua y por la legalidad de las autorizaciones y permisos que se concedan.

#### **Artículo 4. Gestión Integrada e Integral. -**

La Autoridad Única del Agua es responsable de la rectoría, planificación, gestión, regulación y control de la gestión integrada de los recursos hídricos y de la gestión integral del agua por cuenca o sistemas de cuencas hidrográficas. La unidad de planificación y gestión de los recursos hídricos es, en su orden, el sistema de cuencas, la cuenca, la sub cuenca y microcuenca hidrográfica. La Autoridad Única del Agua es responsable de los aspectos técnicos, hidrológicos, hidráulicos, económico productivos, sociales, administrativos de uso y aprovechamiento y culturales del agua.

La Autoridad Ambiental Nacional determinará los aspectos técnicos referentes tanto a la conservación de los ecosistemas, como a la prevención y control de la contaminación del recurso estratégico agua. En el Sistema Nacional Descentralizado de Planificación Participativa para el Desarrollo y en los gobiernos autónomos descentralizados, la planificación de la gestión integrada de los recursos hídricos para garantía de este derecho humano a todos los habitantes, será prioridad. La participación de comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades, ciudadanos y usuarios en la gestión del agua se desarrollará de conformidad a lo establecido en esta ley.

### **SECCIÓN SEGUNDA OBJETIVOS DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA**

**Art. 79.-** Objetivos de prevención y conservación del agua. - La Autoridad Única del Agua, la Autoridad Ambiental Nacional y los Gobiernos Autónomos Descentralizados, trabajarán en coordinación para cumplir los siguientes objetivos:

a) Garantizar el derecho humano al agua para el buen vivir o *sumak kawsay*, los derechos reconocidos a la naturaleza y la preservación de todas las formas de vida, en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación;

b) Preservar la cantidad del agua y mejorar su calidad;

c) Controlar y prevenir la acumulación en suelo y subsuelo de sustancias tóxicas, desechos, vertidos y otros elementos capaces de contaminar las aguas superficiales o subterráneas;

d) Controlar las actividades que puedan causar la degradación del agua y de los ecosistemas acuáticos y terrestres con ella relacionados y cuando estén degradados disponer su restauración;

e) Prohibir, prevenir, controlar y sancionar la contaminación de las aguas mediante vertidos o depósito de desechos sólidos, líquidos y gaseosos;

compuestos orgánicos, inorgánicos o cualquier otra sustancia tóxica que alteren la calidad del agua o afecten la salud humana, la fauna, flora y el equilibrio de la vida;

f) Garantizar la conservación integral y cuidado de las fuentes de agua delimitadas y el equilibrio del ciclo hidrológico; y,

g) Evitar la degradación de los ecosistemas relacionados al ciclo hidrológico. (Ley organica de recursos hidricos usos y aprovechamiento del agua, 2014).

## **REGLAMENTO LEY RECURSOS HIDRICOS USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA.**

### **CAPITULO SEGUNDO**

#### **LA AGENCIA DE REGULACION Y CONTROL DEL AGUA**

**Art. 8.-** Naturaleza y atribuciones generales.- La Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA) es un organismo de derecho público, de carácter técnico-administrativo adscrito a la Secretaría del Agua, con personalidad jurídica, autonomía administrativa y financiera, con patrimonio propio y jurisdicción nacional. La Agencia de Regulación y Control del Agua ejercerá la regulación y control de la gestión integral e integrada de los recursos hídricos, de la cantidad y calidad de agua en sus fuentes y zonas de recarga, calidad de los servicios públicos relacionados al sector agua y en todos los usos, aprovechamientos y destinos del agua. La Agencia de Regulación y Control del Agua, determinará cuáles son los Gobiernos Autónomos Descentralizados en los que todos o alguno de los subprocesos a los que hace referencia el artículo 6 de este Reglamento, no alcanzan los adecuados niveles de calidad del servicio, conforme la regulación técnica que se dicte para el efecto para ello podrá requerir información a dichos Gobiernos Autónomos Descentralizados. Las competencias de la Agencia de Regulación y Control del Agua son las establecidas en el artículo 23 de la Ley (Decreto Ejecutivo 650, 2015).

#### **NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL PARA EL MANEJO Y DISPOSICIÓN FINAL DE DESECHOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS**

##### **4.2 De las prohibiciones en el manejo de desechos sólidos**

4.2.8 Se prohíbe la disposición o abandono de desechos sólidos, cualquiera sea su procedencia, a cielo abierto, patios, predios, viviendas, en vías o áreas públicas y en los cuerpos de agua superficiales o subterráneos. Además, se prohíbe lo siguiente:

a) El abandono, disposición o vertido de cualquier material residual en la vía pública, solares sin edificar, orillas de los ríos, quebradas, parques, aceras, parterres, exceptuándose aquellos casos en que exista la debida autorización de la entidad de aseo.

b) Verter cualquier clase de productos químicos (líquidos, sólidos, semisólidos y gaseosos), que por su naturaleza afecten a la salud o seguridad de las personas, produzcan daños a los pavimentos o afecte al ornato de la ciudad.

c) Abandonar animales muertos en los lugares públicos y en cuerpos de agua.

d) Abandonar muebles, enseres o cualquier tipo de desechos sólidos, en lugares públicos.

e) Arrojar o abandonar en los espacios públicos cualquier clase de productos en estado sólido, semisólido, líquido o gaseoso. Los desechos sólidos de pequeño tamaño como papeles, plásticos, envolturas, desechos de frutas, etc., que produzcan los ciudadanos cuando caminan por la urbe, deberán depositarse en las papeleras peatonales instaladas para el efecto.

f) Quemar desechos sólidos o desperdicios, así como tampoco se podrá echar cenizas, colillas de cigarrillos u otros materiales encendidos en los contenedores

de desechos sólidos o en las papeleras peatonales, los cuales deberán depositarse en un recipiente adecuado una vez apagados.

g) Arrojar cualquier clase de desperdicio desde el interior de los vehículos, ya sea que éstos estén estacionados o en circulación.

h) Desalojar en la vía pública el producto de la limpieza interna de los hogares, comercios y de los vehículos particulares o de uso público (Tulsma, 2014).

### **2.2.7 Las Ordenanzas**

#### **ORDENANZA QUE REGULA EL MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL ECOSISTEMA PÁRAMO, MICRO CUENCAS Y UNIDADES HIDROGRÁFICAS EN EL CANTÓN CHAMBO EL CONCEJO DEL CANTON CHAMBO**

Considerando: Que, el Art. 3, numeral 1 de la Constitución de la República del Ecuador, determina que: "Son deberes primordiales del Estado: 1.- Garantizar sin discriminación alguna el efectivo goce de los derechos establecidos en la Constitución y en los instrumentos internacionales, en particular la educación, la salud, la alimentación, la seguridad social y el agua para sus habitantes...", así como;

Que, el Art. 12 de la Constitución de la República del Ecuador dispone que: "El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida".

#### **REFORMAR EL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE DE LA CALIDAD AMBIENTAL TÍTULO I DISPOSICIONES PRELIMINARES**

Art. 1 Ámbito.- El presente Libro establece los procedimientos y regula las actividades y responsabilidades públicas y privadas en materia de calidad ambiental. Se entiende por calidad ambiental al conjunto de características del ambiente y la naturaleza que incluye el aire, el agua, el suelo y la biodiversidad, en relación a la ausencia o presencia de agentes nocivos que puedan afectar al mantenimiento y regeneración de los ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos de la naturaleza.

Art. 210 Prohibición.- De conformidad con la normativa legal vigente: a) Se prohíbe la utilización de agua de cualquier fuente, incluida las subterráneas, con el propósito de diluir los efluentes líquidos no tratados; b) Se prohíbe la descarga y vertido que sobrepase los límites permisibles o criterios de calidad correspondientes establecidos en este Libro, en las normas técnicas o anexos de aplicación; c) Se prohíbe la descarga y vertidos de aguas servidas o industriales, en quebradas secas o nacimientos de cuerpos hídricos u ojos de agua; y, d) Se prohíbe la descarga y vertidos de aguas servidas o industriales, sobre cuerpos hídricos, cuyo caudal mínimo anual no esté en capacidad de soportar la descarga; es decir que, sobrepase la capacidad de carga del cuerpo hídrico. (No.061, 2015).

#### **ACUERDO No. 068 REFORMASE EL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL LIBRO VI, TÍTULO I DEL SISTEMA ÚNICO DE MANEJO AMBIENTAL (SUMA)**

Que, el artículo 276 numeral 4 de la Constitución de la República del Ecuador, establece que el régimen de desarrollo tendrá el objetivo de recuperar y conservar la naturaleza que garantice a las personas y a la colectividad el acceso equitativo de un ambiente sano, a la calidad de agua, aire, suelo y los beneficios de los recursos de subsuelo y del patrimonio natural.

Que, el artículo 395 de la Constitución de la República del Ecuador, señala que el Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente

equilibrado, así como las políticas de gestión ambiental serán de obligatorio cumplimiento por parte del Estado y por todas las personas naturales y jurídicas, el Estado garantizará también la participación activa de la sociedad en la planificación, ejecución y control de las actividades que generen impactos ambientales, y finalmente en caso de existir duda sobre el alcance de las disposiciones legales en materia ambiental, éstas se aplicarán en el sentido más favorable a la protección de la naturaleza; (Acuerdo Ministerial 068, 2013)

### **Título I**

## **DISPOSICIONES GENERALES Capítulo I OBJETO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN**

Art. 1.- Objeto.- Las normas de la presente ordenanza regulan el manejo y conservación del Ecosistema: páramos, bosques nativos, cuencas y micro cuencas, ecosistemas frágiles y otras áreas prioritarias para la conservación de los recursos naturales en el cantón Chambo y constituyen un conjunto de principios y estrategias específicas, dirigidas a garantizar la provisión de agua en cantidad y calidad, así también regular todas las actividades que permitan desarrollar alternativas productivas sustentables. Por lo tanto, las normas de la presente ordenanza, controlan, regulan el tratamiento equilibrado de los páramos y zonas adyacentes del área protegida e incentiva el manejo ambiental apropiado las que serán de cumplimiento obligatorio en la jurisdicción del cantón (Ordenanzas, 2010)

### **NTE INEN 2176**

#### 5.1.5 Equipo de muestreo para análisis microbiológico

5.1.5.1 Para la mayoría de muestras, son adecuadas las botellas de vidrio o de plástico esterilizado. Para recoger muestras bajo la superficie del agua, como en lagos y reservorios, están disponibles varios mecanismos para muestreo de profundidad y son convenientes los equipos de muestreo descritos en 5.1.3.2.b.

5.1.5.2 Todos los equipos que se usen, incluida la bomba y el equipo de bombeo, deben estar libres de contaminación y no deben introducir nuevos microorganismos.

#### 5.1.6 Equipo y técnicas de muestreo para análisis de radioactividad

5.1.6.1 Dependiendo del objetivo y de las regulaciones legales nacionales, la mayoría de las técnicas de muestreo y el equipo disponible para el muestreo de aguas y aguas residuales para análisis químico se aplican generalmente para la medición de radioactividad.

5.1.6.2 Las muestras se deben recoger en botellas plásticas, previamente lavadas con detergente y enjuagadas con agua destilada y ácido nítrico diluido (1 + 1). (NTE INEN 2176, 2013, pag 9)

### **NTE INEN 2169**

#### 4.1 Muestreo

##### 4.1.1 Llenado del recipiente

4.1.1.1 En muestras que se van a utilizar para la determinación de parámetros físicos y químicos, llenar los frascos completamente y taparlos de tal forma que no exista aire sobre la muestra. Esto limita la interacción de la fase gaseosa y la agitación durante el transporte (así se evita la modificación del contenido de dióxido de carbono y la variación en el valor del pH, los bicarbonatos no se conviertan a la forma de carbonatos precipitables; el hierro tienda a oxidarse menos, limitando las variaciones de color, etc.).

