



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
NICARAGUA,  
MANAGUA  
UNAN-MANAGUA

Facultad Regional Multidisciplinaria de Chontales  
Recinto Universitario "Cornelio Silva Arguello"  
FAREM-CHONTALES

**"2020: Año de la Educación con Calidad y Pertinencia"**

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS, TECNOLOGIA Y SALUD

**Monografía para optar al Título de Ingeniero Ambiental**

**Tema:** Evaluación del potencial fitorremediador de las especies: lechuguilla de agua (*Pistia stratiotes*), lenteja de agua (*Lemna minor*) y pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) en aguas residuales provenientes de un pequeño restaurante ubicado en el recinto universitario de la UNAN-Managua FAREM Chontales.

**Elaborado por:**

- **Br. Cruz Serrano Lennon Stefano**
- **Br. Reyes Rudy Danjanys**
- **Br. Valle Moreno Nathaly Sarahì**

**Tutor:**

**MSc. Indiana Ramona Montoya Dompé**

*¡A la libertad por la Universidad!*



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
NICARAGUA,  
MANAGUA  
UNAN-MANAGUA

Facultad Regional Multidisciplinaria de Chontales  
Recinto Universitario "Cornelio Silva Arguello"  
FAREM-CHONTALES

**"2019: Año de la Reconciliación"**

### **CARTA AVAL**

Por este medio hago del conocimiento al Consejo de Dirección de Departamento Docente, según el artículo 24, del Reglamento de Régimen Académico Estudiantil Modalidades de Graduación, la entrega de manera formal de carta aval de **"Aprobación de Protocolo"**, donde los estudiantes: Cruz Serrano Lennon Stefano, Reyes Rudy Danjanys y Valle Moreno Nathaly Sarahi, cumplen con la estructura establecida y revisada con forme el artículo 34 del reglamento.

El cual he dado asesoría para la elaboración del mismo, guiándolo, dándole sus respectivas revisiones, y sin lugar a duda han cumplido con las mejoras y correcciones pertinentes de manera que considero reúne la calidad Técnica y Científica, por lo tanto queda aprobado el protocolo para su ejecución en vista que fue respectivamente examinado:

Tema: Evaluación del potencial fitorremediador de las especies Vetiver (Chrysopogon zizaniodes) Lagrimas de San Pedro (Coix lachryma -jobi) por medio de análisis físico químicos y biológicos en aguas residuales provenientes de un pequeño restaurante ubicado en el recinto universitario de la UNAN-FAREM-Chontales.

Dado en la ciudad de Juigalpa a los **18** días del mes de diciembre días del año **2019**.

Agradeciéndoles su amable atención se suscribe,

MSc. Indiana Ramona Montoya Dompé  
TUTOR

cc. archivo//

***¡A la libertad por la Universidad!***

## RESUMEN.

El presente trabajo de investigación de tipo cuasi-experimental es una evaluación de plantas con propiedades fitorremediadoras para reducir la contaminación en aguas residuales provenientes de un pequeño restaurante ubicado en el recinto universitario “Cornelio Silva Arguello”. estas aguas residuales son desechadas sin ningún tipo de tratamiento al efluente natural que circula a escasos metros del establecimiento, causando afectaciones al medio físico y ecológico de este medio receptor e indirectamente a la salud de las personas debido a la poca distancia entre el pequeño restaurante y el cauce natural que generan malos olores.

Con la valoración de 3 plantas: *Pistia Stratiotes* (Lechuguilla de agua), *Lemna Minor* (Lenteja de Agua), *Chrysopogon zizanioides* (Pasto Vetiver) aplicadas al agua residual en estudio de forma ex-situ en recipientes que contenían piedrín, arena y 25 litros de agua captadas del pequeño restaurante, en los cuales se colocaron 10 plantas por cada tratamiento.

Los resultados finales de las muestras de análisis indican que los 3 tratamientos aplicados en el experimento dieron los resultados esperados en la hipótesis de investigación. En los cuales se pudo observar disminución de parámetros que se encontraban por encima de los rangos permisibles en las aguas residuales según leyes nacionales e internacionales.

Por medio de análisis realizados antes y después de la intervención, se logró obtener aguas más aptas para el vertimiento en los cuerpos de aguas, estos resultados podrán interpretarse para dar pautas para posibles tratamientos alternativos que puedan hacerse no solo en pequeños restaurantes si no también en empresas y hogares.

# Índice

Capítulo I.....	10
<b>I. Introducción .....</b>	<b>10</b>
<b>II. Planteamiento del problema .....</b>	<b>12</b>
<b>III. Justificación .....</b>	<b>14</b>
<b>IV. Objetivos de Investigación .....</b>	<b>15</b>
<b>4.1. Objetivo general .....</b>	<b>15</b>
<b>4.2. Objetivos específicos .....</b>	<b>15</b>
Capitulo II.....	16
<b>V. Antecedentes .....</b>	<b>16</b>
<b>VI. Marco teórico.....</b>	<b>18</b>
<b>6.1 El agua.....</b>	<b>18</b>
<b>6.2 Importancia del agua .....</b>	<b>18</b>
<b>6.3 Calidad del agua.....</b>	<b>18</b>
<b>6.4 Uso del agua.....</b>	<b>19</b>
6.4.1 Consuntivos.....	19
6.4.2 Usos no consuntivos .....	20
<b>6.5 Contaminación del agua.....</b>	<b>21</b>
<b>6.6 Tipos de contaminación de agua.....</b>	<b>21</b>
6.6.1 Derrame de petróleo.....	21
6.6.2 La contaminación de aguas superficiales .....	21
6.6.3 Absorbentes de oxígeno .....	21
6.6.4 Contaminación del agua subterránea .....	22
6.6.5 Contaminación microbiológica .....	22
6.6.6 Materia suspendida .....	22
6.6.8 Contaminación por nutrientes .....	22
<b>6.7 Aguas residuales.....</b>	<b>23</b>
<b>6.8 Tipos de aguas residuales .....</b>	<b>23</b>
6.8.1 Agua residual domesticas o negras. ....	23
6.8.2 Aguas Blancas. ....	23
6.8.3 Aguas Industriales. ....	24
<b>6.9 Evaluación de aguas residuales.....</b>	<b>25</b>
<b>6.10 Parámetros para evaluar aguas.....</b>	<b>26</b>
<b>6.11 Características Físicas. ....</b>	<b>26</b>
6.11.1 Turbiedad .....	26
6.11.2 Sólidos en suspensión. ....	26

6.11.3 Color.....	27
6.11.4 Olor.....	27
6.11.5 Temperatura.....	27
<b>6.12 Características Químicas.....</b>	<b>28</b>
6.12.1 Materia Orgánica.....	28
6.12.2 Potencial de Hidrogeno (pH).....	28
6.12.3 Oxígeno disuelto.....	28
6.12.5 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5).....	29
6.12.6 Aceites y grasas.....	29
<b>6.13 Características Biológicas.....</b>	<b>29</b>
6.13.1 Coliformes fecales.....	29
6.13.2 Bacterias y virus.....	30
<b>6.14 Efectos de la contaminación en la salud y el ambiente.....</b>	<b>30</b>
<b>6.15 Eutrofización de cuerpos de agua.....</b>	<b>30</b>
<b>6.16 Daño a la salud.....</b>	<b>31</b>
<b>6.17 Tipos de tratamiento para aguas residuales.....</b>	<b>31</b>
6.17.1 Tratamiento preliminar:.....	32
6.17.2 Tratamiento primario:.....	33
6.17.3 Tratamiento secundario:.....	34
6.17.4 Tratamiento avanzado o terciario:.....	34
J. Manejo de lodos:.....	36
<b>6.18 Fitorremediación como alternativa de descontaminación de aguas residuales domésticas.....</b>	<b>36</b>
<b>6.21 Ventajas y Desventajas de la fitorremediación.....</b>	<b>39</b>
<b>6.22 Función de las plantas en los sistemas de fitorremediación.....</b>	<b>39</b>
<b>6.23 Criterios para la selección de plantas fitorremediadoras.....</b>	<b>40</b>
<b>6.24 Descripción de las especies vegetales utilizadas en este estudio.....</b>	<b>40</b>
6.24.1 Lechuguilla de agua ( <i>Pistia stratiotes</i> ).....	41
6.24.2 Lenteja de agua ( <i>Lemna minor</i> ).....	42
6.24.3 Pasto Vetiver ( <i>Chrysopogon zizanioides</i> ).....	43
<b>6.25 Desarrollo de las plantas.....</b>	<b>44</b>
<b>6.26 Estrés vegetal.....</b>	<b>44</b>
<b>6.27 Mortalidad vegetal.....</b>	<b>45</b>
<b>VII. Marco Legal.....</b>	<b>46</b>
7.1 Constitución política de Nicaragua.....	46
7.2 Ley General Del Medio Ambiente Y Los Recursos Naturales (217).....	46

7.2.1 Disposiciones Generales. ....	46
7.2.2 Del Sistema Nacional de Información Ambiental .....	48
<b>7.3 De las Aguas.....</b>	<b>48</b>
<b>7.4 Disposiciones para el control de la contaminación provenientes de las descargas de aguas residuales domésticas, industriales y agropecuarias .....</b>	<b>51</b>
<b>7.5 Norma regional CAPRE.....</b>	<b>52</b>
<b>7.6 Valores permisibles en aguas .....</b>	<b>52</b>
<b>VIII. Hipótesis.....</b>	<b>53</b>
<b>8.1 Hipótesis de investigación: .....</b>	<b>53</b>
<b>8.2 Hipótesis alternativa:.....</b>	<b>53</b>
<b>8.3 Hipótesis nula: .....</b>	<b>53</b>
<b>Capítulo III.....</b>	<b>54</b>
<b>IX. Diseño metodológico.....</b>	<b>54</b>
<b>9.1 Área de estudio .....</b>	<b>54</b>
<b>9.2 Tipo de investigación .....</b>	<b>54</b>
<b>9.3 Diseño del experimento.....</b>	<b>55</b>
<b>Tratamientos a evaluar.....</b>	<b>55</b>
9.3.1 Modelo estadístico.....	55
9.3.3 Variables a evaluar. ....	55
<b>9.4 Procesamiento de los datos.....</b>	<b>56</b>
<b>9.5. Procedimientos para el montaje del experimento.....</b>	<b>56</b>
a) Selección de las plantas. ....	56
b) Obtención de plantas. ....	56
c) Fase de adaptación de las plantas .....	57
<b>9.6 Tiempo de retención hidráulico (TTH).....</b>	<b>57</b>
<b>9.7 Recolección de muestras de aguas residuales .....</b>	<b>57</b>
<b>9.8 Análisis de aguas residuales .....</b>	<b>57</b>
<b>9.9 Método de análisis por muestra.....</b>	<b>58</b>
9.9.1 Parámetros .....	58
<b>9.10 Dimensiones del ensayo. ....</b>	<b>59</b>
9.10.1 Montaje del ensayo: .....	59
<b>Capítulo IV. ....</b>	<b>60</b>
<b>X. Análisis y discusión de resultados .....</b>	<b>60</b>
<b>10.1 Resultados de análisis iniciales (PRE y POST TEST). ....</b>	<b>61</b>
<b>10.2 Análisis de T Student. ....</b>	<b>63</b>
<b>10.3 Comparación de las plantas en su efectividad de descontaminación. ....</b>	<b>67</b>

.....	68
.....	68
<b>10.4 Adaptación de las plantas.....</b>	<b>68</b>
<b>10.5 Lagunaje como propuesta para reducir la contaminación de un restaurante en la UNAN FAREM Chontales. ....</b>	<b>72</b>
<b><math>S = \pi D^2 / 4</math>.....</b>	<b>72</b>
<b>La implementación de estos tipos de tratamientos conllevaría a la eliminación de olores de estas aguas residuales.....</b>	<b>73</b>
<b>10.6 Costos de ejecución de los tratamientos.....</b>	<b>73</b>
<b>Capítulo V.....</b>	<b>75</b>
<b>XI Conclusiones.....</b>	<b>75</b>
<b>XI. Recomendaciones.....</b>	<b>76</b>
<b>XIII. Referencias y bibliografía.....</b>	<b>77</b>
<b>XIV Anexos.....</b>	<b>83</b>

### Índice de tablas.

Tabla 1. Tipos de fitorremediación y contaminantes que tratan .....	37
Tabla 2: variables a evaluar.....	55
Tabla 3 Resultados post test para cada tratamiento .....	63
Tabla 4 T Student para T1=(PA).....	64
Tabla 5 T student para T2=(LA) .....	65
Tabla 6 T student para T3=(CA). .....	66
Tabla 7 Remociones por tratamiento y remociones totales.....	67
Tabla 8 Costos de ejecución de los tratamientos de fitorremediación. ....	73
Tabla 9 Resultados de costos por tratamiento. ....	74

### Índice de gráficos.

Gráfico 1 Resultados iniciales de las aguas crudas antes del tratamiento .....	62
Gráfico 2 T= Pistia stratiotes + agua residual (PA) .....	63
Gráfico 3 T2= Lemna minnor + agua residual (LA).....	65
Gráfico 4 T3= Chrysopogon zizanioides + agua residual (CA).....	66
Gráfico 5 Comparación de los rangos de descontaminación. ....	68
Gráfico 6 Reproducción de las plantas .....	69
Grafico 7 <i>Desarrollo de las raíces.</i> ....	70
Grafico 8 Mortalidad de las especies.....	71
Gráfico 9 Estrés en los tratamientos.....	71
Gráfico 10 Desarrollo de hojas nuevas de los tratamientos. ....	71
Gráfico 11 Sección transversal .....	72
Gráfico 12 Diseño. ....	73

## Índice de imágenes.

Imágenes 1 Reproducción de (PA).....	69
Imágenes 2 Desarrollo de raíces de (CA) .....	70
Imágenes 3 Mortalidad de la especie (LA).....	71
Imágenes 4 Estrés de la especie (PA).....	71
Imágenes 5 Hojas nuevas en la especie (CA) .....	71
Imágenes 6 Tipos de fitorremediación .....	83
Imágenes 7 Parámetros bacteriológicos.....	84
Imágenes 8 Parámetros Organolépticos.....	84
Imágenes 9 Parámetros físico- químicos .....	84
Imágenes 10 Diferencia entre modelo experimental y Cuasi experimental .....	85
Imágenes 11 Modelo de espureidad .....	85
Imágenes 12 Resultados de análisis iniciales del laboratorio biotecnología .....	86
Imágenes 13 Resultados de análisis coliformes termotolerantes .....	86
Imágenes 14 Rangos de conductividad eléctrica .....	87
Imágenes 15 Resultados pos test del laboratorio de biotecnología.....	87
Imágenes 16 Resultados de los coliformes termotolerantes.....	89
Imágenes 17 Recolección de las plantas.....	90
Imágenes 18 Pre test.....	90
Imágenes 19 Recolección de agua y traslado exsitu .....	90
Imágenes 20 Montaje del experimento.....	91
Imágenes 21 Retiro de las primeras 10 plantas, estabilización del pH.....	91
Imágenes 22 Desmontaje del experimento .....	91
Imágenes 23 Análisis .....	92
Imágenes 24 Observaciones .....	92
Imágenes 25 Sondas para medición de parámetros .....	92
Imágenes 26 Disoluciones para análisis de coliformes termotolerantes .....	92





## Capítulo I

### I. Introducción

Uno de los factores principales de crisis urbana de nuestros días tiene que ver con la disposición de agua para la vida diaria en las viviendas, comercios, servicios e industrias. Obtener nuevas fuentes de agua se va haciendo cada día más difícil, dado que la población crece y demanda este recurso en las ciudades y en el campo.