##### 4.1.3 Filtración y centrifugación de muestras

4.1.3.1 La materia en suspensión, los sedimentos, las algas y otros microorganismos deben ser removidos en el momento de tomar la muestra o

inmediatamente después por filtración a través de papel filtro, membrana filtrante o por centrifugación. La filtración no es aplicable si el filtro es capaz de retener unos o más de los componentes a ser analizados. También es necesario que el filtro no sea causa de contaminación y que sea cuidadosamente lavado antes del uso, pero de manera compatible con el método final de análisis.

4.1.3.4 La decantación de la muestra no es recomendada como una alternativa de la filtración.

4.1.4 Adición de conservantes

4.1.4.2 Se debe recordar que ciertos conservantes (por ejemplo: los ácidos, el cloroformo) se deben usar con precaución, por el peligro que involucra su manejo. Los operadores deben ser advertidos de esos peligros y de las formas de protección.

4.1.5 Transporte de las muestras

4.1.5.1 Los recipientes que contienen las muestras deben ser protegidos y sellados de manera que no se deterioren o se pierda cualquier parte de ellos durante el transporte.

4.1.5.2 El empaque debe proteger los recipientes de la posible contaminación externa y de la rotura, especialmente de la cercana al cuello y no deben ser causa de contaminación (NTE INEN 2169, 2013)

### 3. Materiales y métodos

#### 3.1 Enfoque de la investigación

##### 3.1.1 Tipo de investigación

La investigación que se aplicó en el estudio fue de campo debido a que se recolectaron muestras, a nivel de ribera, del efluente de aguas de descargas de agua residual industrial de una azucarera en el Cantón Coronel Marcelino Maridueña, también se realizó investigación de laboratorio, porque se ejecutó un análisis de la muestra que determinó la concentración de los parámetros físicos y químicos.

El nivel de conocimiento correspondió a un nivel descriptivo porque se realizó seguimiento a los tratamientos para establecer su efectividad.

##### 3.1.2 Diseño de investigación

La investigación fue de carácter experimental porque se aplicó tres tratamientos como parte de la fitorremediación del agua residual proveniente de una empresa azucarera.

#### 3.2 Metodología

##### 3.2.1 Variables

Se aplicaron las siguientes variables:

###### 3.2.1.1. *Variable independiente*

Lenteja de agua (*Lemna minor*).

Bomba de agua.

Tipo de muestreo.

Tiempo.

### **3.2.1.2. Variable dependiente**

Físicos (turbidez, temperatura, conductividad, sólidos disueltos totales) y químicos (pH).

### **3.2.2 Tratamientos**

Se realizó la caracterización del agua residual del punto de descarga para conocer la concentración de los parámetros físicos (turbidez, temperatura, conductividad, sólidos disueltos totales) y químicos (pH), que sirvieron como línea base de información para conocer la efectividad de los tratamientos aplicados. Luego el agua residual se sometió a tres tratamientos que mantuvieron diferentes cantidades de plantas acuáticas como proceso de fitorremediación para conocer su efectividad en el cambio de los parámetros antes mencionados.

**T1:** 2L de aguas arriba, 31,4 gramos de lenteja de agua (*Lemna minor*), en un tiempo de 12 días en el periodo de los 3 meses.

**T2:** 2L de agua residual, 44,4 gramos de lenteja de agua (*Lemna minor*), en un tiempo de 12 días en el periodo de los 3 meses.

**T3:** 2L de aguas abajo, 62,9 gramos de lenteja de agua (*Lemna minor*), en un tiempo de 12 días en el periodo de los 3 meses.

Con la información correspondiente de la tabla de tratamientos, se confirmaron los tres tratamientos serán iguales, eliminando la misma cantidad de contaminantes o al menos un tratamiento no será igual; esto se determinó por medio de la varianza de un solo Factor (ANOVA), para así poder establecer el porcentaje de fitorremediación que se realizó con cada tratamiento.

### **3.2.3 Diseño experimental**

Se aplicó un (DCA) Diseño Completamente al Azar debido a que se lo desarrollo para comparación de dos o más muestras, como se ha establecido en los

tratamientos por medio de la lenteja de agua (*Lemna minor*), para ejecutar la fitorremediación.

### 3.2.4 Recolección de datos

En primer lugar, se realizó la toma de muestra en el Río Chimbo en el Cantón Coronel Marcelino Maridueña, donde se establecieron los siguientes parámetros físicos (turbidez, temperatura, conductividad, sólidos disueltos) y químicos (pH), en un tiempo determinado especificado en el cronograma de actividades.

**Tabla 2 Puntos de muestreo**

Tratamiento 1 (primer punto)	Tratamiento 2 (segundo punto)	Tratamiento 3 (tercer punto)
Aguas Arriba	Descargas y aguas residuales	Aguas abajo
S 2°12'26.09964" O 79°25'8.77188"	S 2°12'33.0588" O 79°26'28.15044"	S 2°12'47.86704" O 79°26'54.67344"

**Tabla 3 Medidas del tacho de los tratamientos**

Tamaño de tacho (T1)	Tamaño de tacho (T2)	Tamaño de tacho (T3)
Alto 16,63 cm, largo 35,58 cm y ancho 7,36 cm	Alto 16,63 cm, largo 35,58 cm y ancho 7,36 cm	Alto 16,63 cm, largo 35,58 cm y ancho 7,36 cm

### **3.2.4.1. Recursos**

Se utilizó software como Excel, Power Point y Word, mientras que en materiales de laboratorio vaso de precipitación, matraz, agitador, medidor multiparametro, pHmetro, filtros estériles, también se utilizó tecnología laptop, impresora, GPS y pendrive Tabla 10, Tabla 11, Tabla 12.

### **3.2.4.2. Métodos y técnicas**

Se realizó un muestreo simple, debido a que solo será una muestra nivel de ribera para determinar los contaminantes presentes que serían los siguientes parámetros físicos y químicos: turbidez, temperatura, conductividad, sólidos disueltos totales, pH.

#### **3.2.4.2.1 Técnica para utilización de lenteja de agua**

Las lentejas de agua (*Lemna minor*) experimentaron adaptación a las diferentes condiciones de estudio, se cultivaron en el agua del estanque donde fueron recolectadas en contenedores abiertos. Es importante haber reemplazado el agua con frecuencia, ya que la evaporación dará como resultado la concentración de sales. El uso de contenedores abiertos evito el sobrecalentamiento si coloca los contenedores afuera o en una ventana soleada. En la naturaleza, las lentejas de agua crecen en el agua de muchas fuentes y composiciones. Se pudo cultivar en agua artificial de estanques o en medios de acuicultura diluidos, como la solución de Hoagland. Es importante proporcionar una fuente de hierro quelado (incluido en los medios sintéticos recomendados) y ajustar el pH al rango óptimo.

Es importante mantener limpias las culturas de la lenteja de agua (*Lemna minor*). Se limpió los cultivos de lenteja de agua (*Lemna minor*) transfiriendo las plantas individualmente para limpiar el agua dulce. Elimine las frondas dañadas y envejecidas (amarillas o blancas) de sus cultivos a medida que aparecen. Las

poblaciones nativas de lentejas de agua pueden ser mezclas con diferentes composiciones genéticas. Para un trabajo serio, es aconsejable iniciar cultivos a partir de un solo clon. Esto ayudará a aumentar la uniformidad para el trabajo experimental (Londolt, 2005).

#### **3.2.4.2.2 Medición de Sólidos Disueltos Totales**

En la cápsula llevo previamente una masa constante  $m_1$ , filtrar una alícuota de la muestra a través de un filtro de fibra de vidrio en el crisol o dispositivo de filtrado. Verter la alícuota en una cápsula preparada (véase 9.1) y evaporar a sequedad en el horno de secado a  $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  o evaporar casi a sequedad sin llegar a ebullición de la muestra, en una parrilla de calentamiento (NMX-AA-034-SCFI-2015, 2015).

#### **3.2.4.2.3 Medición de turbidez**

Esta norma internacional especificó cuatro métodos para la determinación de la turbiedad del agua.

Se especificó dos métodos semi cuantitativos, que se emplean, por ejemplo, para el trabajo de campo:

- a) Medida de la turbiedad mediante un tubo de evaluación de la transparencia (aplicable a aguas puras y ligeramente contaminadas).
- b) Medida de la turbiedad mediante un disco de evaluación de la transparencia (especialmente aplicable a aguas superficiales).

Se especificó dos métodos cuantitativos, utilizando turbidímetros ópticos.

- c) Medida de la radiación difusa aplicable a aguas de baja turbiedad (por ejemplo, aguas de bebida).

La turbiedad mediante este método se expresa en unidades nefelométricas de formación a (UNF); los resultados se encuentran normalmente en el intervalo comprendido entre 0 UNF y 40 UNF.

Dependiendo del diseño del equipo, puede también aplicarse a aguas de mayor turbiedad.

- d) Medida de la atenuación de la luz incidente, más aplicables aguas de fuerte turbiedad (por ejemplo, aguas residuales o aguas contaminadas).

La turbiedad medida mediante este método se expresó en unidades de atenuación de formacina (UAF); los resultados normalmente se encuentran en el intervalo comprendido entre 40UAF y 4000 UAF (NTE INEN ISO 7027, 2013).

#### **3.2.4.2.4 Medición de pH.**

En lo que respecta a la utilización del electrodo de pH se siguió las instrucciones del fabricante. Hay que asegurar el funcionamiento del electrodo de pH mediante el mantenimiento y ensayos periódicos. Se preparó las soluciones tampón de calibrado. Para instrumentos con identificación automática de los tampones, hay que seguir las instrucciones de calibrado del fabricante. Se tomó las soluciones tampón de modo que la medida esperada para la muestra se encuentre entre los valores de pH de las dos soluciones tampón. Cuando se emplea un electrodo de pH sin sensor interno de temperatura, se sumerge un sensor de temperatura en la solución a ensayar. Para la medida se preparan el electrodo de vidrio o de referencia o el electrodo combinado de pH, siguiendo las instrucciones del fabricante. Se enciende el instrumento de medida. Para equipos que dispongan de reconocimiento automático de las soluciones tampón, se activan los datos almacenados de las soluciones tampón preparadas para el calibrado. Se mide la

temperatura de las soluciones tampón y de las muestras. Siempre que sea posible las soluciones tampón y las muestras deberían tener la misma temperatura. Si no se cuenta con sonda de temperatura, se ajusta el dispositivo para la temperatura de medida.

Se utilizan los valores de pH de las soluciones tampón indicados en sus respectivos certificados, según la temperatura o un sistema de reconocimiento automático de los tampones. (NTE INEN - ISO 10523, 2014).

#### **3.2.4.2.5 Medición de conductividad.**

- a) Se preparó el equipo para su uso de acuerdo a las instrucciones del fabricante y seleccionar un electrodo con la constante de celda apropiada para el intervalo de medición en que se usará.
- b) La cantidad de la muestra depende del equipo por usar.
- c) Las muestras y la disolución de calibración deben estar a 25°C de preferencia o a la temperatura ambiente.
- d) Se determinó la temperatura de la muestra.
- e) Enjuagar la celda con porciones de la disolución de prueba antes de realizar la medición para evitar contaminación de la muestra por electrolitos.
- f) Sumergir la celda en la disolución de prueba, el nivel de la disolución debe cubrir los orificios de ventilación de la celda, agitar la celda verticalmente para expulsar las burbujas de aire.
- g) Seleccionar el rango adecuado de medición en el instrumento, una vez que se estabilice la lectura, anotar el valor de conductividad.
- h) Después de cada determinación, retirar la celda de la disolución y enjuagarla con agua desionizada.