Así, poca o mucha el agua se utiliza, y contaminada o no, se envía al drenaje en donde se mezclan diversas calidades de este líquido, para terminar, reincorporándose generalmente sin ningún tratamiento a algún cauce natural. (Lahera, 2010)

Este tipo de acciones producen alteraciones en los recursos hídricos causando grandes impactos y contaminando el medio ambiente. “La contaminación es el cambio de la naturaleza de un recurso o de las condiciones en las cuales se desarrolla la existencia de las relaciones al interior de un ecosistema. Ese cambio, por otro lado, tiene efectos negativos y representa el punto de partida de daños ambientales y conflictos sociales que hablan de aumento en el acceso a los recursos y en la disponibilidad de los mismos. La contaminación junto a los procesos que generan reducción de cauces de agua, son las dos formas en las cuales se genera una verdadera destrucción del recurso hídrico utilizable por los seres humanos.” (Boelens, 2011)

De acuerdo al Banco Mundial, más de 300 millones de habitantes de ciudades en Latinoamérica producen 225,000 toneladas de residuos sólidos cada día. Sin embargo, menos del 5% de las aguas de alcantarillado de las ciudades reciben tratamiento. Con la ausencia de tratamiento, las aguas negras son por lo general vertidas en aguas superficiales, creando un riesgo obvio para la salud humana, la ecología y los animales.

En Latinoamérica, muchas corrientes son receptoras de descargas directas de residuos domésticos e industriales. En la actualidad se invierte en crear nuevas infraestructuras, tecnologías, más comercio, aumentando los efectos negativos en el medio ambiente dado que las concentraciones de residuos vertidos sin ningún tratamiento en las aguas son mayores.

El tratamiento de aguas residuales son procesos necesarios para la prevención de la contaminación ambiental. del agua y la protección de la salud pública. Cada región tiene sus propias necesidades correspondientes a métodos de tratamiento particulares, existen

varias opciones desde las más tradicionales, hasta las más modernas técnicas de tratamiento se encuentran disponibles para diseñar plantas de tratamiento de aguas residuales que estén conforme a las necesidades locales o puntuales. Para ello se hace necesario hacer un diagnóstico del nivel óptimo de tratamiento requerido, al igual que una evaluación de los métodos de tratamiento están disponibles en concordancia al contexto, tipo de agua residual y del presupuesto que tenga el afectado.

En aquellas áreas donde no es factible construir plantas convencionales de tratamiento de aguas residuales, podrían emplearse muchas otras opciones de tratamiento: físicos, químicos y naturales. El manejo efectivo de aguas residuales sin importar el tratamiento escogido, debe dar como resultado un efluente ya sea reciclado o reusable, o uno que pueda ser descargado de manera segura en el medio ambiente (Reynolds, 2001).

Uno de los métodos que actualmente se están experimentando a nivel mundial, para dar respuestas factibles a sitios pequeños es la fitorremediación, esta constituye una alternativa eficaz y económica para realizar procesos de descontaminación, consiste en la aplicación de plantas que poseen propiedades para absorber contaminantes (metales pesados y compuestos orgánicos), acumulan estas sustancias en sus órganos vegetales y tejidos sin causar deterioro en los suelos y aguas en los que son aplicados, disminuyendo la contaminación que ya no llegarán a afectar al ser humano y resto de organismo vivos. (Betancurt, 2005)

En este estudio se pretende evaluar si las plantas Lechuguilla de agua (*Pistia stratiotes*), Lenteja de agua (*Lemna minor*) y Pasto Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) pueden disminuir la carga orgánico contaminante proveniente de la actividad de un pequeño restaurante, ya que en la actualidad este representa una carga contaminante dentro del recinto universitario de la facultad. La implementación de este tratamiento aplicado en un pequeño restaurante se puede ampliar para la aplicación en otros espacios comerciales que no tienen acceso a la red de alcantarillado sanitario y puede representar una solución factible y económica para reducir la contaminación producida por aguas residuales.

## II. Planteamiento del problema

La ciudad de Juigalpa, ubicada en el centro del país, a lo largo de la historia ha tenido ciertos problemas con el suministro de agua potable. En los años 40 y 50, la población se abastecía de las aguas superficiales o de pozos. La ciudad fue aumentando su densidad poblacional y así mismo los requerimientos del servicio, ya en los años 90 se comenzó a sentir la carencia de este vital líquido, pues el agua suministrada no era suficiente; en primera instancia por la cantidad y por la calidad, ya que el agua de los pozos estaba contaminada por coliformes fecales, producto de la letrificación de toda la ciudad, haciendo inservible el agua para el consumo humano.

El municipio de Juigalpa, Chontales, desde diciembre del 2008 se abastece de agua potable gracias a un proyecto financiado por el gobierno de Corea del Sur, la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (Enacal) y el gobierno central. Cada día almacena 1200 metros cúbicos de agua potabilizada para 100,000 habitantes (Cuarezma, 2015). De este proyecto, surge un problema, la mayor parte de las personas siguen usando letrinas y/o sumideros, así como el vertimiento de aguas residuales las cuales son generadas en las labores diarias que se llevan a cabo en las actividades domésticas, urbanas.

Wilmer Guevara, responsable de epidemiología del Ministerio de Salud de Juigalpa, manifestó que, al no haber tuberías de aguas negras en la ciudad, genera enfermedades diarreicas, respiratorias y la proliferación de mosquitos al ser desechadas en los cuerpos de aguas provocan afectaciones a la salud humana y daños al medio ambiente. (Diario, 2011)

Posteriormente para el año 2017 se aprueba el proyecto de alcantarillado sanitario que ayudará a paliar los efectos de la contaminación, con una población que ha crecido considerablemente, y con ello los problemas de las aguas residuales. La magna obra mejorará la calidad de vida de sus habitantes porque habrá más higiene, se eliminarán las letrinas y sumideros que contaminan a todo el casco urbano.

El recinto universitario es un factor de contaminación a la quebrada que circula a escasos metros del recinto, al ser depositada el agua residual provenientes de los pequeños restaurantes al efluente natural provoca en ciertas horas del día la emisión de olores no agradables para los consumidores, el cual podría convertirse en el causante de ciertas

enfermedades y la contaminación a nivel ambiental por la emisión de gases de efecto invernadero, por las grandes cantidades de desechos que recibe debido a que muchas casas cercanas al afluente, vierten las aguas residuales sin ningún tipo de tratamiento en todo el trayecto hacia su desembocadura por los distintos barrios por donde circula..

Si bien es cierto que se hará la construcción de la planta de tratamiento para aguas residuales, la universidad y cierta población aledaña no están incluidas en la primera etapa, debido a problemas topográficos es por ello que se considera importante la innovación con tratamientos alternativos y amigables con el ambiente.

La universidad aporta en gran parte a esa contaminación, no solo por lo pequeños restaurantes, sino también muchas de las actividades que se realizan provocan desechos que se vierten hacia el afluente, es importante tomar medidas para este tipo de impactos ya que la universidad desde el año 2015 promueve un proyecto de Universidad saludable, el cual se trata de promover el respeto al medio ambiente y fomentar en cada persona la responsabilidad social e impulsar la alimentación saludable.

Este tratamiento piloto serviría como propuesta para la planificación de sistemas ambientales que se incorporen dentro de la gestión del proyecto universidad saludable que tomaría medidas para reducir la contaminación del afluente.

Al comprobar la eficiencia de este tipo de tratamientos se puedan aplicar a escala verdadera se estarían dando grandes pasos para contribuir al cuidado del medio ambiente y resaltar el año de la gestión con calidad desde el año 2015.

### III. Justificación

El incremento en la generación de aguas residuales les ha obligado a la ingeniería a buscar, encontrar y aplicar alternativas de tratamientos de depuración eficientes, autónomas y económicamente viable. Entre las soluciones más atractivas se encuentran los tratamientos que emulan los fenómenos que ocurren espontáneamente en la naturaleza.

Estos sistemas se denominan tratamientos naturales de aguas residuales y cada día es más frecuente el uso de lagunajes, de sistemas de infiltración, de humedales artificiales y otra variedad de sistemas de tratamientos a menor escala que producen efluentes de buena calidad, al mismo tiempo que presentan bajos costos de inversión, operación y mantenimiento y no requiere personal altamente capacitado.

Se ha demostrado que el uso de este sistema de tratamientos es efectivo en la reducción de la materia orgánica, para transformar y asimilar nutrientes y retienen y/o eliminan sustancias tóxicas que de otra materia serían vertidas sin tratamiento alguno al medio ambiente (Hans, 2003)

Con esta investigación se busca brindar una solución al vertimiento de aguas residuales que realizan los pequeños restaurantes ubicadas en el recinto universitario Farem Chontales con la implementación de un sistema donde se utilizaran plantas de fácil adquisición y un manejo que no requiere experiencia profesional

Esta investigación servirá como base para que el tratamiento de fitorremediación pueda ser aplicados en la depuración de aguas residuales a mayores escalas, por la fácil disponibilidad de las plantas y porque contribuyen a mejorar el medio ambiente de una forma natural.

Con la eficiencia del experimento se puede plantear o proponer la creación de métodos de depuración de las aguas en la ciudad de Juigalpa en empresas, micro empresas o recintos en donde se elaboren alimentos para el consumo humano y que por ende produzcan aguas residuales.

En Juigalpa se está implementando un proyecto sanitario de aguas negras, el cual aún no culmina y una vez finalizado, no todos los hogares contarán con conexión ya que el crecimiento poblacional de la ciudad de Juigalpa se va haciendo notar en todos los

extremos de las salidas a comunidades o municipios. Con esta investigación se tomarían pautas para realizar tratamientos naturales en viviendas que no lograrán el beneficio del tratamiento sanitario de aguas negras municipales, mientras avanzan más proyectos que los abarquen.

## IV. Objetivos de Investigación

### 4.1. Objetivo general

- Evaluar la eficiencia que tienen las plantas **Lechuguilla** de agua (*Pistia stratiotes*) **Lenteja de agua** (*Lemna minor*), **Pasto vetiver** (*Chrysopogon zizanioides*) en la depuración de aguas residuales domésticas, por medio de análisis físico-químicos y biológicos.

### 4.2. Objetivos específicos

- Analizar los parámetros físico químicos (pH, DBO, DQO, Temperatura, Conductividad, Aceites y Grasas) y biológicos (coliformes termotolerantes) en las aguas residuales domésticas de un pequeño restaurante.
- Determinar el comportamiento de las especies Lechuguilla de agua (*Pistia stratiotes*) Lenteja de agua (*Lemna minor*), Pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) en aguas residuales domésticas.
- Comparar cuál de las tres especies de plantas tiene más eficiencia al reducir los niveles de contaminación en las aguas residuales domésticas.
- Estimar el costo de ejecución de los tratamientos aplicados.
- Proponer un sistema fitorremediador de aguas residuales.

## Capítulo II

### V. Antecedentes

El término fitorremediación hace referencia a una serie de tecnologías que se basan en el uso de plantas para limpiar o restaurar ambientes contaminados, como aguas, suelos, e incluso aire. según (Meas, 2004) expresa que: es un término relativamente nuevo, acuñado en 1991. Se compone de dos palabras, fito, ta, que en griego significa planta o vegetal, y remediar (del latín *remediare*), que significa poner remedio al daño, o corregir o enmendar algo.

“Fitorremediación significa remediar un daño por medio de plantas o vegetales. De manera más completa, la fitorremediación puede definirse como una tecnología sustentable que se basa en el uso de plantas para reducir in situ la concentración o peligrosidad de contaminantes orgánicos e inorgánicos de suelos, sedimentos, agua, y aire, a partir de procesos bioquímicos realizados por las plantas y microorganismos asociados a su sistema de raíz que conducen a la reducción, mineralización, degradación, volatilización y estabilización de los diversos tipos de contaminantes” (Núñez López, Meas Vong, & et al., 2004).

En México, se realizó un estudio en donde se evaluó la capacidad de Lechuguilla de agua (*Pistia Stratiotes*) en la remoción de nutrientes por medio de fitorremediación en un río contaminado en diferentes épocas del año, producto de la actividad de refinería, en los resultados obtenidos indica que *Pistia Stratiotes* fue capaz de consumir nutrientes a una tasa rápida, manejando el sistema por lotes en todas las épocas del año, al día 10 de tratamiento, el porcentaje de remoción de ambos N-  $\text{NH}_4^+$  y P- $\text{PO}_4^{3-}$  es superior al 90%.

Los valores de fosfato y nitrógeno amoniacal en el río Sordo durante las épocas elevadas y los nitratos en inviernos, superan el límite recomendado por la USEPA para ríos al final del tratamiento con lagunas de *P. Stratiotes*, los valores de dichos parámetros disminuyeron debajo del valor recomendado, lo que indica que el tratamiento fue eficaz. (Pliego, 2013)

En Ecuador, se realizó una investigación para probar el uso de especies vegetales (*Lemna Minor*) Lenteja de Agua en aguas residuales producto de la actividad minera, se estableció la capacidad de absorción de la planta vegetal, así como identificar el cambio en los



parámetros DBO y DQO en el agua, teniendo como resultado del tratamiento una pérdida de 1 litro de agua por evaporación durante los 15 días de los 10 litros que se colocó inicialmente. Al inicio se tenía una concentración de 1,2 ppm de Hg y al final del experimento se obtuvo una concentración de 0.366 ppm, debido a que se utilizó una sal de mercurio en el experimento y esta tuvo una disociación quedando el mercurio en forma iónica  $Hg^{+2}$ .

Como resultados la (*Lemna Minor*) Lenteja de Agua, presento un proceso de clorosis, el porcentaje de absorción que presento la planta fue una variación de 24-26%, según los resultados obtenidos en el tratamiento fueron altamente significativos (Flores Campoverde & Jaramillo Jumbo, 2012).

otro experimento realizado en Perú utilizó el Vetiver para el tratamiento de aguas residuales domésticas, evaluando parámetros dentro valores permisibles para ser vertidos a un cuerpo de agua y se obtuvo como resultados.

En cuanto al porcentaje de remoción de estos parámetros fueron los siguientes: 99,53% (turbidez), 95,51%(SST), 83,89% (DBO5), 72,97%(DQO) 88.89%, Aceites y grasas, 99.99%(Coliformes Termotolerantes), encontrándose diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), por lo que, al comparar estos resultados con los Límites Permisibles de efluentes para vertidos a cuerpos de agua, los valores están, por debajo de los establecidos por las normativas del país. Concluyendo que el sistema humedal artificial con la especie vetiver (*Chrysopogon Zizanioides*) es eficiente para el tratamiento de aguas residuales domésticas. (Celso & Rojas, 2018)

## VI. Marco teórico

### 6.1 El agua.

El agua es uno de los recursos más preciados de que dispone la vida en nuestro planeta. Es un recurso esencial, limitado y en peligro, cuya disponibilidad se hace cada vez más crítica llevando a conflictos geopolíticos o cambios en políticas internas de producción y comercio en muchos países. Un aspecto importante de la atención que se le debe prestar al recurso lo representa la cuantificación de sus reservas y del uso, abuso y contaminación de las mismas como resultado de las actividades humanas (Puig, 2012).

### 6.2 Importancia del agua

La disponibilidad de agua es de suma importancia para la vida y el desenvolvimiento económico de cualquier región del mundo. Los recursos disponibles deben repartirse entre numerosos usuarios además de tener en cuenta las necesidades del medio ambiente. Durante muchos años, todos los recursos eran considerados disponibles para cualquier uso antrópico, sin tener en cuenta la calidad o las necesidades para los usos ambientales.