- i) Reportar los resultados como conductancia específica o conductividad, ms/m a 25°C (NMX-AA-093-SCFI-2000, 2000).

#### **3.2.4.2.6 Medición de temperatura.**

Siempre que sea posible se dio la medición directamente en el cuerpo de agua, en caso de que esto no sea posible, extraer una porción de la muestra. Esperar el tiempo suficiente para obtener mediciones constantes. Enjuagar con agua destilada el instrumento de medición. Las lecturas se obtienen directamente de la escala del aparato medidor de temperatura, y se informan en grados Celsius (°C). En el caso de aguas residuales, de ser posible todas las lecturas deben hacerse en las descargas o bien recolectar la muestra y realizar la medición. En caso de que no sea posible, puede medirse en un punto accesible del conducto más próximo a la descarga.

Medir directamente la temperatura del agua, en caso de requerir extraer muestra, introducir el recipiente para muestreo, moverlo de manera circular durante 1 min para que se equilibre su temperatura con la del agua y retirar el recipiente con la muestra (NMX-AA-007-SCFI-2013, 2013).

#### **3.2.5 Análisis estadístico**

De acuerdo al trabajo planteado, y el procedimiento a seguir para desarrollar el respectivo análisis y fitorremediación de las aguas residuales, se empleará la estadística descriptiva, utilizándose las medidas de tendencia (media, mediana y moda) y la medida de dispersión (varianza, desviación estándar), por último se ejecutará una prueba de hipótesis (ANOVA) para determinar el grado de aceptación e implementando figuras en relación a los métodos planteados para el seguimiento de los análisis y los tratamientos a ejecutarse.

**Media:** Es la suma de un conjunto de datos dividida por el número total de dichos datos.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

**Mediana:** Es el valor central de un conjunto de valores ordenados en forma creciente o decreciente.

$$\text{Mediana} = (n/2)$$

**Moda:** Es la medida que indica cual dato tiene la mayor frecuencia en un conjunto de datos, o sea, cual se repite más.

### **Medidas de dispersión.**

**Varianza:** Es la media aritmética del cuadrado de las desviaciones respecto a la media de una distribución estadística.

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

**Varianza de una muestra** 1

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{u})^2$$

**Varianza de una población** 2

**Desviación estándar:** Es la medida de dispersión más común, que indica qué tan dispersos están los datos con respecto a la media. Mientras mayor sea la desviación estándar, mayor será la dispersión de los datos.

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

**Desviación estándar muestral** 3

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}$$

**Desviación estándar poblacional** 4

El análisis de la varianza (ANOVA) es una técnica estadística paramétrica de contraste de hipótesis. El ANOVA de un factor sirve para comparar varios grupos en una variable cuantitativa. Se trata, por tanto, de una generalización de la Prueba T para dos muestras independientes al caso de diseños con más de dos muestras.

“ANOVA es un proceso estadístico que sirve para degradar la variación total, en variaciones reconocidos, incorporando las que no se han podido medir, tomándolo como error experimental” (Rojas, 2009).

Por lo tanto, se aplicará la varianza de ANOVA unifactorial para poder determinar la diferencia significativa entre los 3 tipos tratamientos y su efectividad.

$$SC_F = \sum n_K (M_K - M_g)^2$$

Se calculará la suma de cuadrados de las desviaciones de cada observación respecto a la media global, suma que denominaremos Suma de Cuadrados Total (SCT) y que refleja la variabilidad total.

$$sc_t = \sum (X_i - M_g)^2$$

### 3.2.6 Hipótesis nula y alternativa.

**Ho:** La media de los parámetros físicos (turbidez, temperatura, conductividad, sólidos disueltos totales) y químicos (pH), son iguales entre los tratamientos.

**Hi:** Al menos una de la media de los parámetros físicos (turbidez, temperatura, conductividad, sólidos disueltos totales) químicos (pH) y será distinto.

### 3.2.7 Cronograma de actividades.

No	OBJETIVOS / ACTIVIDADES	Mes 1				Mes 2				Mes 3			
		SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4
1	Objetivos General: Evaluar el agua residual proveniente de la descarga de desechos de una empresa azucarera en el Río Chimbo utilizando lenteja de agua (Lemna minor) para reducir la contaminación.												
2	Objetivo Especifico 1. Determinar parámetros físicos (color, turbidez, temperatura, conductividad, solidos totales) químicos (pH) en el agua residual de una empresa azucarera ubicada en la ribera del Chimbo mediante análisis de laboratorio.												
3	ACT 1 Toma de muestra de aguas residuales	X											
4	ACT 2 Almacenamiento y transporte de muestras	X											
5	ACT 3 Análisis de los parametros químicos.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
6	Objetivo 2. Implementar tres tratamientos mediante el uso de lenteja de agua (Lemna minor) para la fitorremediación del agua residual de una empresa azucarera.												
7	ACT 1 Introducir agua residual en tachos	X											
8	ACT 2 Insertar lenteja de agua (Lemnoideae) en el tacho con el agua residual	X											
9	ACT 3 Análisis de la muestra de agua fitorremediada, poder determinar el porcentaje de alteracion de acuerdo a los rangos permisibles establecidos por el Libro VI Anexo 1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
10	ACT 4 Desde la primera semana se comenzara a realizar el análisis de agua.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
11	Objetivo 3. Sugerir un sistema de remediación mediante el uso del mejor tratamiento resultante de la fitorremediación.												
12	ACT 1 Resultado final de la fitorremediación.												X

Figuras 1 Fitorremediación del Río Chimbo

## 4. Resultados

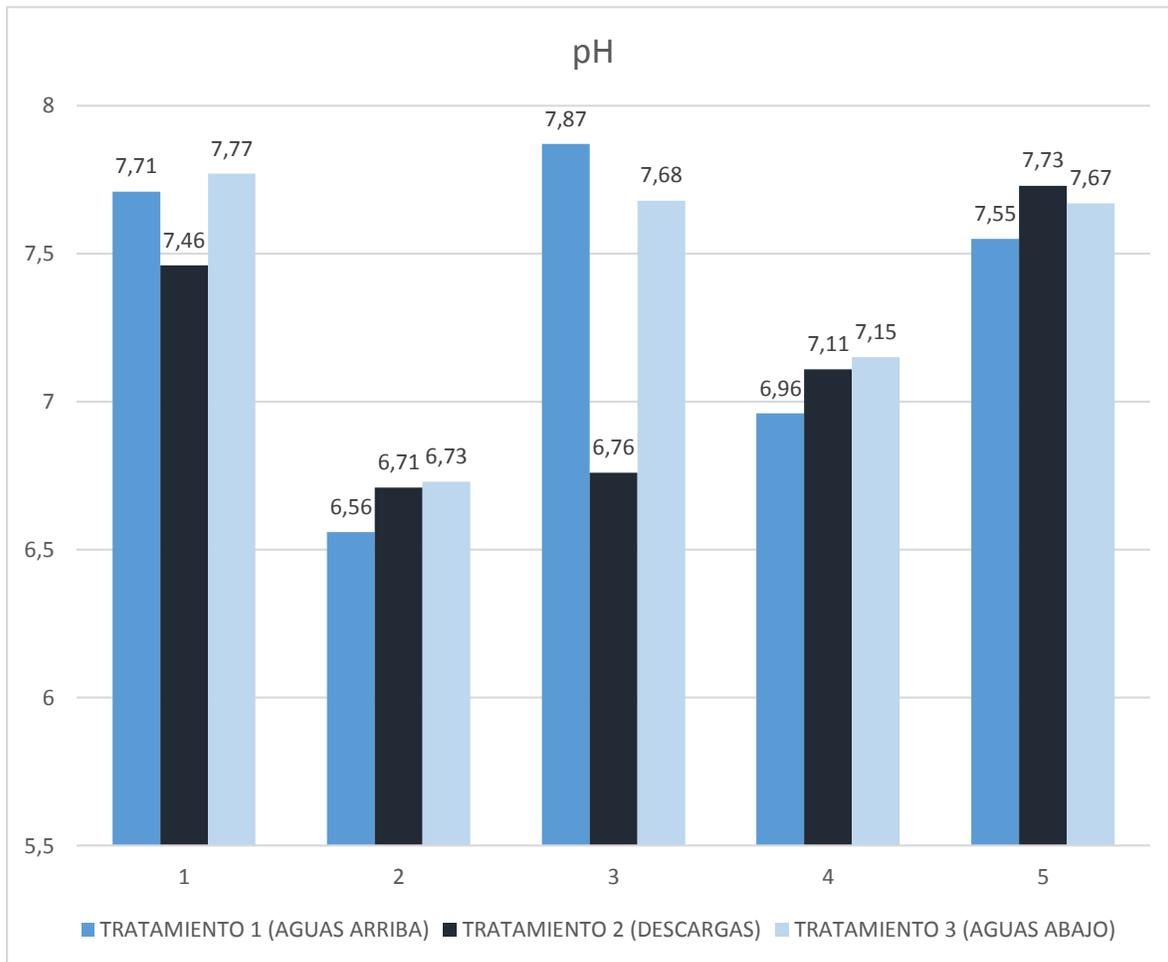
**4.1 Se determinó parámetros físicos (turbidez, temperatura, conductividad, sólidos disueltos totales) y químicos (pH), en el agua residual de una empresa azucarera ubicada en la ribera del Río Chimbo mediante análisis de laboratorio.**

Se identificó las variaciones del agua residual desde el punto uno hasta el punto tres de los parámetros físicos (turbidez, temperatura, conductividad, sólidos disueltos totales) y químicos (pH), ubicados en diferentes zonas del Río Chimbo tomando las respectivas muestras aguas arriba en las coordenadas S 2°12'26.09964" O 79°25'8.77188" ver Anexo 1 Figuras 7, mientras que en las descargas de aguas fueron las siguientes coordenadas S 2°12'33.0588" O 79°26'28.15044" ver Anexo 2 Figuras 8 y por último se realizó la toma de muestras aguas abajo en las coordenadas S 2°12'47.86704" O 79°26'54.67344" ver Anexo 3 Figuras 9

**4.2 Se aplicó tres tratamientos mediante el uso de lenteja de agua (*Lemna minor*) para la fitorremediación del agua residual de una empresa azucarera y uso de bomba de agua para aireación**

Se realizó tres tipos de tratamientos con diferentes cantidades de plantas en aguas arriba o tratamiento 1 se usó 31,4 gramos de lenteja de agua (*Lemna minor*) ver Anexo 4 Figuras 10, en la descarga de aguas o tratamiento 2 se utilizó 44,4 gramos de lenteja de agua (*Lemna minor*) ver Anexo 5 Figuras 11 y en las aguas abajo o tratamiento 3 fue 62,9 gramos de lenteja de agua (*Lemna minor*) ver Anexo 6 Figuras 12 cada tratamiento se lo dio con el uso respectivo de la bomba de agua

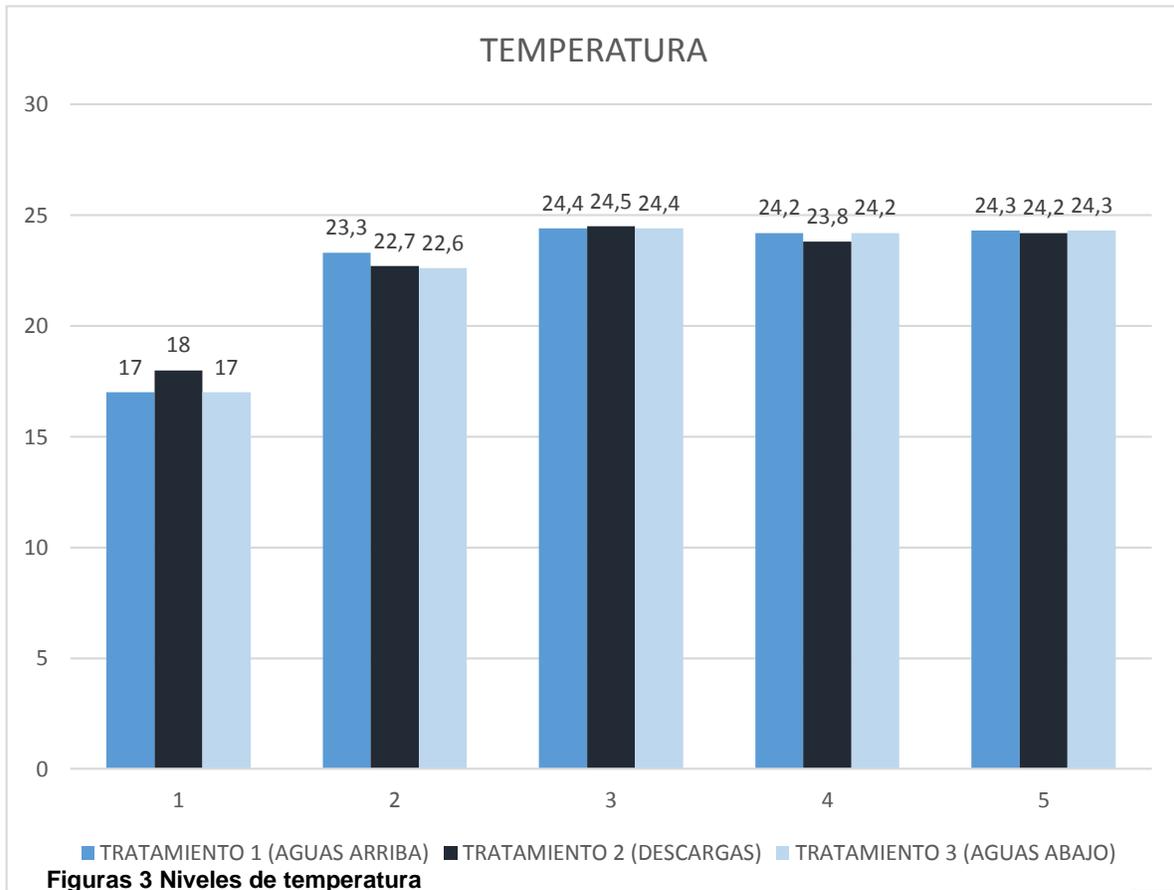
para poder generar una mayor efectividad al momento de la filtración ver Anexo 7 Figuras 13 del primer tratamiento aguas arriba, ver Anexo 8 Figuras 14 en las aguas residuales de descargas, ver Anexo 9 Figuras 15 en aguas abajo.



**Figuras 2 Niveles de pH**

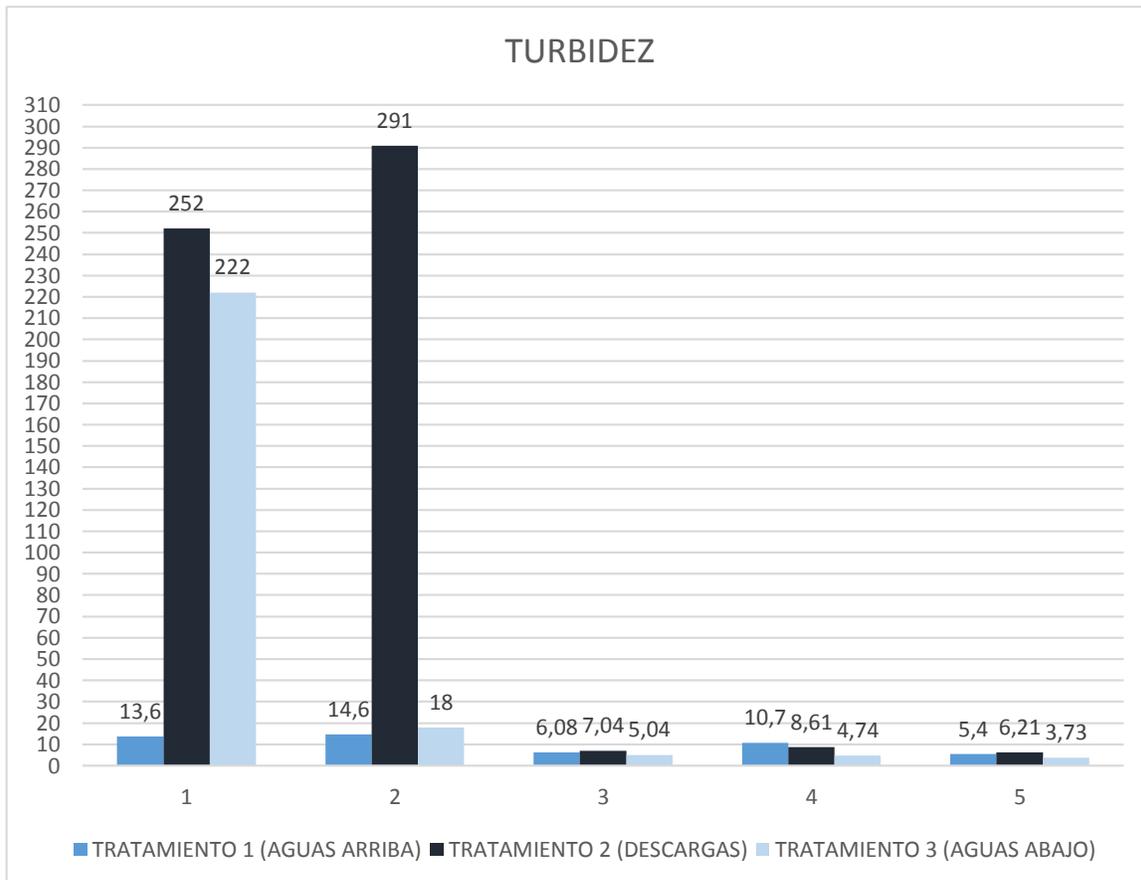
En la Figura 2 se puede observar el análisis del pH, en el primer resultado se lo realizó sin tratamiento, a partir del segundo análisis se lo efectuó con la aplicación del tratamiento de lenteja de agua (*Lemna minor*) y bomba de agua. De acuerdo al primer análisis se estimó los valores del tratamiento 1 de 7,71 pH, tratamiento 2 de 7,46 pH, tratamiento 3 de 7,77 pH y en el quinto análisis tratamiento 1 de 7,55 pH,

tratamiento 2 de 7,73 pH y tratamiento 3 de 7,67 pH. En el análisis 2 (tratamiento 1) se registró el nivel más bajo teniendo 6,56 pH y el nivel más alto en el análisis 3 (tratamiento 1) de 7,83 pH.



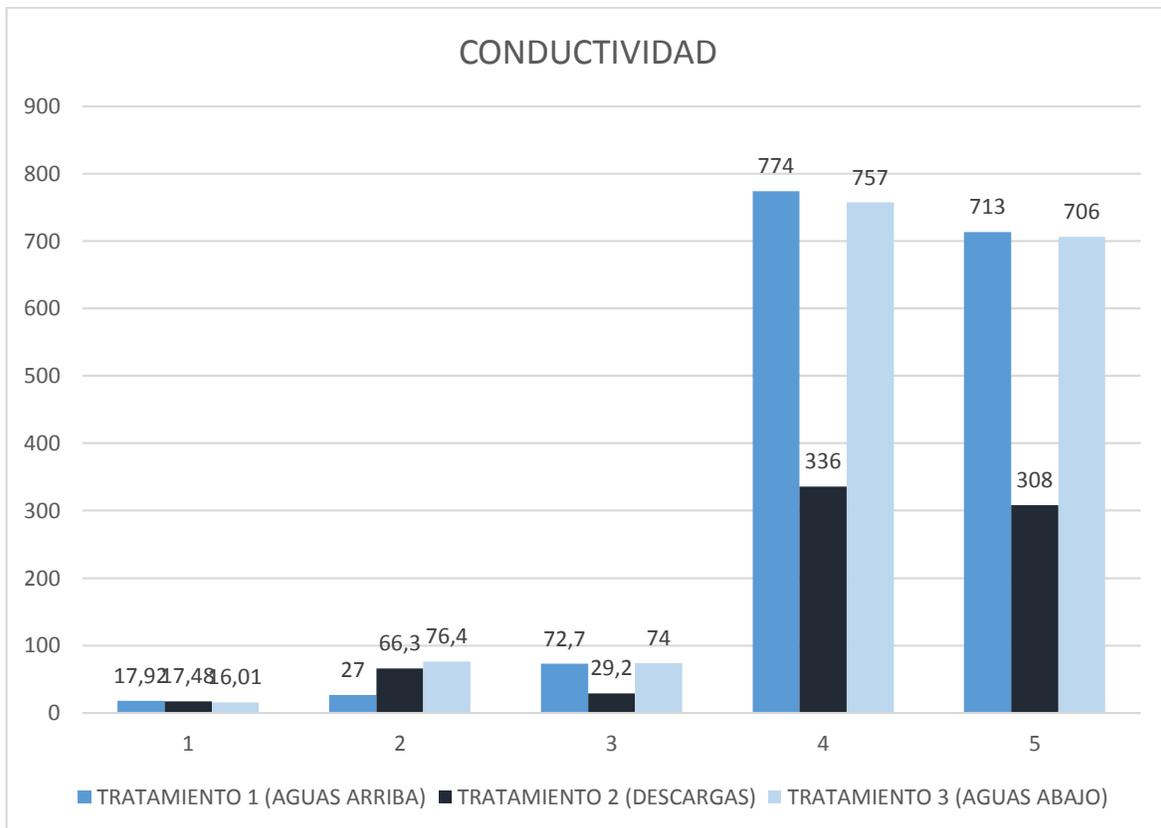
En la Figura 3 se puede observar el análisis de la temperatura en el primer resultado se lo realizó sin tratamiento, a partir del segundo análisis se lo efectuó con la aplicación del tratamiento de lenteja de agua (*Lemna minor*) y bomba de agua. De acuerdo al primer análisis se estimó los valores del tratamiento 1 de 17°C, tratamiento 2 de 18°C, tratamiento 3 de 17°C y en el quinto análisis tratamiento 1 de 24,3 °C, tratamiento 2 de 24,2 °C y tratamiento 3 de 24,3 °C; la menor temperatura se

registró en el análisis 1 (tratamiento 1) de 17°C, y la máxima temperatura en el análisis 3 (tratamiento 2) que fue de 24,5°C.