Cuando se considera la distribución del agua entre los distintos usuarios, la agricultura aparece como el sector de mayor demanda. Las dos terceras partes de los recursos hídricos se destinan al uso agrícola, con una demanda creciente para el turismo, usos urbanos e industriales, compitiendo por un acceso a un recurso cada vez menos disponible (Fernández, 2012).

### 6.3 Calidad del agua

Para comprender mejor lo que es calidad del agua (Torrez, 2009), explica que la valoración de la calidad del agua puede ser entendida como la evaluación de su naturaleza química, física y biológica en relación con la calidad natural, los efectos humanos y usos posibles.

Para simplificar la interpretación de los datos de su monitoreo, existen índices de calidad de agua (ICA) e índices de contaminación (ICO), los cuales reducen una gran cantidad de parámetros a una expresión simple de fácil interpretación entre técnicos, administradores ambientales y el público en general.

La principal diferencia entre unos y otros está en la forma de evaluar los procesos de contaminación y el número de variables tenidas en cuenta en la formulación del índice respectivo. En términos simples, un ICA es un número único que expresa la calidad del recurso hídrico mediante la integración de las mediciones de determinados parámetros de calidad del agua y su uso es cada vez más popular para identificar las tendencias integradas a los cambios en la calidad del agua.

## **6.4 Uso del agua**

De acuerdo con (Larios & Ponce, 2011) “El agua tiene una diversidad de usos, que se clasifican de la siguiente manera:”

### **6.4.1 Consuntivos**

Los usos consuntivos son aquellos que consumen o extraen el agua de su fuente de origen y no regresan de forma inmediata al ciclo del agua. Los usos consuntivos más frecuentes se pueden agrupar de la siguiente forma:

#### *6.4.1.1 Usos agropecuarios*

Entre un 12% y un 18% de las tierras de cultivo del mundo están irrigadas, lo que supone una demanda de agua del 72% del total extraído. Para poder producir 2.2 libras de arroz se necesitan alrededor de 2 000 litros de agua, mientras que 2.2 libras de algodón requiere cuatro veces más.

Las demandas de agua para irrigación varían de unas zonas del planeta a otras. En ello influyen factores como el clima, pero también el grado de desarrollo tecnológico y económico de los países, así como el empleo racional de agua en los cultivos.

#### *6.4.1.2 Usos urbanos y domésticos:*

Actividades como la higiene personal, la preparación de alimentos, el lavado de los platos y la ropa, o el uso del inodoro, requieren por término medio el 5% de la extracción mundial del agua. Si a esto añadimos la limpieza de las calles y otros usos municipales, la cifra asciende a un 7%.

#### *6.4.1.3 Usos industriales:*

La demanda de agua para las industrias supone un 23% del total. Ésta se usa como disolvente, agente de limpieza y es también utilizado como humidificante esencial en el tratamiento y teñido de tejidos.

### **6.4.2 Usos no consuntivos**

A diferencia de los usos extractivos, el agua no se remueve de su ambiente natural, sólo se utiliza. Los usos no consuntivos pueden ser descritos por ciertas características del agua o por los beneficios que proporcionan al ecosistema; y se pueden clasificar de la siguiente manera:

#### *6.4.2.1 Transporte:*

Para la navegación fluvial, es decir por ríos u océanos, son necesarios varios requisitos, como un caudal mínimo y una profundidad del cauce que posibilite la circulación de barcos. Por otro lado, las esclusas de obras hidráulicas como las presas, garantizan agua suficiente a lo largo de un tramo de cauce en cualquier época del año, pero han llegado a alterar el curso de muchos ríos en todo el mundo.

#### *6.4.2.2 La energía hidroeléctrica:*

Aprovecha la energía potencial acumulada en el agua para producir energía eléctrica; ésta es una utilización del agua genuinamente no consuntiva, está a escala mundial, supera el 18% de toda la energía.

#### *6.4.2.3 Usos recreativos:*

Entran a veces en conflicto con otros usos. Por ejemplo, los deportes náuticos de motor y piscinas.

#### *6.4.2.4 El agua como hábitat:*

alberga gran cantidad de especies animales y vegetales que forman parte de los ecosistemas asociados a ríos y humedales. Las obras hidráulicas realizadas para mejorar el uso humano del agua afectan de forma negativa a esos ecosistemas.

La demanda del uso de agua se ha venido viendo en aumento en los últimos años y el alto consumo combinado con el cambio climático hacen que esta líquido escasee y se vea contaminado en gran medida, lo que causa la expansión de la sociedad.

## **6.5 Contaminación del agua.**

La contaminación del agua o contaminación hídrica tiene lugar cuando en los cuerpos de agua naturales (lagos, ríos, mares, etc.) tienen presencia diversos tipos de sustancias químicas ajenas a su composición original, que modifican sus propiedades haciéndola insalubre, dañina para la vida, y por lo tanto inútil para la pesca, agricultura, recreación y consumo humano (Raffino, 2019).

## **6.6 Tipos de contaminación de agua**

Dijk (2014), menciona “hay muchos tipos de contaminación del agua debido a que viene de muchas fuentes”. Dentro de las cuales están:

### *6.6.1 Derrame de petróleo*

Los derrames de petróleo por lo general, sólo tienen un efecto localizado sobre la vida silvestre, pero pueden extenderse por millas. El petróleo puede causar la muerte de muchos peces y se adhiere a las plumas de las aves marinas lo que causa que pierdan la capacidad de volar.

### *6.6.2 La contaminación de aguas superficiales*

El agua superficial incluye agua natural que se encuentra en la superficie de la tierra, como ríos, lagos, lagunas y océanos. Las sustancias entran en contacto con estas aguas, disolviéndose o mezclándose físicamente en ellas. A esto se le puede llamar contaminación del agua de superficie.

### *6.6.3 Absorbentes de oxígeno*

Los cuerpos de agua tienen microorganismos. Estos incluyen organismos aerobios y anaerobios. Cuando mucha materia biodegradable (cosas que fácilmente se descomponen) termina en el agua, se estimula el crecimiento de microorganismos y se utiliza más oxígeno. Si el oxígeno se agota, los organismos aeróbicos mueren y los anaerobios se reproducen para producir toxinas nocivas tales como amoníaco y sulfuros.

#### *6.6.4 Contaminación del agua subterránea*

Cuando los seres humanos aplican plaguicidas y productos químicos a los suelos, éstos son lavados por el agua lluvia y absorbidos profundamente en la tierra, llegando a las aguas subterráneas y provocando la contaminación. Esto significa que cuando excavamos agujeros de pozos y perforación para obtener agua del subsuelo, debe ser revisada correctamente.

#### *6.6.5 Contaminación microbiológica*

En muchas comunidades del mundo, la gente bebe agua sin tratar (directamente de un río o arroyo). A veces existe contaminación natural causada por microorganismos como virus, bacterias y protozoos. Esta contaminación natural puede causar la muerte de peces y otras especies. También pueden causar enfermedades graves para las personas que beben de esas aguas.

#### *6.6.6 Materia suspendida*

Algunos contaminantes (partículas y sustancias químicas) no se disuelven fácilmente en el agua. A este tipo de material se le denomina materia particulada. Algunos contaminantes suspendidos luego se asientan bajo los cuerpos de agua. Estos pueden dañar e incluso matar a los organismos acuáticos que viven en el suelo.

#### *6.6.7 Contaminación química*

Muchas industrias y agricultores, trabajan con productos químicos que terminan en el agua. Estos incluyen productos químicos que se utilizan para controlar las malas hierbas, los insectos y plagas. Los metales y solventes de industrias pueden contaminar los cuerpos de agua. Estos son venenosos para muchas formas de vida acuática y puede retrasar su desarrollo, haciéndolos estériles y matándolos.

#### *6.6.8 Contaminación por nutrientes*

Algunas aguas residuales, fertilizantes y aguas de alcantarillados, contienen altos niveles de nutrientes. Si terminan en los cuerpos de agua, estimulan el crecimiento de algas y malezas en el agua. Esto hace que el agua no sea potable e incluso obstruye los filtros.

Un exceso de algas también usará todo el oxígeno en el agua y muchos organismos acuáticos morirán. (Dijk, 2014)

Debido a las altas concentraciones de componentes contaminantes que son depositados en el agua y el tiempo en que estos permanecen en ella y al no reciben ningún tratamiento estas aguas son llamadas aguas residuales.

## **6.7 Aguas residuales.**

Las aguas residuales se originan en los hogares, instituciones, en el campo, oficinas e industrias, y pueden ser diluidas con agua de lluvia, aguas subterráneas y aguas superficiales. No tratar las aguas residuales antes de su descarga en los cuerpos receptores tiene como consecuencia efectos dañinos sobre la salud humana y el ambiente, como la generación de olores, el agotamiento del oxígeno disuelto, contaminantes tóxicos y patógenos

La producción de residuos generados por las actividades humanas es inevitable, no todos los seres humanos o industrias generan la misma cantidad de residuos. La cantidad y tipo de residuos que se producen en los hogares se ve influenciada por el comportamiento, estilo y nivel de vida de los habitantes, así como por el marco técnico y jurídico en el que las personas se encuentran (Lopez, 2008).

## **6.8 Tipos de aguas residuales**

### *6.8.1 Agua residual domesticas o negras.*

En las aguas negras o domésticas, los compuestos químicos que se hallan presentes son muchos. Se pueden citar: micro organismos, urea, proteínas, bases jabonosas y almidones, aceites, animales, vegetales y minerales, hidrocarburos, gases, metano etc.

### *6.8.2 Aguas Blancas.*

Las aguas blancas están constituidas fundamentalmente por las aguas pluviales que son las generadoras de las grandes aportaciones intermitentes de caudales, no obstante, con el progresivo avance y desarrollo del urbanismo subterráneo las aguas de drenaje han ido cobrando una importancia creciente, especialmente por estar muy a menudo afectadas por la contaminación producida por fugas de redes de alcantarillado.

Se integran por tanto como componentes de la suciedad de las aguas blancas:

- a) *Elementos de la contaminación atmosférica:* depuración húmeda de las lluvias acidas.
- b) *Restos de la actividad humana:* papeles, colillas excrementos de animales y evacuación de basuras.
- c) *Residuos de tráfico:* aceites, grasas, hidrocarburos, componentes fenólicos y de plomo. Arenas, residuos vegetales y biosidas (insecticidas, herbicidas, abonos).
- d) *Contaminación aportada por las aguas de drenaje:* aguas salobres, fugas de alcantarillado.

(Cruz, 2008)

### 6.8.3 Aguas Industriales.

Las aguas industriales son aquellas que proceden de cualquier actividad o negocio en cuyo proceso de producción, transformación o manipulación se utilice el agua. Estas son enormemente variables en cuanto a caudal y composición, difiriendo las características de los vertidos no solo de una industria a otra, sino también dentro de un mismo tipo de industria. Estas son más contaminadas que las aguas residuales urbanas, además con una contaminación mucho más fácil de eliminar. Son numerosísimos los índices orgánicos e inorgánicos procedentes de la actividad industrial, decenas de miles, pero de forma resumida deberán contemplarse índices como estos:

Ácidos que pueden atacar el material o inhibir los procesos, detergentes que retardan la sedimentación, forman espumas e impiden la aireación, metales pesados, tóxicos para el organismo que intervienen en los procesos biológicos, productos radiactivos. Las industrias se pueden clasificar en cinco grupos de acuerdo con los contaminantes específicos que arrastran las aguas residuales.

Industrias con efluentes principales orgánicos: Papeleras, Azucareras, Mataderos, Curtidos, conservas (vegetales, carnes, pescado), lecherías y subproductos, fermentación, preparación de productos alimenticios, bebidas, lavanderías. Industrias con efluentes



orgánicos e inorgánicos. Refinerías y petroquímicas, coquerías, textiles, fabricación de productos químicos.

Industrias con efluentes principales inorgánicos: limpieza y recubrimiento de metales, explotaciones mineras y salinas, fabricación de productos químicos, inorgánicos. Industrias con efluentes con materias en suspensión. Lavaderos de mineral y carbón, corte y pulido de mármol y otros minerales.

Industrias con efluentes en refrigeración: centrales térmicas, centrales nucleares. (Báez & Espinoza, 2015)

#### *6.8.4 Aguas agrícolas*

Las aguas agrícolas son llamadas así porque solo se destinan para consumo agrícola, son aguas que traen desechos como heces fecales, desechos químicos cosas aprovechables para las plantas no para el consumo humano.

Son aguas que resultan de la combinación de líquidos y residuos sólidos transportados por el agua que proviene de las aguas subterráneas, superficiales o de precipitación que también pueden agregarse eventualmente al agua residual. La importancia de evacuar y depurar las aguas agrícolas es para mejorar la salud colectiva ya que se eliminan y evitan muchas enfermedades transmisibles, se contribuye a la conservación del medio ambiente y al final se consigue el ahorro de un bien escaso (Báez & Espinoza, 2015).

### **6.9 Evaluación de aguas residuales.**

La composición, al igual que la cantidad de aguas residuales, sufre también variaciones respecto al tiempo. Varía en el transcurso de las distintas horas del día, en función de los días de la semana y se presentan variaciones estacionales.

Todas las aguas sin importar su naturaleza se evalúan por medio de análisis que se guían con una lista de parámetros para determinar la calidad del agua, estas evaluaciones se pueden hacer tanto de manera visual como paramétrica, se puede tener el entorno global de lo que conlleva al agua residual a estudiar o evaluar.

Las evaluaciones pueden realizarse tanto in situ como ex situ, eso dependerá de la situación en la que se encuentre el investigador. pueden llevarse todos los kits manuales de medición o las herramientas que pueda utilizar el investigador en el foco de estudio o

pueden trasladarse las muestras a laboratorios, ambas situaciones son aceptables mientras se cumplan con las técnicas apropiadas para analizar muestras (Espigares, 2015).

### **6.10 Parámetros para evaluar aguas.**

En la actualidad los indicadores de calidad y contaminación se presentan como una opción viable para la interpretación de variables físicas, químicas y biológicas de un programa de monitoreo, debido a que las diferentes variables son combinadas para generar un valor que puede ser interpretado fácilmente tanto por expertos como por la comunidad en general, permitiendo valorar las diferentes acciones tomadas a lo largo de la fuente. (Samboni, Carvajal, & Escobar, 2007)

En Nicaragua los valores permitidos para el vertimiento de agua residual proveniente de uso doméstico como industrial se basa en la Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense NTON 33- 95, en la que se establecen los parámetros a evaluar del vertido de líquidos.

### **6.11 Características Físicas.**

Los primeros indicadores utilizados para definir la calidad del agua hacían referencia a su aspecto: color, olor, gusto es decir a características que pueden ser determinadas fácilmente sin necesidad de ningún tipo de instrumentación. En los aspectos físicos uno de los indicadores más importantes es la presencia de sólidos que alteren la apreciación visual que tenemos del agua, los parámetros que evalúan esta presencia son: turbidez, olor y color. (Poch, 2000)

#### *6.11.1 Turbiedad*

La turbiedad es causada por las partículas que forman los sistemas coloidales; es decir, aquellas que, por su tamaño, se encuentran suspendidas y reducen la transparencia del agua en menor o mayor grado. La medición de la turbiedad se realiza mediante un turbidímetro o nefelómetro. Las unidades utilizadas son, por lo general, unidades nefelométricas de turbiedad (UNT).

#### *6.11.2 Sólidos en suspensión.*

Corresponden a los sólidos presentes en un agua residual, exceptuados los solubles y los sólidos en fino estado coloidal. Se considera que los sólidos en suspensión son los que

tienen partículas superiores a un micrómetro y que son retenidos mediante una filtración en el análisis de laboratorio.

### *6.11.3 Color.*

Esta característica del agua puede estar ligada a la turbiedad o presentarse independientemente de ella. Aún no es posible establecer las estructuras químicas fundamentales de las especies responsables del color. Esta característica del agua se atribuye comúnmente a la presencia de taninos, lignina, ácidos húmicos, ácidos grasos, ácidos fúlvicos, etcétera.

Se considera que el color natural del agua, excluyendo el que resulta de descargas industriales, puede originarse por las siguientes causas:

- La extracción acuosa de sustancias de origen vegetal
- La descomposición de la materia
- La materia orgánica del suelo
- La presencia de hierro, manganeso y otros compuestos metálicos
- Una combinación de los procesos descritos.

Las aguas residuales tienen un color gris cuando son frescas y al envejecer toman un color negro debido a la descomposición de la materia orgánica (Martel, 2014).

### *6.11.4 Olor.*

El olor del agua ocurre debido a diferentes factores que alteran su composición dándole un desagradable olor dependiendo de su envejecimiento, entre las causas más comunes están: materia orgánica en descomposición, ácido sulfúrico, cloruro de sodio, fenoles, aceites, productos de cloro, diferentes especies de algas, hongos, etc. (Jimenez, 2015)

### *6.11.5 Temperatura*

Es uno de los parámetros físicos más importantes en el agua, pues por lo general influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, la desinfección y los procesos de

mezcla, floculación, sedimentación y filtración. Múltiples factores, principalmente ambientales, pueden hacer que la temperatura del agua varíe continuamente. (Martel, 2014)

## **6.12 Características Químicas.**

Si se tiene en cuenta que hay autores que hablan de la existencia de más de diez millones de sustancias químicas parece difícil poder identificar cada una de ellas y su alto impacto, se han propuesto indicadores muy generales que responden a un estado global del agua (pH) como otros más específicos correspondientes a grupos de compuestos que presentan alguna característica común (pesticidas, materia orgánica). (Poch, 2000)

### *6.12.1 Materia Orgánica.*

En las aguas residuales se encuentra materia orgánica compuesta por un 90% por carbohidratos, proteínas, grasas y aceites provenientes de excrementos y orina de los seres humanos, restos de alimentos y detergentes. Estos compuestos son biodegradables y pueden ser fácilmente transformados en compuestos más simples por acciones de microorganismos presentes en el agua que utilizan la materia orgánica para desarrollar su ciclo de vida (Orellana, 2005).

### *6.12.2 Potencial de Hidrogeno (pH).*

El potencial de hidrogeno o pH indica el grado de acidez, o basicidad del agua para determinar el grado de acidez que esta consta el agua, cuando es más bajo indica la existencia de volcamientos ácidos de, y si es alto estos son alcalinos (Rocio, 2010)

### *6.12.3 Oxígeno disuelto.*

Es la cantidad de oxígeno que se encuentra disuelto en el agua, en las aguas residuales frescas existe una pequeña cantidad de oxígeno disuelto, el mismo que desaparece rápidamente cuando comienza a descomponerse (Vázquez-Mejía, Ortega-Aguilar , & et al., 2013) .

#### *6.12.4 Fósforo.*

Es un compuesto químico presente en el agua aunque no presenta toxicidad en los seres vivos se encuentra presente en altas cantidades en las aguas residuales domésticas y aguas agrícolas de riego, causando el crecimiento excesivo de algas (Orellana, 2005).

#### *6.12.5 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5).*

Es la cantidad de oxígeno requerida para estabilizar por acción bacteriano y aeróbica la materia orgánica degradable en un lapso de 5 días. (Jimenez, 2015)

#### *6.12.6 Aceites y grasas*

Los aceites y grasas en los vertidos líquidos generan dos tipos de problemas a la hora de la depuración de las aguas residuales, disminución de la mojabilidad de los sólidos en suspensión impidiendo, con ello su sedimentación, y formación de una película que recubre los microorganismos encargados de la biodegradación, impidiendo con ello la captación de oxígeno por los mismos y disminuyendo su poder depurador. (Jiménez A. A., 2000)

### **6.13 Características Biológicas.**

Estos indicadores se basan en la evaluación de organismos presentes de la comunidad o de sus relaciones de forma que permiten obtener una estimación de la calidad de agua, la presencia de determinadas sustancias o variaciones en sus concentraciones pueden provocar diferentes efectos en los organismos que viven en el medio acuático (Poch, 2000).

#### *6.13.1 Coliformes fecales.*

Son un grupo de microorganismos que se encuentran comúnmente presentes en los intestinos de los humanos y los animales, la mayoría de bacterias coliformes no causan enfermedades, sin embargo, estas bacterias son usadas como indicadores en pruebas de aguas porque su presencia señala que hay presencia de organismos que pueden causar enfermedades. (Arcos P & et al., 2005)

### 6.13.2 *Bacterias y virus.*

Las bacterias y los virus son eliminadas de los organismos de los seres humanos y los animales a través de la materia fecal, cuando estos microorganismos se introducen en el agua causan enfermedades a quienes utilizan el agua. (Arcos P & et al., 2005)

Cuando todos esos parámetros están por encima de los límites permisibles, las aguas son consideradas contaminadas y por ende perjudiciales para la salud y el medio ambiente.

### **6.14 Efectos de la contaminación en la salud y el ambiente**

La contaminación de las aguas es un gran problema que afecta al ambiente y la salud de las personas, según la (OMS, 2015) “1,6 millones de personas mueren cada año de enfermedades diarreicas (incluido el cólera) atribuibles a la contaminación de las aguas, y un 90% de esas personas son menores de 5 años, principalmente de países en desarrollo”. En el ambiente la causa son eutrofización de las aguas, muerte de la flora y fauna acuática (Jimenez, 2015).

### **6.15 Eutrofización de cuerpos de agua.**

La eutrofización es el proceso por el cual un cuerpo de agua es enriquecido con nutrientes limitantes para el fitoplancton, principalmente fósforo y nitrógeno, y en algunas ocasiones silicio, potasio, hierro o manganeso. Estos nutrientes promueven el crecimiento excesivo de algas y su acumulación, las cuales se descomponen por la intervención de organismos aerobios presentes en el sistema, agotando el oxígeno disponible, provocando la turbidez en los cuerpos de agua, condiciones anóxicas y, como resultado, la muerte y descomposición de la flora y fauna acuática.

Este proceso se lleva a cabo naturalmente en la etapa de vida de un lago en un periodo de quinientos a 10 mil años, Sin embargo, las actividades humanas han acelerado su velocidad y su grado provocando que ríos, arroyos, lagos y océanos alrededor del mundo se transformen de oligotróficos a mesotróficos, eutróficos y finalmente hipertróficos en décadas (Uruguay, 2010).

## **6.16 Daño a la salud.**

La contaminación del agua presenta un gran problema en la salud humana, existen dos mecanismos de transmisión de enfermedades que pueden ser:

Directos: Por consumo del agua contaminada, procedentes de abastecimiento de poblaciones o de pozos contaminados, en otros casos por contacto cutáneo o mucoso (con fines recreativos, contacto ocupacional, etc.) pudiendo originar infecciones locales en la piel

Indirectos: El agua actúa como un vehículo de infecciones, o bien puede transmitirse a través de alimentos contaminados por el riego con aguas residuales, entre las principales enfermedades más conocidas transmitidas por el agua contaminada son: enfermedades infecciosas parasitarias gastrointestinales, cólera, fiebre tifoidea, meningitis y hepatitis A y B. (Mondaca & Campos , 2005)

Por la serie de enfermedades que este tipo de aguas causan a la población y los problemas que afectan negativamente el medio ambiente, la importancia de minimizar el impacto que causa el verter aguas residuales, es necesario brindarle ciertos tratamientos que disminuyan los niveles de contaminación que tienen.

Conociendo las características físicas, químicas y biológicas, se puede determinar a qué tipo de tratamiento pueden ser sometida las aguas, los beneficios que produce el conocer los tipos de contaminantes que tiene el agua es que bajan los costos del tratamiento ya que se le aplicara todo lo que sea necesario para reducir los contaminantes ya conocidos.

## **6.17 Tipos de tratamiento para aguas residuales**

La primera instalación de saneamiento fue el pozo ciego o pozo negro que apareció en Babilonia hacia 4000 a.C. Una simple excavación en el suelo donde concentrar los excrementos que pronto se generalizó a otras ciudades del imperio y zonas rurales. la conducción de las heces a los pozos negros mediante el baldeo y las primeras tuberías de arcilla. Nacieron las aguas negras, compañeras inseparables de la civilización hasta nuestros días y una tecnología asociada para convivir con ellas: el saneamiento.

Fue hasta 3000 a.C. que en la ciudad de Mohenjo-Daro, en el valle del Indo (en el actual Pakistán), aparecieron los primeros edificios con letrinas conectadas a alcantarillas en las

calles, En la Grecia antigua, ante la ausencia de ríos caudalosos, surgió una primera aplicación de las aguas negras a la fertilización agrícola.

En el Imperio Romano, el concepto de higiene evolucionó y se impusieron normas para separar las aguas negras mediante alcantarillas en las calles, Sin embargo, la población continuó tirando los excrementos a la calle hasta 100 d.C., cuando un decreto obligó a conectar los hogares a las alcantarillas

Durante aquella época tuvo lugar otro paso importante: la separación de lo que hoy denominamos aguas grises de las negras. En aquella época el concepto de higiene estaba todavía alejado del de desinfección. Las aguas negras se evitaban más por su mal olor que por que hubiera una conciencia de su insalubridad

A finales del siglo XIX comenzaron a utilizarse los avances en microbiología para tratar las aguas residuales y en 1914 los ingenieros Edward Arden y William T. Lockett, descubrieron los fangos activos, uno de los sistemas de tratamiento biológico para la depuración de la contaminación orgánica de aguas residuales que todavía usamos en las actuales depuradoras.

Sin embargo, la revolución industrial conllevó otro problema para el agua: la contaminación química, que se sumó a la fecal de las aguas negras. los vertidos industriales comenzaron a contaminar ríos y mares muchas veces de un modo inconsciente con productos de los que más tarde descubrimos su nocividad: metales pesados, pesticidas, DDT, nitratos.

En la década de 1970 comenzó en el mundo desarrollado una gran reacción internacional en contra de la contaminación del agua, tanto la industrial como la fecal, se calcula que el 90% de las aguas negras se vierten directamente sin depurar. Por esta causa, según la OMS, cada año fallecen 1,8 millones de niños menores de cinco años, uno cada 20 segundos. (Morillo, 2017)

#### *6.17.1 Tratamiento preliminar:*

Está destinado a la preparación o acondicionamiento de las aguas residuales con el objetivo específico de proteger las instalaciones, el funcionamiento de las obras de tratamiento y eliminar o reducir sensiblemente las condiciones indeseables relacionadas principalmente con la apariencia estética de las plantas de tratamiento (Rojas, 2002).



Con estas 2 etapas comienza el pretratamiento:

1. Medir y regular el caudal de agua que ingresa a la planta.
2. Extraer los sólidos flotantes grandes y la arena (a veces, también la grasa).

Las estructuras encargadas de esta función son las rejillas, tamices, trituradores (a veces), desengrasadores y desarenadores. En esta etapa también se puede realizar la pre aireación, cuyas funciones son: a) Eliminar los compuestos volátiles presentes en el agua servida, que se caracterizan por ser malolientes, y b) Aumentar el contenido de oxígeno del agua, lo que ayuda a la disminución de la producción de malos olores en las etapas siguientes del proceso de tratamiento (Ramalho, 1990).

#### 6.17.2 Tratamiento primario:

Tiene como objetivo la remoción por medios físicos o mecánicos de una parte sustancial del material sedimentable o flotante. Es decir, el tratamiento primario es capaz de remover no solamente la materia que incomoda, sino también una fracción importante de la carga orgánica y que puede representar entre el 25% y el 40% de la DBO y entre el 50% y el 65% de los sólidos suspendidos. Entre los tipos de tratamiento primario se citan:

- A. *Sedimentación primaria*: Es un proceso físico de separación por gravedad que hace que una partícula más densa que el agua tenga una trayectoria descendente, depositándose en el fondo del sedimentador.
- B. *Flotación*: Proceso físico fundamentado en la diferencia de densidades, a flotación permite separar la materia sólida o líquida de menor densidad que la del fluido.
- C. *Oxidación química*: Estos procesos tienen por objetivo la eliminación de compuestos solubles no biodegradables, presentes en las aguas residuales. El proceso consiste en una oxidación química en condiciones suaves de presión y temperatura hasta la mineralización completa de contaminantes.
- D. *Coagulación-floculación*: Estas suspensiones coloidales suelen ser muy estables, en muchas ocasiones debido a interacciones eléctricas entre las partículas, por tanto, tienen una velocidad de sedimentación extremadamente lenta.

- E. *Filtración*: La filtración es una operación en la que se hace pasar el agua a través de un medio poroso, con el objetivo de retener la mayor cantidad posible de materia en suspensión.

#### 6.17.3 Tratamiento secundario:

La reducción de los compuestos orgánicos presente en el agua residual, acondicionada previamente mediante tratamiento primario, se realiza exclusivamente por procesos biológicos. Este proceso reduce o convierte la materia orgánica finamente dividida y/o disuelta, en sólidos sedimentables floculentos que puedan ser separados por sedimentación en tanques de decantación y están compuestos por:

- A. *Filtración biológica*: El filtro biológico para aguas residuales se compone de una sedimentación primaria con digestión anaerobia de fangos, seguido de un tratamiento mediante un filtro biológico.
- B. *Lodos activados*: En el tratamiento de lodos activados, las bacterias se mezclan continuamente con las aguas residuales y digieren los contaminantes orgánicos.
- C. *Lagunas*: el sistema consta de tres tipos de lagunas colocadas en serie, de mayor a menor profundidad, que reproducen el proceso de descontaminación natural de los ríos. (Rojas, 2002)

#### 6.17.4 Tratamiento avanzado o terciario:

Este último tratamiento tiene objetivo suprimir algunos contaminantes específicos presentes en el agua residual tales como los fosfatos que provienen del uso de detergentes domésticos e industriales y cuya descarga en curso de agua favorece la eutrofización, es decir, un desarrollo incontrolado y acelerado de la vegetación acuática que agota el oxígeno, y mata la fauna existente en la zona (Báez & Espinoza, 2015).

Los procesos que se dan en este tratamiento son:

- A. *Intercambio iónico*: Es una operación en la que se utiliza un material, habitualmente denominado resinas de intercambio iónico, que es capaz de retener selectivamente sobre su superficie los iones disueltos en el agua, la aplicación habitual de estos sistemas, es, por ejemplo, la eliminación de sales cuando se encuentran en bajas concentraciones.