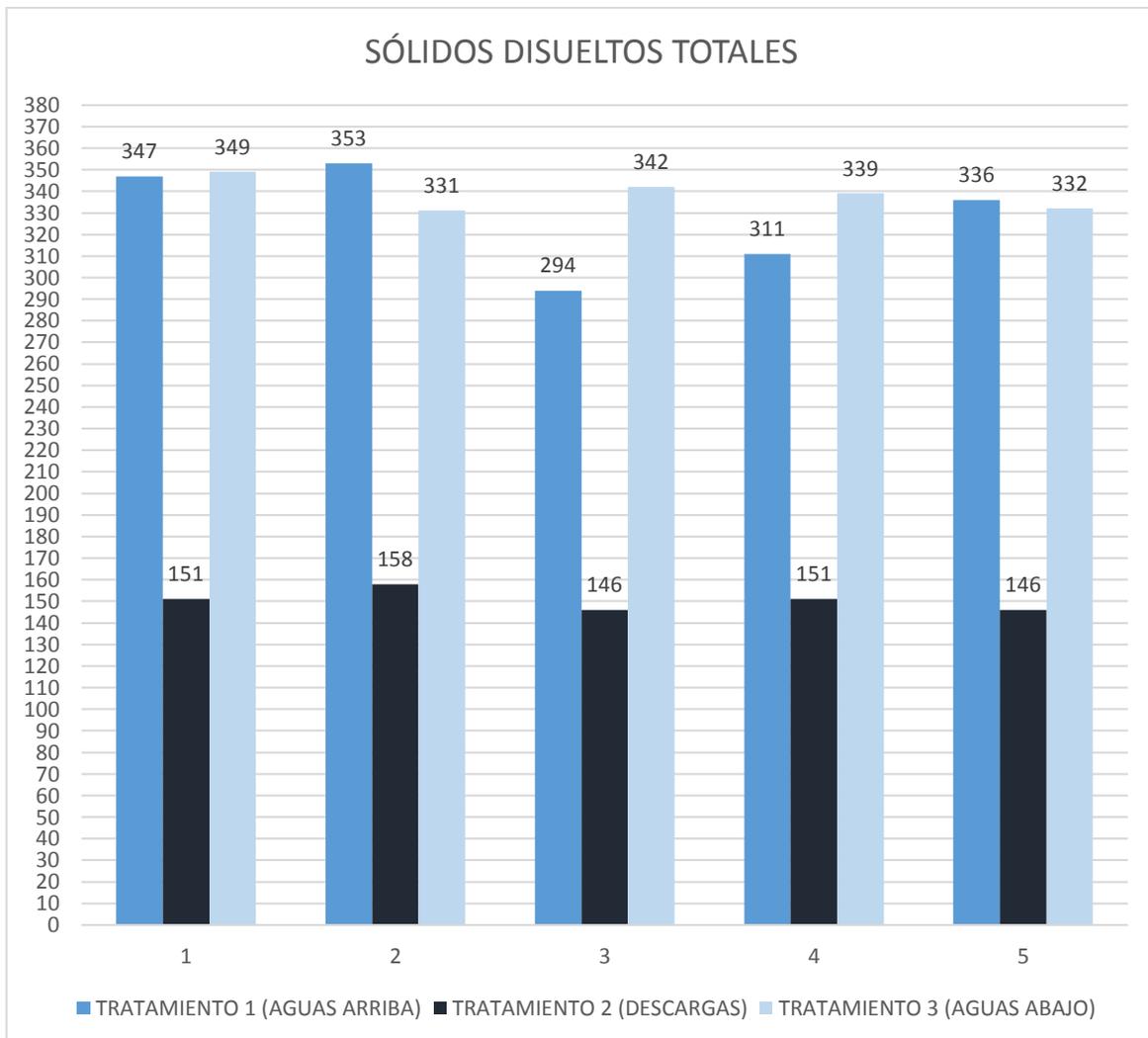
**Figuras 4 Niveles de turbidez**

En la Figura 4 se puede observar el análisis de la turbidez en el primer resultado se lo realizó sin tratamiento, a partir del segundo análisis se lo efectuó con la aplicación del tratamiento de lenteja de agua (*Lemna minor*) y bomba de agua. De acuerdo al primer análisis se estimó los valores del tratamiento 1 de 13,6NTU, tratamiento 2 de 252NTU, tratamiento 3 de 222NTU y en el quinto análisis tratamiento 1 de 5,4NTU, tratamiento 2 de 6,21NTU y tratamiento 3 de 3,73NTU; la menor turbidez se registró en el análisis 5 (tratamiento 3) de 3,73NTU, y la máxima turbidez en el análisis 2 (tratamiento 2) que fue de 291NTU.



**Figuras 5 Niveles de conductividad**

En la Figura 5 se puede observar el análisis de la turbidez en el primer resultado se lo realizó sin tratamiento, a partir del segundo análisis se lo efectuó con la aplicación del tratamiento de lenteja de agua (*Lemna minor*) y bomba de agua. De acuerdo al primer análisis se estimó los valores del tratamiento 1 de 17,9  $\mu\text{s/cm}$ , tratamiento 2 de 17,4  $\mu\text{s/cm}$ , tratamiento 3 de 16,01  $\mu\text{s/cm}$  y en el quinto análisis tratamiento 1 de 713  $\mu\text{s/cm}$ , tratamiento 2 de 308  $\mu\text{s/cm}$  y tratamiento 3 de 706  $\mu\text{s/cm}$ ; la menor conductividad se registró en el análisis 1 (tratamiento 3) de 16,01  $\mu\text{s/cm}$ , y la máxima conductividad en el análisis 4 (tratamiento 1) que fue de 774  $\mu\text{s/cm}$ .



**Figuras 6 Niveles de sólidos disueltos totales**

En la Figura 6 se puede observar el análisis de SDT en el primer resultado se lo realizó sin tratamiento, a partir del segundo análisis se lo efectuó con la aplicación del tratamiento de lenteja de agua (*Lemna minor*) y bomba de agua. De acuerdo al primer análisis se estimó los valores del tratamiento 1 de 347 mg/l, tratamiento 2 de 151 mg/l, tratamiento 3 de 343 mg/l y en el quinto análisis tratamiento 1 de 336 mg/l, tratamiento 2 de 146 mg/l y tratamiento 3 de 332 mg/l; la menor cantidad de SDT se registró en el análisis 3 (tratamiento 2) fue de 146 mg/l, y la máxima cantidad de SDT en el análisis 2 (tratamiento 1) que fue de 353 mg/l

### 4.3 Se sugirió un sistema de remediación mediante el uso del mejor tratamiento resultante de la fitorremediación

Al haber encontrado el resultado más favorable en el segundo tratamiento se ha determinado que es la mejor opción para tratar las aguas residuales ya que está contenía un porcentaje de 7,15 en pH, en su temperatura 22,64 gramos en el que satisfacía las necesidades manteniendo el equilibrio de los parámetros físicos y químicos (turbidez, temperatura, conductividad, sólidos disueltos totales y pH) del agua del Río Chimbo.

**Tabla 4 pH**

Repeticiones	Tratamiento	Tratamiento	Tratamiento	MEDIA	MEDIA	MODA
	1	2	3		NA	DA
1	7,71 pH	7,46 pH	7,77 pH	7,64666667 pH	7,71 pH	#N/A
2	6,56 pH	6,71 pH	6,73 pH	6,66666667 pH	6,71 pH	#N/A
3	7,87 pH	6,76 pH	7,68 pH	7,43666667 pH	7,68 pH	#N/A
4	6,96 pH	7,11 pH	7,15 pH	7,07333333 pH	7,11 pH	#N/A
5	7,55 pH	7,73 pH	7,67 pH	7,65 pH	7,67 pH	#N/A
Promedio	7,33 pH	7,15 pH	7,4 pH			

Caisachana, 2020

---

FTABLA>FCALCULADO	Ho	X	Ho:	La media de los parámetros físicos y químicos (turbidez, temperatura, conductividad, sólidos disueltos totales y pH), son iguales entre los tratamientos. Al menos una de la media de los parámetros físicos (turbidez, temperatura, conductividad, sólidos disueltos totales) químicos (pH) y será distinto.
FCALCULADO>FTABLA	Hi		Hi:	

---

Caisachana, 2020

---

VARIANZA	0,21101238
DESVIACIÓN ESTANDAR	0,45936084
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	0,06297215

---



---

#### ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0,1606533	2	0,0803266	0,34505	0,714981	3,8852938
Dentro de los grupos	2,79352	12	0,2327933	57	61	35
Total	2,9541733	14				

---

Caisachana, 2020

Tabla 5 Temperatura

Repeticiones	Tratamiento	Tratamiento	Tratamiento	MEDIA	MEDIANA	MODA
	1	2	3			
	1	17 °c	18 °c			
2	23,3 °c	22,7 °c	22,6 °c	22,8666 °c	22,7 °c	#N/A
3	24,4 °c	24,5 °c	24,4 °c	24,4333 °c	24,4 °c	24,4 °c
4	24,2 °c	23,8 °c	24,2 °c	24,0666 °c	24,2 °c	24,2 °c
5	24,3 °c	24,2 °c	24,3 °c	24,2666 °c	24,3 °c	24,3 °c
Promedio	22,64 °c	22,64 °c	22,5 °c			

Caisachana, 2020

## ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,065333	2	0,032666	0,003586	0,996421	3,885293
Dentro de los grupos	109,304	12	9,108666	328	163	835
Total	109,3693	14				

Caisachana, 2020

FTABLA>FCALCULADO	Ho	X	Ho:	La media de los parámetros físicos y químicos (turbidez, temperatura, conductividad, sólidos disueltos totales y pH), son iguales entre los tratamientos.
FCALCULADO>FTABLA	Hi		Hi:	Al menos una de la media de los parámetros físicos (turbidez, temperatura, conductividad, sólidos disueltos totales) químicos (pH) y será distinto.

Caisachana, 2020

VARIANZA		7,812095238
DESVIACIÓN ESTANDAR		2,795012565
COEFICIENTE VARIACIÓN	DE	0,123709615

Caisachana, 2020

**Tabla 6 Turbidez**

Repeticiones	Tratamiento	Tratamiento	Tratamiento	MEDIA	ME DIANA	MOD A
	1	2	3			
	1	13,6 NTU	252 NTU			
2	14,6 NTU	291 NTU	18 NTU	107,866 667 NTU	18 NTU	#N/A

3	6,08	7,04	5,04	6,05333	6,08	#N/A
	NTU	NTU	NTU	333 NTU	NTU	
4	10,7	8,61	4,74	8,016	8,61	#N/A
	NTU	NTU	NTU	NTU	NTU	
5	5,4N	6,21	3,73	5,11333	5,4	#N/A
	TU	NTU	NTU	333 NTU	NTU	
Promedio	10,07	112,97	50,70			
	NTU	NTU	NTU			

Caisachana, 2020

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	26859,35265	2	13429,67633	1,327247279	0,301482711	3,885293835
Dentro de los grupos	121421,3195	12	10118,44329			
Total	148280,6721	14				

Caisachana, 2020

FTABLA>FCALCULADO	Ho	X	Ho:	La media de los parámetros físicos y químicos (turbidez, temperatura, conductividad, sólidos disueltos totales y pH), son iguales entre los tratamientos.
FCALCULADO>FTABLA	Hi		Hi:	Al menos una de la media de los parámetros físicos (turbidez, temperatura, conductividad, sólidos

disueltos  
químicos (pH) y  
distinto. totales) y será

Caisachana, 2020

VARIANZA	10591,4766
DESVIACIÓN ESTANDAR	102,9149
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	1,77694791

Caisachana, 2020

### Conductividad

CONDUCTIVIDAD						
REPETICIONES	TRATAMIENTO 1 (AGUAS ARRIBA)	TRATAMIENTO 2 (DESCARGAS)	TRATAMIENTO 3 (AGUAS ABAJO)	MEDIA	MEDIANA	MODA
1	17,92	17,48	16,01	17,1366667	17,48	#N/A
2	27	66,3	76,4	56,5666667	66,3	#N/A
3	72,7	29,2	74	58,6333333	72,7	#N/A
4	774	336	757	622,333333	757	#N/A
5	713	308	706	575,666667	706	#N/A
MEDIA	320,924	151,396	325,882			

Caisachana, 2020

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	78621,12205	2	39310,56103	0,46137707	0,64114607	3,885293835
Dentro de los grupos	1022432,107	12	85202,6756			
Total	1101053,229	14				

Caisachana, 2020

FTABLA>FCALCULADO	Ho	X	Ho:	La media de los parámetros físicos y químicos (turbidez, temperatura, conductividad, sólidos disueltos totales y pH), son iguales entre los tratamientos.
FCALCULADO>FTABLA	Hi		Hi:	Al menos una de la media de los parámetros físicos (turbidez, temperatura, conductividad, sólidos disueltos totales) químicos (pH) y será distinto.