- B. *Adsorción*: El proceso de adsorción consiste en la captación de sustancias solubles en la superficie, en adsorbente más utilizado en el tratamiento de aguas es el carbón activo.
- C. *Microfiltración y ultrafiltración*: Las membranas usadas para microfiltración tienen un tamaño de poro de 0.1 y 10  $\mu\text{m}$  la microfiltración puede ser aplicada a muchos tipos diferentes de tratamientos de agua cuando se necesita retirar de un líquido partículas de un diámetro superior a 0.1 mm.
- D. *Ultrafiltración*: Permite retener moléculas cuyo tamaño oscila entre 0.001 y 0.1  $\mu\text{m}$
- E. *Osmosis inversa*: Consiste en aplicarle a la disolución concentrada, una presión superior osmótica, produciéndose el paso de disolvente (agua) desde la disolución más concentrada a la más diluida hasta alcanzar un nuevo equilibrio.
- F. *Electro desinfección*: Puede realizarse de dos formas: directamente pasando el efluente por el interior del reactor, o bien, produciendo los oxidantes a partir de una solución madre e inyectando esta al agua que se desea tratar
- G. *Membranas cerámicas*: Son cada vez más utilizadas en la purificación de agua. La alta estabilidad química y térmica del material de la membrana permite la regeneración química o térmica y la esterilización con productos químicos agresivos.
- H. *Oxidación avanzada*: Este proceso tiene por objetivo la eliminación de compuestos solubles no biodegradables, presentes en las aguas residuales.
- I. *Desinfección*: Se emplea para reducir principalmente el contenido de bacterias, virus y quistes amebianos en las aguas residuales tratadas, previo a su disposición final. La desinfección consiste en la destrucción selectiva de los organismos causantes de enfermedades.

La desinfección suele realizarse mediante agentes químicos, físicos, mecánicos y radiación. De ellos el más utilizado es la desinfección química con cloro.

- J. *Manejo de lodos*: El tratamiento de las aguas residuales produce una serie de subproductos como son los residuos de las rejillas, desarenadores y sedimentadores. Este caso específico se refiere a los productos retenidos en los sedimentadores tanto primario como secundario y que vienen a conformar la parte más importante de los subproductos.

Los lodos antes de su disposición final deben ser acondicionados a causa del alto contenido de materia orgánica putrescible y que de ninguna manera pueden ser dispuestos libremente.

El lodo procedente de las plantas de tratamiento, varía según el tipo de planta. En líneas generales se puede indicar que los lodos provienen de la sedimentación primaria y representa entre el 0.22% y el 0.93% del volumen de agua residual y el contenido de sólidos volátiles es del 63% al 83% (Rojas, 2002)

Cada uno de estos tratamientos tiene un objetivo definido para el funcionamiento de una planta de tratamiento, estas plantas son utilizadas para tratar aguas residuales de grandes poblaciones, como puede ser una ciudad o una comunidad. Llevar a cabo cada uno de estos procesos es de muy alto costo, pero es necesario para que las aguas puedan ser vertidas a un efluente sin ningún tipo de residuos o patógenos, por lo que en general estos proyectos los implementan los gobiernos para mejorar la calidad de vida de las poblaciones, que también conlleva al mejoramiento de las problemáticas ambientales directas e indirectas que ocasiona el vertimiento de aguas residuales sin tratar.

### **6.18 Fitorremediación como alternativa de descontaminación de aguas residuales domésticas.**

Los tratamientos alternativos en aguas residuales son una solución para pequeñas comunidades poco desarrolladas o pequeños negocios etc. que no tienen acceso al saneamiento de aguas. Algunos de los tratamientos alternos tienen un alto costo y otros métodos que podrían utilizarse de forma natural presentan bajos costos que serían los ideales para implementar en poblaciones pequeñas con poco desarrollo económico, una de las opciones para tratamientos de bajo costo es la fitorremediación.

Desde finales del siglo XX, diversas tecnologías han sido desarrolladas con el fin de mitigar el riesgo de contaminación con metales pesados o para sanear las aguas y suelos

contaminados. Muchas de estas son costosas y de moderada eficacia, a la vez que exigen largos períodos de desarrollo e investigación, por lo que se ha trabajado intensamente en la búsqueda de alternativas nuevas y mejoradas que sustituyan a las actuales estrategias de saneamiento. En este sentido resalta la fitorremediación, una tecnología barata y con gran potencialidad en el saneamiento y recuperación de suelos y agua.

Esta técnica se basa en el uso de plantas verdes, incluidas las especies leñosas, que contienen, remueven o neutralizan compuestos orgánicos, metales pesados o radionucleidos. Esta definición incluye cualquier proceso biológico, químico o físico inducido por las plantas, que ayude en la absorción, secuestro, degradación y metabolismo de los contaminantes, ya sea por las plantas mismas y/o por los microorganismos que se desarrollan en la rizosfera. (Coto, 2012)

Las fitotecnologías se basan en los mecanismos fisiológicos básicos que tienen lugar en las plantas y en los microorganismos asociados a ellas, tales como: transpiración, fotosíntesis, metabolismo y nutrición. (Delgadillo A. , 2008)

Estas fitotecnologías ofrecen numerosas ventajas en relación con los métodos fisicoquímicos que se usan en la actualidad, por ejemplo, su amplia aplicabilidad y bajo costo (Delgadillo, 2011).

### **6.19 Tipos de fitorremediación y contaminantes que tratan.**

Los tipos de fitorremediación son el conjunto de métodos para degradar, asimilar, metabolizar o detoxificar metales pesados y compuestos orgánicos por medio de la utilización de plantas.

“Es el empleo de vegetación para el tratamiento in situ de suelos, sedimentos y aguas contaminadas.” Se basa en los procesos que ocurren naturalmente por los cuales las plantas y los microorganismos rizosféricos degradan y secuestran contaminantes orgánicos e inorgánicos (Mentaberry, 2011).

**Tabla 1.** Tipos de fitorremediación y contaminantes que tratan

<b>Tipo</b>	<b>Proceso involucrado</b>	<b>Contaminación tratada</b>
<b>Fito extracción</b>	Las plantas se usan para concentrar metales o contaminantes en las partes cosechables (hojas y raíces)	Cadmio, cobalto, cromo, níquel, mercurio, plomo, plomo, selenio, zinc
<b>Rizo filtración</b>	Las raíces de las plantas se usan para absorber, precipitar y concentrar metales pesados a partir de efluentes líquidos contaminados y degradar compuestos orgánicos	Cadmio, cobalto, cromo, níquel, mercurio, plomo, plomo selenio, zinc isótopos radioactivos, compuestos fenólicos
<b>Fito estabilización</b>	Las plantas tolerantes a metales se usan para reducir la movilidad de los mismos y evitar el pasaje a napas subterráneas o al aire.	Lagunas de deshecho de yacimientos mineros. Propuesto para fenólicos y compuestos clorados.
<b>Fito estimulación</b>	Se usan los exudados radiculares para promover el desarrollo de microorganismos degradativos (bacterias y hongos)	Hidrocarburos derivados del petróleo y poli aromáticos, benceno, tolueno, atrazina, etc.
<b>Fito volatilización</b>	Las plantas captan y modifican metales pesados o compuestos orgánicos y los liberan a la atmósfera con la transpiración.	Mercurio, selenio y solventes clorados (tetraclorometano y triclorometano)
<b>Fito degradación</b>	Las plantas acuáticas y terrestres captan, almacenan y degradan compuestos orgánicos para dar subproductos menos tóxicos o no tóxicos.	Municiones (TNT, DNT, RDX, nitrobenzono, nitrotolueno), atrazina, solventes clorados, DDT, pesticidas fosfatados, fenoles y nitrilos, etc.

Fuente: (Grens, 2008)

## **6.20 Fitorremediación en aguas residuales.**

(Zarela, 2012) considera que “En los últimos años el tratamiento de aguas residuales por medio de estanques con plantas acuáticas ha despertado un gran interés, por el potencial que han presentado para la depuración de las mismas. Algunos de estos sistemas han logrado proporcionar un tratamiento integral en donde no solamente se remueven eficientemente material orgánico y sólidos suspendidos, sino que también se logran reducir nutrientes, sales disueltas, metales pesados y patógenos.”

(Mkandawire & Dudel, 2007), hace referencia que “Una de las características importantes para considerar una especie como biorremediador es tener una alta tasa de crecimiento

poblacional y una alta capacidad para extraer, acumular, transformar, degradar o volatilizar contaminantes.”

### **6.21 Ventajas y Desventajas de la fitorremediación**

La fitorremediación, por sí misma, muestra una serie de ventajas y desventajas o limitaciones en comparación con otras tecnologías convencionales, pero son muy eficiente y más económicas que las tecnologías tradicionales para realizar procesos de descontaminación de sitios contaminados (Delgadillo, 2011).

Las principales ventajas que posee la fitorremediación:

- Es una tecnología sustentable y eficiente para contaminantes orgánicos como inorgánicos
- No se requiere de un personal especializado porque su manejo es poco perjudicial
- Puede realizar ex situ como in situ
- Su aplicación puede emplearse en agua, suelo, y sedimentos.

Desventajas:

- Se requieren áreas relativamente grandes. En sistemas acuáticos se puede favorecer la diseminación de plagas, tales como los mosquitos.
- La solubilidad de algunos contaminantes puede incrementarse, resultando en un mayor daño ambiental o migración de contaminantes.
- Los contaminantes acumulados en maderas pueden liberarse por procesos de combustión. No todas las plantas son tolerantes o acumuladoras
- En el caso de la Fito volatilización, los contaminantes acumulados en las hojas pueden ser liberados nuevamente al ambiente. (Delgadillo, 2011)

### **6.22 Función de las plantas en los sistemas de fitorremediación.**

Según (Nuñez E. , 2004), los mecanismos involucrados en la remoción de contaminantes de aguas residuales son de tres tipos: físicos (sedimentación, filtración, adsorción, volatilización), químicos (precipitación, hidrólisis, reacciones de óxido-reducción o

fotoquímicas) y biológicos (resultado del metabolismo microbiano, del metabolismo de plantas, de procesos de bioadsorción).

### **6.23 Criterios para la selección de plantas fitorremediadoras.**

Los primeros sistemas de tratamiento de aguas residuales a base de plantas se implementaron en los países europeos a principios de 1960, utilizando juncos o carrizos. Desde entonces, los sistemas de fitorremediación de aguas se han perfeccionado y diversificado, y su aceptación y aplicación cada vez es mayor. La fitorremediación acuática tiene la ventaja de que se pueden remover, in situ, diferentes tipos de metales que se hallen con bajas concentraciones en grandes volúmenes de agua (Meas, 2004).

“La eficiencia de remoción de contaminantes durante el proceso de fitorremediación dependerá principalmente de la especie de planta utilizada, el estado de crecimiento de las plantas, su estacionalidad y el tipo de metal o contaminante a remover. Por lo mismo, para lograr buenos resultados, las plantas a utilizar deben tener las siguientes características”. (Nuñez E. , 2004)

- Tener una rápida tasa de crecimiento y alta productividad.
- Ser especies representativas de la comunidad natural.
- Ser fácilmente cosechables.

### **6.24 Descripción de las especies vegetales utilizadas en este estudio.**

Tradicionalmente, las plantas vasculares acuáticas han sido consideradas como una plaga en sistemas enriquecidos con nutrientes. Su rápida proliferación puede dificultar la navegación y amenazar el balance de la biota en los ecosistemas acuáticos. Sin embargo, en la actualidad se considera que estas plantas, también pueden ser manejadas adecuadamente y volverse útiles, debido a su capacidad para remover y acumular diversos tipos de contaminantes. Además, su biomasa puede ser aprovechada como fuente de energía, forraje y fibra (Meas, 2004).

Las plantas acuáticas son un recurso altamente productivo de biomasa con alto valor proteínico y pueden constituirse en un complemento ideal en la alimentación de animales domésticos, Si las plantas acuáticas son cultivadas en aguas residuales, pueden ser utilizadas para la alimentación de animales, siempre y cuando las aguas tratadas no



contengan sustancias tóxicas, y si éste es el caso, la biomasa obtenida podría utilizarse para producir metano, por medio de la digestión anaerobia (Arroyave, 2004).

Las plantas acuáticas tienen en común su estructura herbácea. Las que se encuentran sumergidas o son flotantes no desarrollan cutícula en las superficies en contacto con el agua, para poder tomar de ella directamente los gases y los minerales que necesitan para vivir, y tampoco tienen tejidos mecánicos porque su capacidad de flotación las mantiene erguidas. Suelen tener tallos huecos, para poder transportar el aire hasta las raíces (García García & Rodríguez Chumbe, 2012).

#### **6.24.1 Lechuguilla de agua (*Pistia stratiotes*).**

Es una planta acuática perenne flotante, forma rosas de seis a veinte centímetros de diámetro dependiendo de su ambiente, de hojas anchas y alargadas de color verde claro que pueden medir alrededor de diez centímetros de longitud; Las hojas son más anchas y achatadas en el extremo superior, presentan los bordes superiores ondulados, tienen hendiduras verticales pronunciadas y están cubiertas por una fina vellosidad que atrapa pequeñas burbujas de aire y las ayuda a flotar. Las raíces se desarrollan en la parte inferior de la rosa y permanecen flotantes en el agua.

Necesita un emplazamiento acuático muy luminoso, puede cultivarse al sol en sombra parcial luminosa. Se utiliza frecuentemente en estanques y acuarios para proteger a los pequeños peces y desplazar a las algas compitiendo con ellas por los nutrientes del agua. En aguas contaminadas o excesivamente fértiles se desarrollan y reproducen muy rápidamente, pero no le gusta la cal. Necesitan mucha humedad para crecer y desarrollarse correctamente. (Huesca, 2019)

**Reproducción:** La reproducción es rápida, las plantas botan las semillas al fondo del agua en un período de 10 días máximo 12, con ello las nuevas plantitas suben a la superficie multiplicándose. Aunque puede controlarse mediante cosechadoras mecánicas que la quitan y la amontonan a la orilla (Erika, 2017).

*Taxonomía.*

Reino: *Plantae*

Phylum: *Magnoliophyta*

Clase: *Liliopsida*

Orden: *Arales*

Familia: *Araceae*

Género: *Pistia*

Especie: *Pistia stratiotes*

#### 6.24.2 Lenteja de agua (*Lemna minor*).

La *Lemna Minor* también conocida como limacos u ovas es una planta acuática flotante que tiene una estructura muy simple y una de las tasas más altas. Esta familia comprende cuatro géneros: *Lemna*, *Spirodela*, *Wolffia* y *Wolffiella*.

Es una planta muy pequeña de una estructura muy simple, aunque es flotante no presenta tallo separado de las hojas, posee una fusión de ambos llamado fronda, su tamaño varío entre 0.1 y 2 cm de diámetro, la tasa de reproducción de la *Lemna Minor* puede estar entre 0.1 y 0.5 dia<sup>-1</sup>, lo que significa que en condiciones ideales puede doblar su biomasa.

En comparación con otras plantas acuáticas, son muy tolerantes a un amplio rango de temperaturas, la *Lemna Minor* crece en aguas de muy diversa calidad tanto en aguas dulces como en aguas salinas y es capaz de crecer en un amplio rango de concentraciones de nutrientes (Flores Campoverde & Jaramillo Jumbo, 2012).

Reproducción: La forma más común de reproducción es la asexual por gemación. En los bordes basales se desarrolla una yema pequeña que origina una planta nueva que se separa de la planta progenitora. Sin embargo, es común encontrar las plantas agregadas formando grupos de 2 a 4 individuos. (Salazar Q, Núñez S., & et al., 2004)

#### *Taxonomía*

Reino: *Plantae*

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Liliopsida*

Orden: *Alismatales*

Familia: *Araceae*

Género: *Lemna*

Especie: *Lemna Minor*

Fuente: (Saules M. , 2000)

### 6.24.3 Pasto Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*)

*Chrysopogon zizanioides*, conocida como pasto Vetiver, es una planta perenne nativa de la India, perteneciente a la familia de las gramíneas (*Poaceae*). Esta planta presenta alta adaptabilidad a diferentes tipos de suelos y climas, siendo cultivada en más de cien países, principalmente en regiones tropicales.

Su follaje es erecto, alto, abundante e igualmente fuerte; siendo capaz, cuando se establecen barreras con él, de soportar láminas de agua de inundación de hasta 80 cm y reducir su velocidad casi a cero; a la vez que retiene los sedimentos. Es una planta asexual, es decir, sus semillas no son fértiles, y por ende no hay riesgo de que se convierta en maleza. Una vez establecido tolera condiciones extremas de sequías, inundaciones, quema (rebrot a la semana), temperatura (-14° C a 46° C), altitud (0 hasta 2800 m) y pH (3 a 12,5); además se adapta suelos sódicos, salinos o alcalinos y a suelos y aguas con presencia de aluminio, arsénico, cadmio, cobre, cromo, plomo, manganeso, mercurio, níquel, selenio y zinc (Campos, 2017).

Reproducción: el proceso de propagación de esta especie se puede hacer a través de esquejes, el cual se define como una manera de reproducción asexual compuesta de pedazos de hojas y tallos, con una pequeña cantidad de raíces de no más de 5 cm.

Normalmente la propagación es con dos propósitos:

- Tener plantas proveedoras de esquejes.
- Para la conservación del suelo y agua y contrarrestar la contaminación y otros usos múltiples.

(Orihuela, 2007)

*Taxonomía:*

Subclase: *Liliidae*

Orden: *Poales*

Familia: *Poaceae*

Subfamilia: *Panicoidea*

Reino: *Plantae*

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Liliopsida*

Genero: *Chrysopogon*

Especie: *Chrysopogon zizanioides*

(Campos, 2017)

La fitorremediación es utilizada para reducir la contaminación ambiental, estos contaminantes representan un peligro para los seres vivos que se encuentran expuestos a ellos y con el objetivo de evitar ese riesgo de exposición, se han desarrollado diferentes sistemas para reparar los impactos causados por la contaminación, entre ellos la fitorremediación, el cual es un proceso de depuración de aguas contaminadas, cuya utilización ha aumentado en los últimos años gracias a que es un método alternativo amigable con el medio ambiente y con costos bajos, lo cual lo convierte en un método más factible, este tipo de procesos pueden realizarse de diferentes maneras.

Al finalizar los procesos de depuración de las aguas, estas son liberadas en los afluentes, pero con menor contaminación, lo cual no afecta a los ecosistemas que se encuentren dentro o cerca de dichas aguas

### **6.25 Desarrollo de las plantas.**

El crecimiento y desarrollo vegetal no solo dependen de sus genes y de la acción hormonal, sino también en gran medida, del ambiente en el cual vive la planta. El ambiente externo de una planta se refiere a todo aquello que la rodea, incluyendo a otros seres vivos. En este sentido, el agua, el suelo, el aire, forman parte de ese ambiente, pero también lo integran formas de energía como el calor, las radiaciones y la fuerza de gravedad. Los animales siendo por lo general móviles, pueden evitar o atenuar en alguna medida la influencia del ambiente externo; las plantas están ancladas al suelo o agua por la raíz y no pueden comportarse como los animales. Sin embargo, las plantas tienen la habilidad para responder o ajustarse a cambios en su ambiente externo. Esta habilidad tiene mucho que ver con los procesos de crecimiento y desarrollo vegetal (Moreno, 2012).

### **6.26 Estrés vegetal.**

El estrés medioambiental o, más específicamente, el estrés abiótico, se refiere a todos aquellos factores físicos del entorno que puedan afectar negativamente el crecimiento y productividad de las plantas. Se han llevado a cabo numerosas investigaciones acerca del estrés producido por sequía, inundaciones, salinidad y temperaturas extremas (altas y bajas), sin embargo, los cultivadores también se ven afectados por otros factores como la

intensidad de la luz y el déficit de abonos inorgánicos (como nitrógeno, fosforo, potasio), los cuales también juegan un papel importante en las pérdidas de las cosechas agrícolas e industriales.

Simplemente con acceder a un invernadero o cultivo estamos provocando estrés mecánico en las plantas, debido a la gran sensibilidad de las plantas a cualquier cambio en su entorno. Los cultivadores experimentados saben que el solo hecho de caminar por sus campos o tocar sus plantas con demasiada frecuencia, puede resultar en plantas más pequeñas e incluso en lesiones en sus tejidos, lo que se puede convertir en un punto de partida de diferentes enfermedades. Las variaciones en el movimiento del aire, las vibraciones o un manejo frecuente de las plantas pueden provocarles estrés. Sacudir o combar una planta durante algunos minutos al día puede dar lugar a tallos más cortos y a una planta de menor peso, ya sea fresco o seco (Cambell, 2011).

### **6.27 Mortalidad vegetal**

Se llama mortalidad al número de individuos que mueren en una región, estado o país, en el caso de esta investigación de fitorremediación de aguas residuales se tomaran en cuenta el número de individuos que mueran durante el tiempo que dure el experimento en los 3 distintos tratamientos a elaborar al cual se le llamara mortalidad vegetal.

## VII. Marco Legal.

Los tratamientos de aguas residuales son no solo un derecho, sino también un deber de los ciudadanos planteado en la ley (217) que nos dice “La ley establece las normas para la conservación, protección, mejoramiento y restauración del medio ambiente y los recursos naturales que lo integran...”

### **7.1 Constitución política de Nicaragua**

**Artículo 60:** Los nicaragüenses tienen derecho de habitar en un ambiente saludable, así como la obligación de su preservación y conservación. El bien común supremo y universal, condición para todos los demás bienes, es la madre tierra; ésta debe ser amada, cuidada y regenerada. El bien común de la Tierra y de la humanidad nos pide que entendamos la Tierra como viva y sujeta de dignidad. Pertenece comunitariamente a todos los que la habitan y al conjunto de los ecosistemas. (Política, 1948)

### **7.2 Ley General Del Medio Ambiente Y Los Recursos Naturales (217).**

#### *7.2.1 Disposiciones Generales.*

**Artículo 1.** La presente Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales tiene por objeto establecer las normas para la conservación, protección, mejoramiento y restauración del medio ambiente y los recursos naturales que lo integran, asegurando su uso racional y sostenible, de acuerdo a lo señalado en la Constitución Política.

**Artículo 2.** Las disposiciones contenidas en la presente Ley son de orden público. Toda persona podrá tener participación ciudadana para promover el inicio de acciones administrativas, civiles o penales en contra de los que infrinjan la presente Ley.

**Artículo 3.** Son objetivos particulares de la presente Ley:

- 1) La prevención, regulación y control de cualesquiera de las causas o actividades que originen deterioro del medio ambiente y contaminación de los ecosistemas.
- 2) Establecer los medios, formas y oportunidades para una explotación racional de los recursos naturales dentro de una Planificación Nacional fundamentada en el desarrollo sostenible, con equidad y justicia social y tomando en cuenta la diversidad cultural del país y respetando los derechos reconocidos a nuestras regiones autónomas de la Costa Atlántica y Gobiernos Municipales.

- 3) La utilización correcta del espacio físico a través de un ordenamiento territorial que considere la protección del ambiente y los recursos naturales como base para el desarrollo de las actividades humanas.
- 4) Fortalecer el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, para garantizar la biodiversidad y demás recursos.
- 5) Garantizar el uso y manejo racional de las cuencas y sistemas hídricos, asegurando de esta manera la sostenibilidad de los mismos.
- 6) Fomentar y estimular la educación ambiental como medio para promover una sociedad en armonía con la naturaleza.
- 7) Propiciar un medio ambiente sano que contribuya de la mejor manera a la promoción de la salud y prevención de las enfermedades del pueblo nicaragüense.
- 8) Impulsar e incentivar actividades y programas que tiendan al desarrollo y cumplimiento de la presente Ley.
- 9) Las demás contenidas en esta Ley.

**Artículo 4.** El desarrollo económico y social del país se sujetará a los siguientes principios rectores:

- 1) El ambiente es patrimonio común de la nación y constituye una base para el desarrollo sostenible del país.
- 2) Es deber del Estado y de todos los habitantes proteger los recursos naturales y el ambiente, mejorarlos, restaurarlos y procurar eliminar los patrones de producción y consumo no sostenibles.
- 3) El criterio de prevención prevalecerá sobre cualquier otro en la gestión pública y privada del ambiente. No podrá alegarse la falta de una certeza científica absoluta como razón para no adoptar medidas preventivas en todas las actividades que impacten el ambiente.
- 4) El Estado debe reconocer y prestar apoyo a los pueblos y comunidades indígenas, sean éstas de las Regiones Autónomas, del Pacífico o Centro del país, en sus actividades para la preservación del ambiente y uso sostenible de los recursos naturales.
- 5) El derecho de propiedad tiene una función social-ambiental que limita y condiciona su

ejercicio absoluto, abusivo y arbitrario, de conformidad con las disposiciones de la presente Ley y de las leyes ambientales especiales vigentes o que se sancionen en el futuro.

6) La libertad de los habitantes, en el ámbito de las actividades económicas y sociales, está limitada y condicionada por el interés social, de conformidad con las disposiciones de la Constitución Política, la presente Ley y las leyes ambientales especiales vigentes o que se dicten en el futuro.

7) Las condiciones y contratos de explotación racional de los recursos naturales que otorga el Estado en las regiones autónomas de la Costa Atlántica deberán contar con la aprobación del Consejo Autónomo correspondiente. En los contratos de explotación racional de los recursos naturales ubicados en los municipios respectivos, el Estado solicitará y tomará en cuenta la opinión de los gobiernos municipales, antes de autorizarlos.

#### *7.2.2 Del Sistema Nacional de Información Ambiental*

**Artículo 31.** Se establece el Sistema Nacional de Información Ambiental bajo la responsabilidad del Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales. Dicho sistema estará integrado por los organismos e instituciones públicas y privadas dedicadas a generar información técnica y científica sobre el estado del ambiente y los recursos naturales.

**Artículo 32.** Los datos del Sistema Nacional de Información Ambiental serán de libre consulta y se procurará su periódica difusión, salvo los restringidos por las Leyes específicas.

**Artículo 33.** Sin perjuicio de los derechos de propiedad intelectual, todo aquel que realice una investigación o trabajo sobre el ambiente y los recursos naturales entregará un ejemplar o copia de la investigación o estudio al Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales. En el caso de estudios realizados en las Regiones Autónomas se remitirá copia del mismo al Consejo Regional Autónomo respectivo.

### **7.3 De las Aguas.**

#### *7.3.1 Normas Comunes*

**Artículo 72.** El agua, en cualesquiera de sus estados, es de dominio público. El Estado se reserva además la propiedad de las playas marítimas, fluviales y lacustres; el álveo de las corrientes y el lecho de los depósitos naturales de agua; los terrenos salitrosos, el terreno firme comprendido hasta treinta metros después de la línea de marcas máximas o a la del cauce permanente de ríos y lagos y los estratos o depósitos de las aguas subterráneas.



**Artículo 73.** Es obligación del Estado y de todas las personas naturales o jurídicas que ejerzan actividad en el territorio nacional y sus aguas jurisdiccionales, la protección y conservación de los ecosistemas acuáticos, garantizando su sostenibilidad.

**Artículo 74.** El uso, manejo y aprovechamiento de los ecosistemas acuáticos, costeros y los recursos hidrobiológicos contenidos en ellos, deberá realizarse con base sostenible y de acuerdo a planes de manejo que garanticen la conservación de los mismos.

**Artículo 75.** En el uso del agua gozarán de prioridad las necesidades de consumo humano y los servicios públicos.

Los Centros de Salud y Puestos de Salud, donde los hubiere y las Autoridades Municipales y Comunales, deberán incluir en sus programas relacionados con higiene ambiental, un Capítulo que establezca y desarrolle el tema de la Educación Sobre el Manejo, obtención, reserva y uso del agua de consumo humano. Su utilización no ampara ninguna forma de abuso del recurso.

**Artículo 76.** Toda persona tiene derecho a utilizar las aguas para satisfacer sus necesidades básicas, siempre que con ello no cause perjuicio a terceros ni implique derivaciones o contenciones, ni empleo de máquinas o realización de actividades que deterioren de alguna forma el cauce y sus márgenes, lo alteren, contaminen o imposibilite su aprovechamiento por terceros.

**Artículo 77.** Salvo las excepciones consignadas en la presente Ley, el uso del agua requerirá de autorización previa, especialmente para los siguientes casos:

- 1) Establecer servicios de transportación, turismo, recreación o deporte en lagos, lagunas, ríos y demás depósitos o cursos de agua.

- 2) Explotación comercial de la fauna y otras formas de vida contenidas en los mismos.

- 3) Aprovechamiento de la biodiversidad existente en los recursos acuáticos.

- 4) Ocupación de playas o riberas de ríos

- 5) Verter aguas residuales o de sistemas de drenajes de aguas pluviales.

- 6) Inyectar aguas residuales provenientes de actividad geotérmica.

- 7) Cualquier otra ocupación que derive lucro para quienes la efectúen.

**Artículo 78.** Para autorizar el uso del agua, las instituciones con mandato deberán tomar en cuenta las siguientes disposiciones:

- 1) Considerar la interrelación equilibrada con los demás recursos y el funcionamiento del ciclo hidrológico, con especial protección de los suelos, áreas boscosas, formaciones geológicas y de las áreas de recarga de los acuíferos.
- 2) Promover el manejo integrado de las cuencas hidrográficas.
- 3) Proteger las especies del ecosistema del sistema acuático y costero terrestre, especialmente las endémicas, amenazadas o en peligro de extinción.
- 4) Evitar el uso o gestión de cualquier elemento del sistema hídrico que pueda perjudicar las condiciones físicas, químicas o bacteriológicas del agua.

**Artículo 79.** La autoridad competente, en caso de estar en peligro el uso sostenible del recurso agua por causa de accidentes, desastres naturales, contaminación o abusos en el uso, podrá restringir, modificar o cancelar las concesiones, permisos o autorizaciones otorgadas.

**Artículo 80.** La duración de las concesiones y autorizaciones, sus requisitos y procedimientos para su tramitación, se sujetarán en lo que fueren aplicables a las normas establecidas en la Ley.

Para el otorgamiento de derechos sobre las aguas, deberán tomarse como criterios básicos el principio de publicidad y licitación pública, prefiriéndose aquellos que proyecten la más racional utilización del agua y su entorno.

**Artículo 81.** Constituyen obligaciones los beneficiarios de concesión o autorización de uso de aguas:

- 1) Obtener aprobación previa de las obras para captar, controlar, conducir, almacenar o distribuir las aguas.
- 2) Contar con instrumentos que le permitan conocer y medir la cantidad de aguas derivadas o consumidas.
- 3) Aprovechar las aguas con eficiencia y economía, empleando sistemas óptimos de captación y utilización.
- 4) Reintegrar los sobrantes de aguas a sus cauces de orígenes o darles el uso previsto en la concesión o autorización.

- 5) Evitar desbordamientos en las vías públicas y otros predios, de las aguas contenidas o de las provenientes de lluvia.
- 6) Realizar con carácter provisorio las obras de defensa en caso de crecientes extraordinarias u otros hechos semejantes de fuerza mayor.
- 7) Acondicionar los sistemas necesarios que permitan el paso de la fauna acuática, cuando construyan obras hidráulicas.
- 8) Facilitar a la autoridad competente sus labores de vigilancia e inspección y suministrarle la información que ésta requiera sobre el uso de las aguas.
- 9) Contribuir en los términos que se establezca en la concesión o autorización, a la conservación de las estructuras hidráulicas, cobertura vegetal adecuada, caminos de vigilancias y demás obras e instalaciones comunes.
- 10) Establecer a lo inmediato las medidas necesarias y construir las obras que impidan la contaminación física, química o biológica que signifiquen un peligro para el ecosistema y la salud humana.