Caisachana, 2020

VARIANZA	96305,0849
DESVIACIÓN ESTANDAR	310,330606
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	1,16636117

Caisachana, 2020

**Tabla 7 Sólidos disueltos totales**

SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES						
REPETICIONES	TRATAMIENTO 1 (AGUAS ARRIBA)	TRATAMIENTO 2 (DESCARGAS)	TRATAMIENTO 3 (AGUAS ABAJO)	MEDIA	MEDIA NA	MODA
1	347	151	349	282,333333	347	#N/A
2	353	158	331	280,666667	331	#N/A
3	294	146	342	260,666667	294	#N/A
4	311	151	339	267	311	#N/A
5	336	146	332	271,333333	332	#N/A
MEDIA	328,2	150,4	338,6			

Caisachana, 2020

**ANÁLISIS DE VARIANZA**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	91142,8	2	45571,4	836,968778	1,3003E-13	3,88529383

Dentro de los grupos	653,377778	12	54,4481481
Total	91796,1778	14	

Caisachana, 2020

FTABLA>FCALCULADO	Ho		Ho:	La media de los parámetros físicos y químicos (turbidez, temperatura, conductividad, sólidos disueltos totales y pH), son iguales entre los tratamientos.
FCALCULADO>FTABLA	Hi	X	Hi:	Al menos una de la media de los parámetros físicos (turbidez, temperatura, conductividad, sólidos disueltos totales) químicos (pH) y será distinto.

Caisachana, 2020

VARIANZA	8193,82857
DESVIACIÓN ESTANDAR	90,519769
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	0,33230458

Caisachana, 2020

**Tabla 8 Descripción de los tratamientos a utilizarse**

No.	Tratamientos	Descripción	Cantidad de agua tratada
1	<i>(Lemna minor)</i> + aireación	Se introdujo 31,4 gramos de lenteja de agua ( <i>Lemna minor</i> ) con la ayuda de bombas de agua para agilitar el proceso de fitorremediación por medio de la absorción del material orgánico en suspensión y aireación.	2 L
2	<i>(Lemna minor)</i> + aireación	Se introdujo 44,4 gramos de lenteja de agua ( <i>Lemna minor</i> ) con la ayuda de bombas de agua para agilitar el proceso de fitorremediación por medio de la absorción del material orgánico en suspensión y aireación.	2 L
3	<i>(Lemna minor)</i> + aireación	Se introdujo 62,9 gramos de lenteja de agua ( <i>Lemna minor</i> ) con la ayuda de bombas de agua para agilitar el proceso de fitorremediación por medio de la absorción del material orgánico en suspensión y aireación.	2 L

Tratamientos efectuados por la fitorremediación de aguas residuales de una azucarera.

## 5. Discusión

Dado el tratamiento de las aguas residuales la media del pH inicial es de 7,64 y la media del pH final de 7,65 dado la variación de 0,01pH por lo tanto el tratamiento tuvo un efecto en la variabilidad de los niveles de pH emitiendo mejoras en el agua del Río Chimbo. El sistema ha sido operado como un sistema de tratamiento avanzado por medio de lenteja de agua (*Lemna minor*). Los resultados se refieren solo a dos muestras; en el influente y efluente. La eficacia del tratamiento del sistema fue alta. La eficiencia de eliminación de aguas residuales entre los dos reactores fue similar. Las aguas residuales municipales e industriales mostraron un pH en el influente  $7.2 \pm 0.2$  y en el efluente final alrededor de  $8.0 \pm 0.2$  (Elmaci, 2007). En Nemanwa, los niveles de pH estuvieron dentro del rango luego de la introducción y el establecimiento exitoso del sistema de lenteja de agua (*Lemna minor*). Los niveles de pH han estado dentro de la banda normal con un promedio de 7.5 que es el pH operativo óptimo para un rendimiento óptimo del estanque (J.M. Dalu, 2003).

Previo al tratamiento los TDS poseyeron una media inicial de 282,333 mg/ L, pero al haber realizado el último análisis la media final estuvo en 271,33 mg/L por lo que hubo una reducción de los niveles de TDS, aunque no se encuentra en los límites permisibles debieron ser de 250mg/L. Los niveles de TDS de Gutu han estado por encima del límite para el período del 99 de marzo, del 99 de julio al 99 de diciembre, lo que podría deberse a los productos de la biodegradación de las algas después de la introducción de la lenteja de agua (*Lemna minor*). Los niveles de TDS en Nemanwa estuvieron dentro del límite de la banda normal durante todo el período,

excepto en abril del 99. Los sólidos disueltos totales han estado constantemente dentro de la banda normal con un nivel promedio de 250 mg /L. Sin embargo, la situación se ve mejorada por los largos tiempos de retención que ocurren durante la estación seca cuando las entradas a los estanques son bajas (J.M. Dalu, 2003).

La alta reducción de TDS, TSS y TS se registró en este trabajo y este resultado muestra la eficiencia de la eliminación de sólidos por la planta de prueba (Ugya, 2015).

La lenteja de agua (*Lemna minor*) se desarrolló a temperaturas con la media inicial de 17,33 °c y culminó con la media final de 24,26 °c siendo un clima favorable para efectuar los procesos de fitorremediación. En el presente experimento, el rango de temperatura entre 21.7 °c y 23 °c, que estaba dentro del límite de tolerancia a la temperatura para el crecimiento de la lenteja de agua (*Lemna minor*), quienes encontraron que el límite de tolerancia a la temperatura superior para el crecimiento de la lenteja de agua (*Lemna minor*) era de alrededor de 34 °c (S Iram, 2012).

La conductividad previa al tratamiento fue de 17,13 µs/cm y en el último tratamiento realizado fue de 575,66 µs/cm. La conductividad eléctrica del agua es un indicador útil y fácil de su salinidad o contenido total de sal (Radić, 2011).

Se obtuvo como resultado del primer análisis del agua residual la media de turbidez de 162,533333 NTU, este descendió precipitadamente en su último análisis a 5,11333333 NTU por lo tanto hubo más del 50% de reducción de la turbidez del agua. También se observó alta remoción en la turbidez del efluente de más de 50% (Noemi Ran, 2004). También informaron una alta remoción de turbidez debido a la presencia de la lenteja de agua (*Lemna minor*), está alta remoción de turbidez de

85% de turbidez a un 65% de turbidez, se atribuye a la alta remoción de sólidos (Ugya, 2015).

Las plantas de lenteja de agua (*Lemna minor*) se inocularon en sistemas de aguas residuales tratadas primarias (desde el tanque colector) para el tratamiento acuático durante un período de retención de ocho días en condiciones naturales locales al aire libre. Las muestras se tomaron debajo de la cubierta de lenteja de agua (*Lemna minor*) cada dos días para evaluar la eficiencia de la planta en la purificación de aguas residuales de diferentes contaminantes y para examinar su efecto sobre el fitoplancton y las bacterias (coliformes totales). El total de sólidos suspendidos, la demanda bioquímica de oxígeno, la demanda química de oxígeno, nitrato, amoníaco, orto-fosfato, Cu, Pb, Zn y Cd disminuyeron en: 96.3%, 90.6%, 89.0%, 100%, 82.0%, 64.4%, 100%, en un 100%, 93.6% y 66.7%, respectivamente. El cultivo permanente de fitoplancton disminuyó en un 94.8%. Las bacterias (coliformes totales) disminuyeron en un 99.8%. Los pesos secos y húmedos y el contenido de proteínas aumentaron al aumentar el período de tratamiento (Devaleena Chaudhuri, 2014).

## 6. Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos se determinó que segundo tratamiento es la mejor opción debido a que no incorporó exceso de salinidad al momento de tratarlo en un ambiente cerrado.

El pH en el tratamiento 2 (descargas) tuvo un promedio de 7,15 pH siendo un valor óptimo para la vida de los organismos del agua, mientras que la temperatura de 22,5 °C es apta para el crecimiento de la lenteja de agua (*Lemna minor*) y a su vez el desarrollo para la fitorremediación del agua.

Se aplicó tres tratamientos en los cuales se denoto el cambio de los parámetros físicos (turbidez, temperatura, conductividad, sólidos disueltos totales) y químicos (pH), y que por lo tanto es un valor eficaz que se obtuvo por la fitorremediación con la lenteja de agua (*Lemna minor*) y bombas de aguas que ayudan en la regulación de los parámetros establecidos en los análisis tomados.

## **7. Recomendaciones**

Se sugiere realizar un correcto manejo de las aguas del Río Chimbo debido a que con la aplicación del segundo tratamiento se lo podría remediar y se podría utilizar como una fuente para el uso agrícola.

Se aconseja tomar en cuenta la evaluación de otras variables importantes que pueden perjudicar a la biota de la zona, como la cantidad de metales pesados, DQO y DBO que son variables muy importantes para que la vida se pueda desarrollar.

Socialización a los trabajadores de empresa azucarera para que hagan concientización de las consecuencias irreversible de la contaminación del río Chimbo.

## 8. Bibliografía

Acuerdo Ministerial 068. (2013). Obtenido de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu140688.pdf>

Alba. (2006). Tratamiento avanzado de aguas residuales tratadas. miold VT. Obtenido de <http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM001696.pdf>

Arroyave, M. d. (2004). LA LENTEJA DE AGUA (Lemna minor L.): UNA PLANTA ACUÁTICA PROMISORIA. Obtenido de [https://www.academia.edu/4158322/LA\\_LENTEJA\\_DE\\_AGUA\\_Lemna\\_minor\\_L.\\_UNA\\_PLANTA\\_ACU%C3%81TICA\\_PROMISORIA\\_MAR%C3%8DA\\_DEL\\_PILAR\\_ARROYAVE\\_RESUMEN](https://www.academia.edu/4158322/LA_LENTEJA_DE_AGUA_Lemna_minor_L._UNA_PLANTA_ACU%C3%81TICA_PROMISORIA_MAR%C3%8DA_DEL_PILAR_ARROYAVE_RESUMEN)

Basilea, C. d. (1986). Convenio de Basilea. Obtenido de <http://www.basel.int/Portals/4/Basel%20Convention/docs/text/BaselConventionText-s.pdf>

Bauder, W. A. (2012). Alcalinidad, pH, y Sólidos Disueltos Totales. Obtenido de [http://region8water.colostate.edu/PDFs/we\\_espanol/Alkalinity\\_pH\\_TDS%202012-11-15-SP.pdf](http://region8water.colostate.edu/PDFs/we_espanol/Alkalinity_pH_TDS%202012-11-15-SP.pdf)

Bello. (2016). Caracterización de las aguas residuales de la industria azucarera Tres Valles, en Honduras. Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5748/1/IAD-2016-T042.pdf>

Bernal, Carpena, & Pilar. (2007). Claves de la fitorremediación: fitotecnologías para la recuperación de suelos. Asociación Española de Ecología Terrestre. Obtenido de <http://digital.csic.es/bitstream/10261/16683/1/eco.pdf>

Blazquez, & Montero. (2010). EFECTOS SOBRE LA SALUD DE LA CONTAMINACIÓN DE AGUA Y ALIMENTOS POR VIRUS EMERGENTES HUMANOS. Revista Española de Salud Pública. Obtenido de [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1135-57272005000200012](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57272005000200012)

Bofill, & Clementes. (2005). EFECTOS SOBRE LA SALUD DE LA CONTAMINACIÓN DE AGUA. Rev. Esp. Salud Publica. Obtenido de [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1135-57272005000200012](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57272005000200012)

Caicedo. (2000). Effect of total ammonia nitrogen concentration and pH on growth rates of duckweed (*Spirodela polyrrhiza*). Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135400001287?via%3>