**Artículo 82.** Las autorizaciones para el aprovechamiento de las aguas subterráneas podrán ser revisadas, modificadas o canceladas, cuando circunstancias hidrogeológicas de sobre explotación o riesgo de estarlo así lo impusiesen. Asimismo, podrá establecerse períodos de veda para la utilización del agua del subsuelo.

**Artículo 83.** La autoridad competente, atendiendo el uso que se le da al agua, disponibilidad de la misma y características especiales del manto freático, podrá establecer patrones de volúmenes anuales de extracción máxima, cuyos controles y aplicación será competencia de los Gobiernos Regionales Autónomos y las Municipalidades.

#### **7.4 Disposiciones para el control de la contaminación provenientes de las descargas de aguas residuales domésticas, industriales y agropecuarias**

El Decreto 33-95 para el control de contaminación de aguas residuales describe los límites máximos permisibles de los parámetros de calidad de agua

**Artículo 19.-** Los parámetros de calidad de vertidos líquidos que sean descargados en las redes de alcantarillado sanitario del país, provenientes de vertidos domésticos y actividades industriales y agropecuarias autorizadas deberán cumplir los rangos y límites máximos permisibles siguientes:

Nota: Ver tabla en La Gaceta No. 118 de 26 de junio de 1995, página 2190 y 2191.

Nota: \* Estos límites serán definidos dependiendo del uso del cuerpo receptor.

**Artículo 21.** En cada caso particular, cada industria deberá tratar sus aguas residuales. Los Parámetros a prestatar son: sólidos; aceites y grasas; pH y metales pesados. Estos parámetros deberán cumplir con los valores especificados en estas normas.

**Artículo 22.** Los límites máximos permisibles de Coliformes fecales medidos como número más probable no deberá exceder de 1000 por cada 100 ml en el 80 % de una serie de muestras consecutivas y en ningún caso superior a 5000 por cada 100 ml.

Fuente: (Ley general del medio ambiente, 1996)

### **7.5 Norma regional CAPRE.**

Esta norma establece los parámetros para determinar los niveles de calidad exigibles de los cuerpos de agua (lagos, lagunas, lagos artificiales, manantiales, ríos, aguas subterráneas, estuarios y mares), de acuerdo con los usos a los cuales se destinen.

**Artículo 3.** El objetivo de esta Norma de Calidad del Agua de Consumo Humano es proteger la salud pública y, por consiguiente, ajustar, eliminar o reducir al mínimo aquellos componentes o características del agua que pueden representar un riesgo para la salud de la comunidad e inconvenientes para la preservación de los sistemas de abastecimiento del agua.

### **7.6 Valores permisibles en aguas**

Ver imágenes N° 7 y N° 8 en anexo (CAPRE, 1996).

## VIII. Hipótesis

### **8.1 Hipótesis de investigación:**

Los tres tratamientos lograrán reducir al menos un 60% de contaminantes en las aguas residuales domésticas.

### **8.2 Hipótesis alternativa:**

Al menos dos de los tratamientos aplicados alcanzarán a reducir un 60% los porcentajes de contaminación de las aguas.

### **8.3 Hipótesis nula:**

Ninguno de los 3 tratamientos logrará reducir el porcentaje (60%) de contaminación físico-química y biológica que presentaban las aguas residuales domésticas.

## Capítulo III

### IX. Diseño metodológico.

#### 9.1 Área de estudio

Juigalpa es la cabecera departamental de Chontales tiene una extensión territorial de 726.75 km cuadrados. Está ubicada a 139 kilómetros de Managua, entre las coordenadas, 12 06' de latitud norte y 85 22' longitud oeste y en sus límites son: Norte con Cuapa y Comalapa, al Sur con el lago de Nicaragua y Acoyapa, al Este La Libertad y San Pedro del Lóvago y al Oeste Comalapa. Está a 123 msnm. Cuenta con 18 comarcas y está distribuida en 42 barrios y 8 zonas.

La Facultad multidisciplinaria de Chontales- UNAN FAREM CHONTALES se ubica a 800 metros al oeste de la gasolinera puma es una institución de educación superior pública y autónoma, de referencia nacional e internacional en la formación de profesionales y técnicos, a nivel de grado y posgrado, con compromiso social, con valores éticos, morales y humanistas, en defensa del medio ambiente, líder en la producción de ciencia y tecnología, en la generación de modelos de aprendizaje pertinentes que contribuyen a la superación de los retos nacionales, regionales e internacionales; constituyéndose en un espacio idóneo para el debate de las ideas y el análisis crítico constructivo de prácticas innovadoras y propuestas de mejoramiento (UNAN, 2018).

#### 9.2 Tipo de investigación

La investigación es de tipo cuasi experimental con enfoque cuantitativo, según (Cabré, 2012), los diseños cuasi-experimentales, son instrumentos principales de trabajo dentro del ámbito aplicado, para esquemas de investigación no aleatorios. Dado la no aleatorización, no es posible establecer de forma exacta la equivalencia inicial de los grupos, como ocurre en los diseños experimentales. (Ver imagen N° 10 en anexos)

La investigación es de corte transversal, es una investigación que analiza datos de variables recopiladas en un periodo de tiempo, sobre una población muestra o subconjunto predefinido.

### 9.3 Diseño del experimento.

Se ha utilizado el diseño de grupos no equivalentes PRE-test y POST-test, los cuales serán comparados a través del método de análisis estadísticos T student.

#### Tratamientos a evaluar.

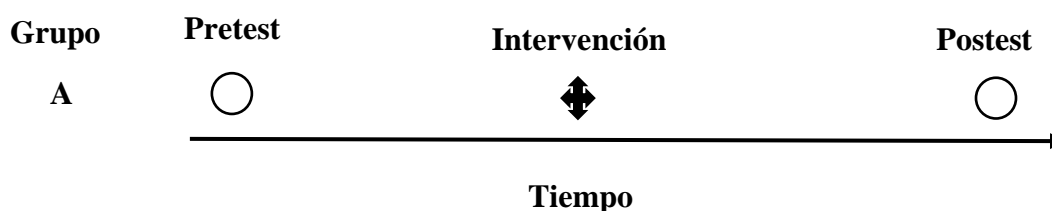
T1: *pistia stratiotes* + agua residual (PA)

T2: *Lemna minnor* + agua residual (LA)

T3: *Chrysopogon zizanioides* + agua residual (CA)

#### 9.3.1 Modelo estadístico.

El modelo estadístico a utilizar es de pretest y pos-test, en el cual se analizará el agua residual de los pequeños restaurantes. (Santana, 2015) menciona que en este diseño de investigación se utiliza un solo grupo, al cual se le aplica un pretest, luego se procede a la intervención y finalmente se analizan los resultados de la aplicación a través de un pos-test. Ambos instrumentos tanto el pretest como el pos-test son los mismos, pero aplicados en momentos diferentes.



#### 9.3.3 Variables a evaluar.

Tabla 2: variables a evaluar.

Variables químicas y biológicas	Variables de comportamiento de las plantas
DBO <sub>5</sub>	
DQO	Desarrollo
Aceites y grasas	Reproducción
Coliformes termotolerantes	Estrés
Temperatura	
Conductividad	
pH	

#### **9.4 Procesamiento de los datos**

La prueba t-Student se fundamenta en dos premisas; la primera: en la distribución de normalidad, y la segunda: en que las muestras sean independientes. Permite comparar muestras,  $N \leq 30$  y/o establece la diferencia entre las medias de las muestras. El análisis matemático y estadístico de la prueba con frecuencia se minimiza para  $N > 30$ , utilizando pruebas no paramétricas, cuando la prueba tiene suficiente poder estadístico (Turcios, 2015).

#### **9.5. Procedimientos para el montaje del experimento.**

Para el montaje del experimento se tuvo que elaborar en 3 etapas. Selección de las plantas, obtención de las plantas y la fase de adaptación de las plantas.

##### *a) Selección de las plantas.*

Lechuguilla de agua (*Pistia stratiotes*), Lenteja de agua (*Lemna minor*) y Pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*).

Para ello se han seleccionado 3 plantas, ambas cumplen características de selección de plantas con propiedades fitorremediadoras en agua. Lechuguilla de agua (*Pistia stratiotes*), Lenteja de agua (*Lemna minor*), Pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*).

Se han seleccionado bajo criterios importantes para este tipo de tratamientos, los cuales van desde ser tolerantes a altas concentraciones de metales, tener altas tasas de reproducción, representativas de la comunidad natural y ser fáciles de cosechar.

##### *b) Obtención de plantas.*

Se seleccionaron bajo criterios específicos las plantas Lechuguilla de agua (*Pistia stratiotes*), Lenteja de agua (*Lemna minor*) y Pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*).

La especie lechuguilla de agua se obtuvo en las orillas del río Mayales de Juigalpa chontales, exactamente en el lugar llamado “El Salto”, en donde se observa su crecimiento natural por sobre las orillas del río, fueron trasladadas en bolsas plásticas a su fase de adaptación.

La especie lenteja de agua fue recolectada en las orillas de Río Cuisalá, exactamente en la zona de “Las Limas”, donde se desarrolla de forma natural en el río, fueron trasladadas en bolsas plásticas a su fase de adaptación.



La especie de pasto vetiver fue comprada en un vivero de la ciudad de Juigalpa, y sometida al proceso de adaptación.

#### *c) Fase de adaptación de las plantas*

Cada especie posterior a su recolección fueron lavadas con agua de grifo y colocadas en condiciones húmedas similar a su entorno.

El proceso de adaptación fue de 5 días, posteriormente fueron plantadas 10 unidades de cada especie en cada humedal piloto por otros 5 días, esto con finalidad de que la primera tanda establezca el pH y pasados los 5 días completos una vez estabilizado el pH se retiran del tratamiento y se planta la segunda tanda de 10 especie hasta el proceso de análisis finales. La segunda tanda de plantas ya tendría 10 días de adaptación en condiciones húmedas y se establecieron hasta el final del experimento piloto.

### **9.6 Tiempo de retención hidráulico (TTH)**

El tiempo de retención de las aguas fue de un periodo de 20 días, donde se espera que las plantas elegidas en cuanto a términos específicos, actúen sobre el tratamiento piloto.

(Ramirez, 2018) establece que el tiempo de retención hidráulico para un humedal artificial es definido cuando se alcanza el nivel óptimo de DBO5 entre análisis de 13 días, debido a que el tratamiento en cuestión es piloto, se definió un rango de RTH de 20 días, ya que solo se harán pruebas de laboratorio inicial y final. debido a que dejar el agua durante más tiempo provocaría la contaminación del tratamiento a tratar y la proliferación de mosquitos

### **9.7 Recolección de muestras de aguas residuales**

El agua residual fue captada de las tuberías de salida de uno de los pequeños restaurantes presentes dentro del recinto universitario, recolectada en los horarios con más frecuencia de personas y trasladada con cubos plásticos previamente esterilizados. La muestra trasladada ex situ para su tratamiento, homogeneizadas equitativamente en los recipientes de los tratamientos y se llevaron a cabo los análisis correspondientes.

### **9.8 Análisis de aguas residuales**

La caracterización del agua residual se llevó a cabo con análisis químicos en Laboratorio de Biotecnología UNAN Managua y Laboratorio de la UNAN FAREM Chontales e instrumentos de medición de aguas.

La prueba del pH se realiza directamente del agua residual doméstica con sondas LAMOTTE pH 5 PLUS para medición de pH.

La conductividad y temperatura serán medidas directamente del agua residual con sondas LAMOTTE CON 6 PLUS

Los parámetros a evaluar en laboratorio son: demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), demanda química de oxígeno (DQO), aceites y grasas (GAR), coliformes termotolerantes (COLF).

Las muestras fueron analizadas siguiendo las recomendaciones y procedimientos del METHODS OF EXAMINATION OF WATER AND WASTE WATER (Adams , 2017).

Estos métodos son los utilizados por el Laboratorio de biotecnología UNAN Managua y las medidas que se llevaron a cabo para el traslado de las muestras para que los resultados de laboratorio sean eficientes.

## **9.9 Método de análisis por muestra.**

### *9.9.1 Parámetros*

Aceites y grasas (GAR), Demanda química de oxígeno (DQO), Demanda biológica de oxígeno (DBO): analizadas en laboratorios.

Las muestras fueron analizadas siguiendo las recomendaciones y procedimientos del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMWW) 22va. Edición.

Determinación de coliformes Totales y fecales: (Laboratorio). Este análisis se realizó mediante el Método de tubos múltiples. Prueba presuntiva: **Caldo Lauril Triptosa**  
Prueba confirmativa: **CVBB 2%**.

formula:

$$\frac{\text{Volumen de la muestra}}{\text{Volumen del agua de dilución} + \text{volumen de la muestra}} = \text{Dilución correspondiente.}$$

Volumen del agua de dilución + volumen de la muestra

$$\text{Valor en la tabla de NMP} \times \frac{10}{\text{Volumen de la dilución inicial}} = \text{NMP}/100 \text{ ml}$$

Volumen de la dilución inicial.

NMP: método del número más probable

## 9.10 Dimensiones del ensayo.

Para realizar el tratamiento *x situ* se condiciono un lugar tomando en cuenta factores que podrían alterar las muestras recolectadas, como la protección de posibles lluvias, las horas de sol recibidas sean las mismas para cada tratamiento, una superficie nivelada para cada tratamiento, en un espacio de 1.5 M x 0.5 M.

### 9.10.1 Montaje del ensayo:

Se obtuvieron 3 recipientes plásticos con medidas de 57.5 cm de largo, 43.8 cm de ancho y 39.4 cm de hondo con capacidad de 18 galones. El sistema comprenderá de los 3 recipientes plásticos con mismas dimensiones, cada tratamiento contará con una especie vegetal diferente.

Los recipientes se lavaron con agua de grifo, se esterilizarán con alcohol, agua destilada. los recipientes se rotulan con las leyendas T1, T2, T3; se rotula todo el tratamiento con el nombre de la investigación monográfica. En estos recipientes se plantará las especies Lechuguilla de agua (*Pistia stratiotes*) Lenteja de agua (*Lemna minor*) y pasto Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*), cada una de las especies fueron extraídas de lugares diferentes.

Cada uno de los recipientes se rellena con grava anteriormente lavada con agua de grifo y secada a temperatura ambiente durante 12 hrs, tal que solo se rellena con este material hasta una profundidad de  $h=5$  cm del recipiente respecto a la base inferior y  $h=10$  cm de arena la cual se le ha dado el mismo tratamiento que la grava, se deja espacio libre para el agua residual.

Los recipientes se colocarán en una superficie nivelada, el tratamiento se realizará *ex situ*, tomando todas las medidas para que el agua cruda no sufra alteraciones, el agua cruda será tomada del pequeño restaurante y divididas entre los recipientes en un lugar con mucha iluminación.

## Capítulo IV.

### X. Análisis y discusión de resultados

Según la ley 195, decreto 33-95, capítulo V artículo 19, sobre los parámetros de calidad de vertidos líquidos que sean descargados en las redes de alcantarillado, de acuerdo al análisis inicial realizado en las aguas residuales del pequeño restaurante y comparadas con las tablas de valores permisibles en aguas, presentaron rangos por encima del valor máximo permisible para poder ser drenadas sin ningún tratamiento.

Por ello a continuación se exponen los resultados obtenidos después de la implementación de plantas con propiedades para la fitorremediación en aguas provenientes de un pequeño restaurante para reducir la contaminación que presentaron en los análisis iniciales:

De acuerdo a los resultados obtenidos a través del análisis estadístico de T Student, la media de los datos tuvo una reducción positivos, así como el grado de significancia en los 3 tratamientos dio como resultados, valores que dan paso a la aceptación de la hipótesis de investigación, lo que hace mención que todos lograron reducir niveles importantes de contaminación de hasta T1=(PA)74%, T2=(LA)78% y T3(CA) 80% de descontaminación en general. Superando valores de 60% planteados en las hipótesis.