Dihub

Cepis. (2016). "Sección 2. Evaluación y manejo del Riesgo," Manual de Evaluación y Manejo de Sustancias Tóxicas en Aguas Superficiales. 46. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/bvsaca/e/fulltext/seccion2/seccion2.pdf>

Chávez, Jiménez, Espinoza, Rodríguez, & Morales. (2015). Fitorremediación de contaminantes orgánicos. Perú. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/309533639\\_Fitorremediacion\\_de\\_contaminantes\\_organicos](https://www.researchgate.net/publication/309533639_Fitorremediacion_de_contaminantes_organicos)

<file:///C:/Users/isaac/Downloads/FitorremediaciondeCOcorregido.pdf>

Convenio de Basilea. (1986). Convenio de Basilea. Obtenido de <http://www.basel.int/Portals/4/Basel%20Convention/docs/text/BaselConventionText-s.pdf>

Decreto Ejecutivo 650. (2015). Decreto Ejecutivo 650. Obtenido de [http://www.regulacionagua.gob.ec/wp-](http://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/03/Reglamento-a-la-LORHUyA.pdf)

[content/uploads/downloads/2016/03/Reglamento-a-la-LORHUyA.pdf](http://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/03/Reglamento-a-la-LORHUyA.pdf)

Devaleena Chaudhuri, A. M. (2014). Cadmium Removal by Lemna minor and Spirodela. Obtenido de

<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15226514.2013.821446>

Díaz - de los Ríos, E.-S. D. (2016). El manejo de los residuales líquidos de la industria de azúcar y sus derivados en Cuba, en el contexto de las legislaciones ambientales actuales. Redalyc, 63. doi: 0138-6204

Dwivedi, A. K. (2015). Pollution and Environmental Assay Research Laboratory (PEARL), Department of Botany, DDU Gorakhpur University, Gorakhpur-273009, U.P., India. En A. K. Dwivedi. India. doi:10.13140/RG.2.2.12094.08002

ECUADOR, C. D. (2008). CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR 2008. Obtenido de

[http://www.inocar.mil.ec/web/images/lotaip/2015/literal\\_a/base\\_legal/A.\\_Constitucion\\_republica\\_ecuador\\_2008constitucion.pdf](http://www.inocar.mil.ec/web/images/lotaip/2015/literal_a/base_legal/A._Constitucion_republica_ecuador_2008constitucion.pdf)

Ecuador, C. d. (2011, pag 89). CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR 2008. Obtenido de

[https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4\\_ecu\\_const.pdf](https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf)

Elmaci, N. O. (2007). Performance of Duckweed (Lemna minor L.) on different types of wastewater treatment. Obtenido de

[http://jeb.co.in/journal\\_issues/200704\\_apr07/paper\\_30.pdf](http://jeb.co.in/journal_issues/200704_apr07/paper_30.pdf)

Figuroa, B. (2014). Fitorremediación en la recuperación de suelos. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5590911>

Gonzalez. (2011). Monitoreo de la calidad del agua. Obtenido de <http://academic.uprm.edu/gonzalezc/HTMLobj-862/maguaph.pdf>

Health. (2016). Coliform Bacteria and Drinking Water. Question and Answers. Obtenido de <https://www.doh.wa.gov/Portals/1/Documents/Pubs/331-181.pdf>

INEC. (2010). Obtenido de [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Fasciculos\\_Censales/Fasc\\_Cantonales/Guayas/Fasciculo\\_M\\_Mariduen.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Fasciculos_Censales/Fasc_Cantonales/Guayas/Fasciculo_M_Mariduen.pdf)

Iñiguez. (2017). Uso de Leguminosas en fitorremediación. Mexico. Obtenido de [https://www.colpos.mx/wb\\_pdf/Agroproductividad/2017/AGROPRODUCTIVIDAD\\_IV\\_2017.pdf](https://www.colpos.mx/wb_pdf/Agroproductividad/2017/AGROPRODUCTIVIDAD_IV_2017.pdf)

J.M. Dalu, J. N. (2003). Duckweed based wastewater stabilization ponds for wastewater treatment (a low cost technology for small urban areas in Zimbabwe). Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.pce.2003.08.036>

Ley orgánica de recursos hídricos usos y aprovechamiento del agua. (2014). (Ley orgánica de recursos hídricos usos y aprovechamiento del agua. Obtenido de <http://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/03/Ley-Org%C3%A1nica-de-Recursos-H%C3%ADdricos-Usos-y-Aprovechamiento-del-Agua.pdf>

Libro VI Anexo 1. (2015). Libro VI Anexo 1. Obtenido de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf>

Londolt, K. (2005). Tips for Growing Duckweed. Obtenido de <https://www.mobot.org/jwccross/duckweed/growing-duckweed.htm>

Lopez. (2011). [PHYTOREMEDIATION: AN ALTERNATIVE TO ELIMINATE. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/tsa/v14n2/v14n2a2.pdf>

Menendez. (2010). Nuevos materiales y tecnologías para el tratamiento del agua. Obtenido de [https://dspace.unia.es/bitstream/handle/10334/3632/2010\\_TratamientoAgua.pdf](https://dspace.unia.es/bitstream/handle/10334/3632/2010_TratamientoAgua.pdf)

NMX-AA-007-SCFI-2013. (2013). ANÁLISIS DE AGUA – MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS - MÉTODO DE PRUEBA (CANCELA LA NMX-AA-007-SCFI-2000). Obtenido de [http://legismex.mty.itesm.mx/normas/aa/aa007-2014\\_01.pdf](http://legismex.mty.itesm.mx/normas/aa/aa007-2014_01.pdf)

NMX-AA-034-SCFI-2015. (2015). ANÁLISIS DE AGUA - MEDICIÓN DE SÓLIDOS Y SALES DISUELTAS EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS – MÉTODO DE PRUEBA (CANCELA A LA NMX-AA-034-SCFI-2001). Obtenido de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166146/nmx-aa-034-scfi-2015.pdf>

NMX-AA-093-SCFI-2000. (2000). ANÁLISIS DE AGUA - DETERMINACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD ELECTROLÍTICA - MÉTODO DE PRUEBA (CANCELA A LA NMX-AA-093-1984). Obtenido de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166800/NMX-AA-093-SCFI-2000.pdf>

No.061, R. 1. (2015). Reforma 1 del Acuerdo Ministerial No.061. Obtenido de [http://insigma.com.ec/wp-content/uploads/2015/03/23-04-](http://insigma.com.ec/wp-content/uploads/2015/03/23-04-2015_Acuerdo_Ministerial_061-.pdf)

2015\_Acuerdo\_Ministerial\_061-.pdf

Noemi Ran, M. A. (2004). Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135404000910>

NTE INEN - ISO 10523. (2014). CALIDAD DEL AGUA. DETERMINACIÓN DEL PH.

Obtenido de

[file:///C:/Users/isaac/AppData/Local/Packages/microsoft.windowscommunicationsapps\\_8wekyb3d8bbwe/LocalState/Files/S0/3/Attachments/nte\\_inen\\_iso\\_10523\[1614\].pdf](file:///C:/Users/isaac/AppData/Local/Packages/microsoft.windowscommunicationsapps_8wekyb3d8bbwe/LocalState/Files/S0/3/Attachments/nte_inen_iso_10523[1614].pdf)

NTE INEN 2169. (2013). NTE INEN 2169. Obtenido de

<https://sut.trabajo.gob.ec/publico/Normativa%20T%C3%A9cnica%20INEN/NTE%20INEN%202169%20->

[%20AGUA.%20%20CALIDAD%20DEL%20AGUA.%20%20MUESTREO.%20%20MANEJO%20Y%20CONSERVACI%C3%93N%20DE%20MUESTRAS.pdf](https://sut.trabajo.gob.ec/publico/Normativa%20T%C3%A9cnica%20INEN/NTE%20INEN%202169%20-%20AGUA.%20%20CALIDAD%20DEL%20AGUA.%20%20MUESTREO.%20%20MANEJO%20Y%20CONSERVACI%C3%93N%20DE%20MUESTRAS.pdf)

NTE INEN 2176. (2013, pag 9). NTE INEN 2176. Obtenido de

<http://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-2176-AGUA.->

[CALIDAD-DEL-AGUA.-MUESTREO.-T%C3%89CNICAS-DE-MUESTREO.pdf](http://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-2176-AGUA.-CALIDAD-DEL-AGUA.-MUESTREO.-T%C3%89CNICAS-DE-MUESTREO.pdf)

NTE INEN ISO 7027. (2013). Obtenido de <https://docplayer.es/48528086-Calidad-de-agua-determinacion-de-turbiedad-idt.html>

Ordenanzas. (2010). Obtenido de

<https://www.gobiernodechambo.gob.ec/chambo/images/RegulaMEcosistemaUH.p>

df

Páliz. (2017). Fitoestabilización. Obtenido de <https://idus.us.es/xmlui/bitstream/handle/11441/64416/Tesis%20dep%C3%B3sito%20K%20Paredes.pdf?sequence=4>

Peña, Sanchez, & Medina. (2015). Bioprospección de plantas nativas para su uso en procesos de biorremediación. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/racefn/v37n145/v37n145a04.pdf>

Ponce, & Mera. (2016). Ecuador. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6174/1/236T0219.pdf>

Radić, S. S.-K. (2011). Duckweed *Lemna minor* as a tool for testing toxicity and genotoxicity of surface waters. Obtenido de <https://sci-hub.tw/https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2010.06.011>

Ríos, D. -d., Eng-Sanchez, Díaz, H., & Acosta, L. (2016). El manejo de los residuales líquidos de la industria de azúcar y sus derivados en Cuba, en el contexto de las legislaciones ambientales actuales. *Redalyc*, 63. doi: 0138-6204

Rojas, F. (2009). Obtenido de <https://web.cortland.edu/matresearch/ANOVA-I.pdf>

Ross. (2017). Review of Epidemiological Studies of Drinking-Water Turbidity in Relation to Acute Gastrointestinal Illness. doi:10.1289

S Iram, I. A.-P. (2012). TREATMENT OF WASTEWATER BY LEMNA MINOR. Obtenido de [http://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/44\(2\)/13.pdf](http://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/44(2)/13.pdf)

Sagasta, & Zadeh. (2017). Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-i7754e.pdf>

Scalize, Arruda. (2014). AVALIAÇÃO DA TURBIDEZ EM AMOSTRAS DE ÁGUA TRATADA COLETADAS NOS MUNICÍPIOS DO ESTADO DE GOIÁS. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/285566252\\_AVALIACAO\\_DA\\_TURBIDE](https://www.researchgate.net/publication/285566252_AVALIACAO_DA_TURBIDE)

Z\_EM\_AMOSTRAS\_DE\_AGUA\_TRATADA\_COLETADAS\_NOS\_MUNICIPIOS\_D  
O\_ESTADO\_DE\_GOIAS

Schwarzenbach, Egli, Hofstetter, Gunten, & Wehrli. (2010). Global Water Pollution. Obtenido de <https://sci-hub.tw/https://doi.org/10.1146/annurev-environ-100809-125342>

Shammout, & Zakaria. (2015). Water lentils (duckweed) in Jordan irrigation ponds as a natural water. Obtenido de <https://sci-hub.tw/https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2015.05.041>

Tulsma. (2014). Tulsma. Obtenido de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112185.pdf>

Ugya, A. Y. (2015). The Efficiency of Lemna minor L. in the Phytoremediation of Romi Stream: A Case Study of Kaduna Refinery and Petrochemical Company Polluted Stream. Obtenido de [https://www.jabonline.in/admin/php/uploads/57\\_pdf.pdf](https://www.jabonline.in/admin/php/uploads/57_pdf.pdf)

Vaca. (2014). EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO SANTA ROSA Y LINEAMIENTOS PARA UN PLAN AMBIENTAL. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/11616/2/TESIS%20DE%20GRADO%20%28CONTENIDO%29.pdf>

Valera. (2016). Caracterización de las aguas residuales de la industria azucarera Tres Valles, en Honduras. bdigital, 32. Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5748/1/IAD-2016-T042.pdf>

Vera. (Julio de 2015). Análisis de los desechos sólidos y líquidos que generan las lavadoras de automóviles y su incidencia en el medio ambiente. Obtenido de

<http://repositorio.unemi.edu.ec/bitstream/123456789/1782/1/An%C3%A1lisis%20de%20los%20desechos%20s%C3%B3lidos%20y%20l%C3%ADquidos%20que%20generan%20las%20lavadoras%20de%20autom%C3%B3viles%20y%20su%20incidencia%20en%20el%20medio%20ambiente%20en%20el%20cant>

Ziegler, S. A. (2015). The uses of duckweed in relation to water remediation.

Obtenido de

[https://www.researchgate.net/publication/315371546\\_The\\_uses\\_of\\_duckweed\\_in\\_relation\\_to\\_water\\_remediation](https://www.researchgate.net/publication/315371546_The_uses_of_duckweed_in_relation_to_water_remediation)

Ziegler, Sree, & Appenroth. (2015). The uses of duckweed in relation to water remediation. Obtenido de

[https://www.researchgate.net/publication/315371546\\_The\\_uses\\_of\\_duckweed\\_in\\_relation\\_to\\_water\\_remediation](https://www.researchgate.net/publication/315371546_The_uses_of_duckweed_in_relation_to_water_remediation)

## 9. Anexo

### Anexo 1



**Figuras 7 Toma de muestras aguas arriba**

Caisachana, 2020

**Anexo 2**

**Figuras 8 Toma de muestra de descargas de Caisachana, 2020**

**Anexo 3****Figuras 9 Toma de muestra aguas abajo**

Caisachana, 2020

## Anexo 4



**Figuras 10** Peso de lenteja de agua (*Lemna minor*) en el tratamiento 1 (aguas arriba)  
Caisachana, 2020

## Anexo 5



**Figuras 11** Peso de lenteja de agua (*Lemna minor*) del tratamiento 2 (aguas residuales)  
Caisachana, 2020

## Anexo 6



**Figuras 12** Peso de lenteja de agua ( *Lemna minor*) del tratamiento 3 (aguas abajo)  
Caisachana, 2020

**Anexo 7**

**Figuras 13 Aguas arriba tratamiento 1**  
Caisachana, 2020

**Anexo 8**

**Figuras 14** Descarga de aguas residuales tratamiento 2  
Caisachana, 2020

**Anexo 9**

**Figuras 15 Aguas abajo tratamiento 3**  
Caisachana, 2020

## Anexo 10



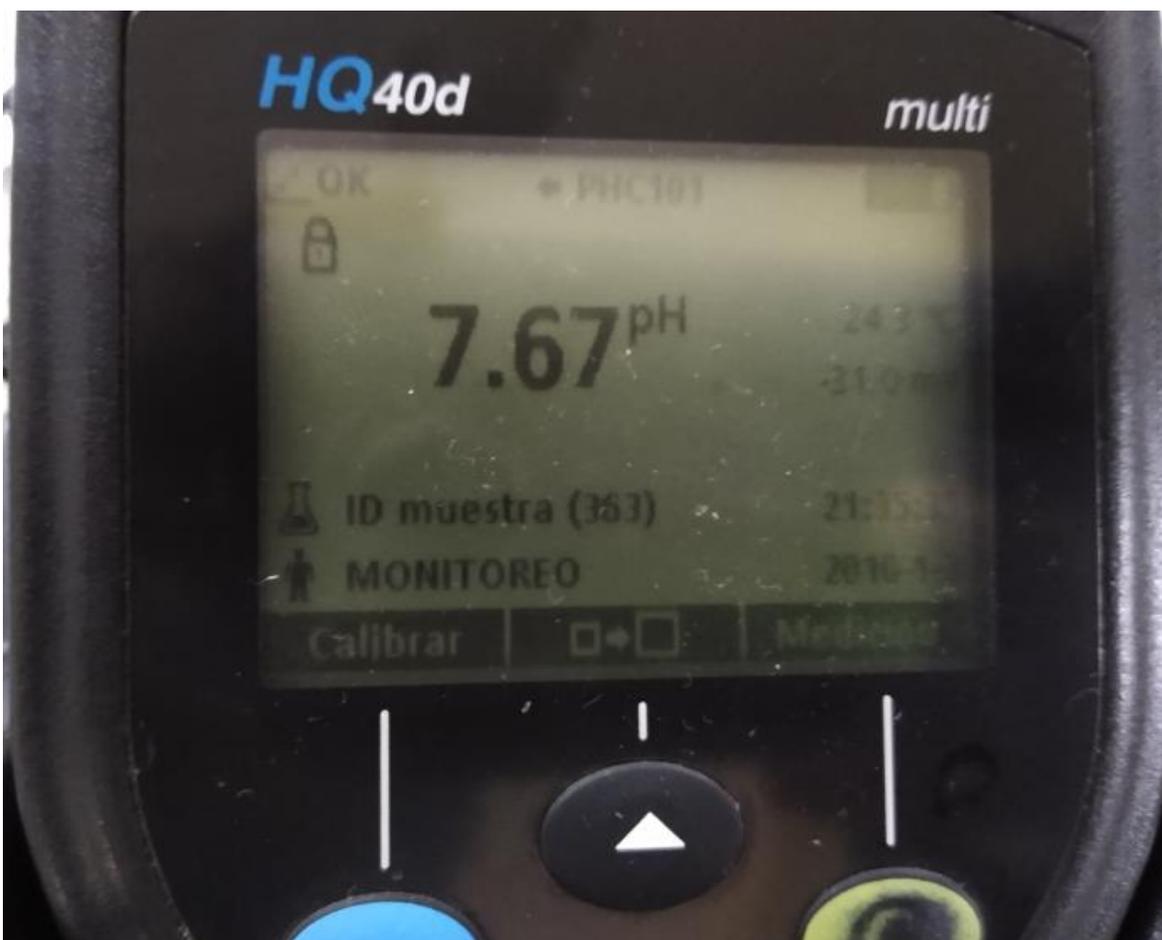
**Figuras 16** Análisis final del pH tratamiento 1  
Caisachana, 2020

## Anexo 11



**Figuras 17 Análisis final del pH tratamiento 2**  
Caisachana, 2020

## Anexo 12



**Figuras 18** Análisis final del pH tratamiento 3  
Caisachana, 2020

**Anexo 13**

**Figuras 19 Análisis de  
SDT del tratamiento 1**

Caisachana, 2020

## Anexo 14



Figuras 20 Análisis de SDT tratamiento 2

Caisachana, 2020

**Anexo 15**

**Figuras 21 Análisis de SDT  
tratamiento 3**

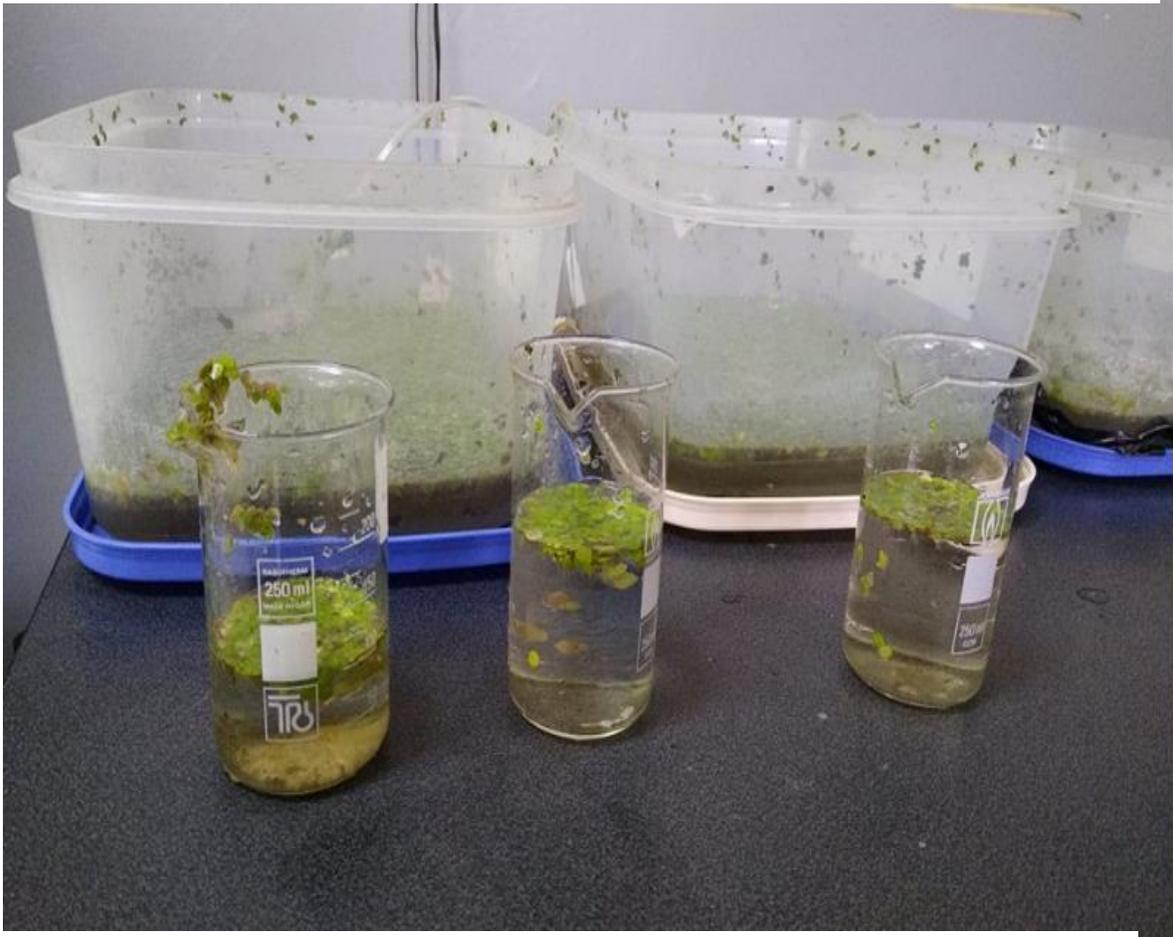
Caisachana, 2020

**Anexo 16**

**Figuras 22 Toma de muestras para análisis**  
Caisachana, 2020



**Figuras 23 Análisis físico y químico**  
Caisachana, 2020

**Anexo 17**

**Figuras 24 Aguas fitorremediadas**  
Caisachana, 2020

## Anexo 18



**Figuras 25** Río Chimbo, Cantón Marcelino Maridueña  
Caisachana, 2020

**Tabla 9 Taxonomía**

Lemna minor	
<b>Reino:</b>	Plantae
<b>División:</b>	Fanerógama Magnoliophyta
<b>Clase:</b>	Liliopsida
<b>Orden:</b>	Alismatales
<b>Familia:</b>	Araceae
<b>Subfamilia:</b>	Lemnoideae
<b>Tribu:</b>	Lemneae
<b>Género:</b>	Lemna L.

Azer, 2013

**Tabla 10 Uso de software para la fitorremediación.**

Software	
<i>Excel</i>	<i>Power Point</i>
<i>Word</i>	

Caisachana, 2020

**Tabla 11 Materiales de laboratorio para análisis.**

<b>MATERIALES DE LABORATORIO</b>	
pHmetro	Matraz
Vaso de precipitación	Agitador
Filtros estériles	Medidor multiparámetro
Caisachana, 2020	

**Tabla 12 Tecnología.**

<b>Tecnología</b>	
Pendrive	Laptop
Impresora	GPS
Caisachana 2020	