Demanda Biológica de Oxígeno (DBO): Los resultados en los 3 tratamientos para este parámetro redujeron notablemente la capacidad de oxidación de la materia orgánica que presentaban las aguas residuales antes de aplicar este tratamiento, con resultados de 98%, 98% y 99% de reducción para este parámetro. Esto indica que las aguas ahora se encuentran aptas para albergar vida microbiana y de pequeños organismos.

Demanda Química de Oxígeno (DQO): esta se presentaba en concentraciones por encima de los valores permisibles, la cual es causa de la acumulación de materia orgánica no degradable o la contaminación de las aguas como: los colorantes que son usados para la preparación de ciertos alimentos. Se redujeron porcentajes de 93%, 97% y 96%. Esto indica como estos tratamientos han depurado en niveles asombrosos de contaminación.

La temperatura (°C) de las aguas en tratamiento tuvo una variación con respecto a la temperatura inicial tomada durante el Pre test esto podría darse por la época del año en la que fue tomada la temperatura una vez finalizado el tratamiento. La temperatura tiene rangos variables aceptables de 20° hasta 30°c. Los rangos de estos tratamientos estuvieron dentro de rangos aceptables.

La reducción de aceites y grasas, tuvo mayor efectividad con el T3=(CA) dando resultados con la aplicación de los tratamientos este parámetro se encontró que está por debajo del límite de detección, seguido de T2=(LA) que durante el análisis fue no detectado (ND), estos parámetros en el análisis inicial se encontraban en un rango aceptable a pesar de eso se lograron reducciones de 83%, 100% y 100%. Esto indica que estas plantas tienen grandes potenciales de reducción aceites y grasas logrando reducciones mayores al 60%.

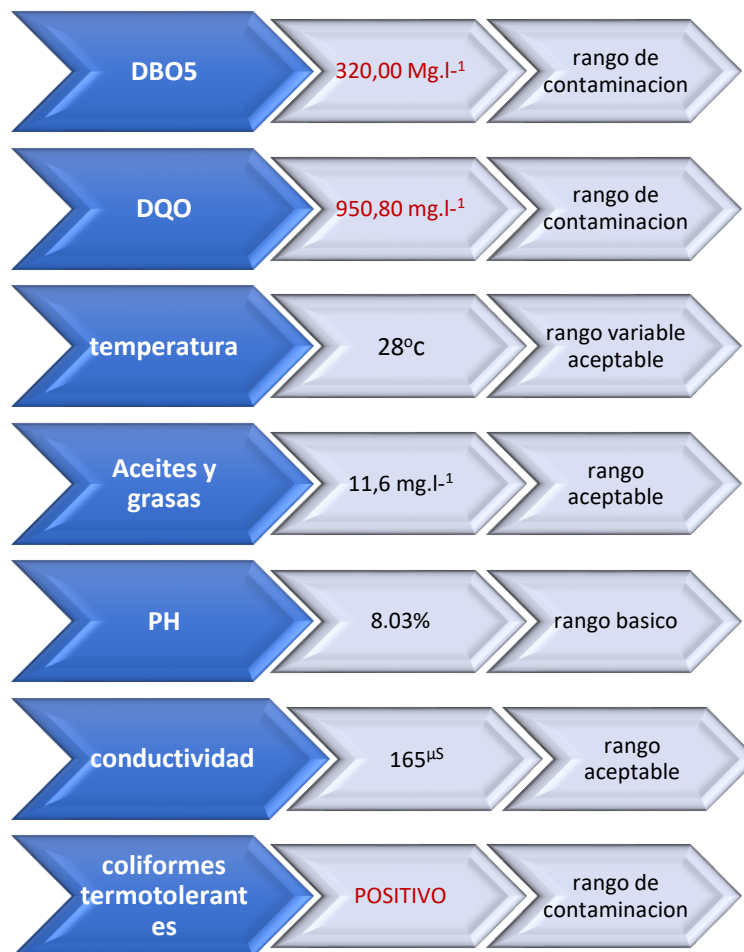
El Potencial de Hidrogeno (pH) presente durante el pre test se encontraba en un rango básico, el T3=(CA). logro reducir a un valor próximo al neutro, sin embargo, los otros dos tratamientos tendieron más a la basicidad, esto pudo ser ocasionado por el marchitamiento y el estrés que presentaron algunas plantas, los porcentajes fueron - 0,87%, -3% y 7%.

La conductividad eléctrica fue aceptable durante la prueba inicial, aun así, con los tres tratamientos se logró una disminución muy significativa demostrado con los resultados que se mejoró la circulación de nutrientes en los 3 tratamientos al estar por debajo del límite permisible  $<1500 \mu\text{S}$  al obtener resultados de: 97% 98% y 97% de reducciones.

En el análisis de parámetros biológicos (coliformes totales y fecales) dio positivo para ambas pruebas pre y post tratamiento, este análisis fue indicado cualitativamente por lo que no se pudo conocer por medio de cifras numéricas si hubo una remoción de coliformes totales y fecales. puesto que una de las especies tiene propiedades de remoción para este tipo de bacterias y han sido demostradas en investigaciones realizadas en Ecuador. La especie *Lemna minor* se ha descrito como una planta acuática capaz de remover 98-99% de coliformes totales en aguas servidas y por ese motivo se seleccionó como control positivo (Cornejo, s.f.).

### **10.1 Resultados de análisis iniciales (PRE y POST TEST).**

Gráfico 1 Resultados iniciales de las aguas crudas antes del tratamiento



**Fuente:** Elaboración propia (resultados de laboratorio)

Los datos iniciales de DBO5 muestran que están en un rango de contaminación, el DQO está por encima del valor máximo permisible y conductividad está en rango aceptable, en cuanto a los coliformes termotolerantes el resultado fue positivo, la temperaturas y aceites y grasas se encuentran dentro del rango de valor aceptable, el Ph que poseen las aguas es básico y se encuentra en rango máximo, todos los resultados iniciales de las aguas que se muestran, fueron comparados con los valores permisibles en aguas de drenaje decretados en las normas nacionales e internacionales (217, 1996), (CAPRE, 1996).

## Resultados de los análisis POST TEST.

Tabla 3 Resultados post test para cada tratamiento

ID	Lechuguilla	Lenteja	Vetiver
DBO	13,8	14,5	7,63
DQO	66,5	27,61	40,5
Temperatura	30,4	3,4	30,4
Aceites y Grasas	2,0	0	<0
Ph	8.10	8,26	7,44
conductividad	4,86	3,58	4,28
coli. Fecales	positivo	Positivo	positivo

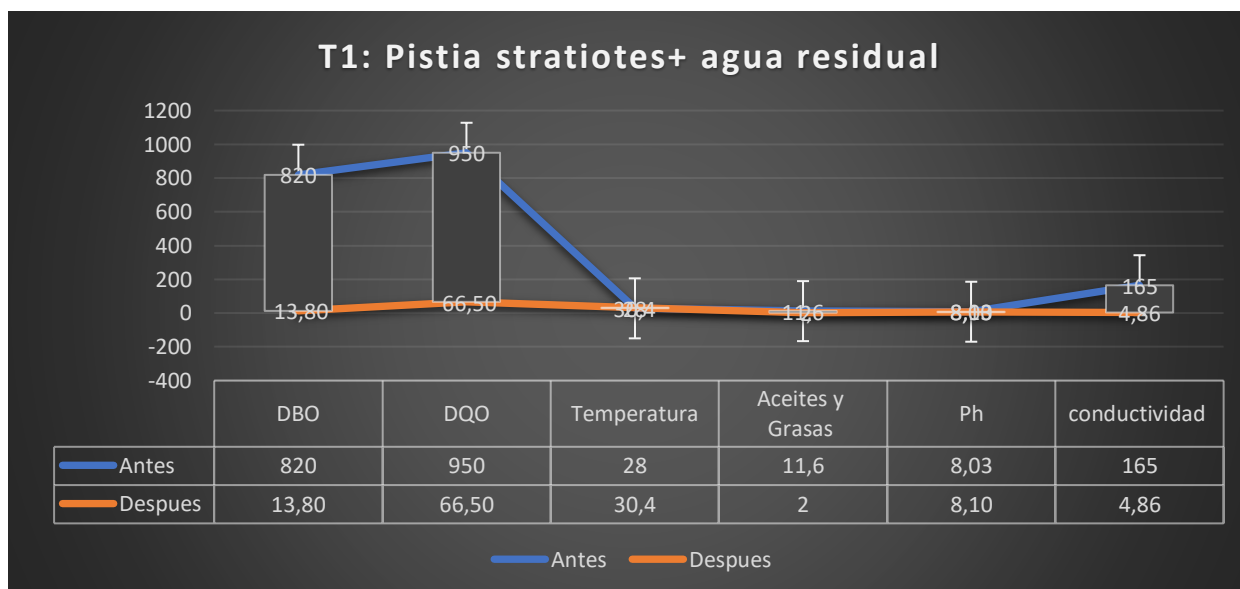
Los resultados de estos análisis fueron realizados por laboratorios certificados y con instrumentos paramétricos certificados.

### 10.2 Análisis de T Student.

Para analizar los datos obtenidos se utilizó el método de análisis de T Student para comparar la media de dos categorías dentro de una variable dependiente o las medias de un grupo diferentes PRE test y POST test.

Los datos corridos en Excel para la elaboración de T Student, fueron los análisis físico químicos para ambas variables, en este caso PRE test y POS test. Los cuales dan los siguientes datos.

Gráfico 2 T1= Pistia stratiotes + agua residual (PA)



En el gráfico se puede analizar como el tratamiento (PA), tuvo rangos bastante amplios en cuanto a remoción de contaminantes, los rangos más evidentes en cuanto a depuración se observan que son el DBO y DQO, también se puede observar como el pH no logro disminuir sus rangos básicos y en su lugar se vieron en aumento.

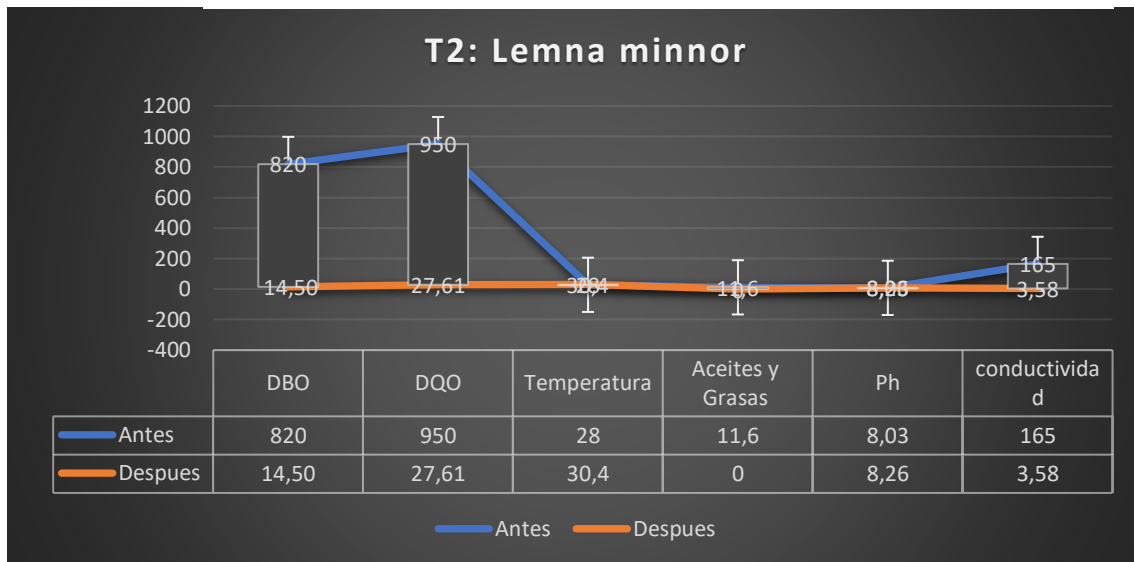
Tabla 4 T Student para T1=(PA)

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas		
	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	330,44	20,9433
Varianza	189594,22	599,67
Observaciones	6,00	6
Coeficiente de correlación de Pearson	0,65	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	5,00	
Estadístico t	1,81	
P(T<=t) una cola	0,07	
Valor crítico de t (una cola)	2,02	
P(T<=t) dos colas	0,1308	
Valor crítico de t (dos colas)	2,57	

Al realizar el análisis de T Student para el T1=(PA), el programa nos arroja datos de las medias para las dos variables, es notable en valores numéricos la diferencia significativa que hay entre las medias, lo que indica el funcionamiento del T1=(PA). Luego observamos el valor de T en dos colas, donde observamos un valor mayor al 0.5 lo que indica el rechazo a la hipótesis nula y aceptando la hipótesis alternativa, luego se calcularon los porcentajes de remoción del tratamiento donde datos de remoción de 74% para el T1=(PA).



Gráfico 3 T2=Lemna minnor + agua residual (LA)



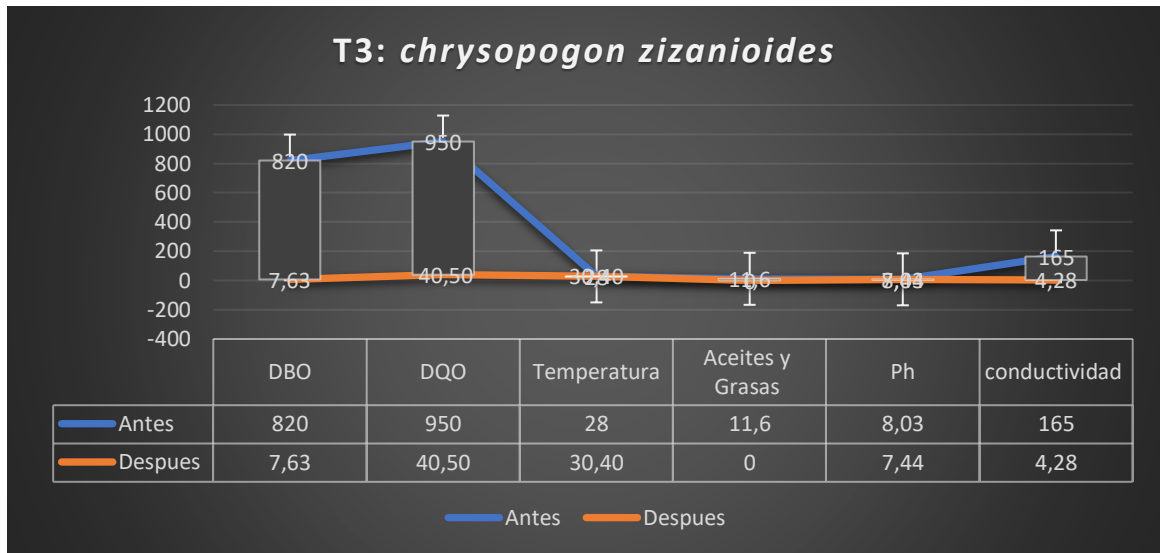
En el gráfico podemos observar reducciones significativas para las dos variables PRE y POST siendo las más significativas las reducciones de DBO y DQO, en el caso de los rangos de PH en T2=(LA), el resultado aumentó su basicidad en lugar de disminuirla al igual que la especie T1=(PA).

Tabla 5 T student para T2=(LA)

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas		
	Variable 1	Variable 2
Media	330,44	14,058
Varianza	189594,22	158,389
Observaciones	6,00	6
Coefficiente de correlación de Pearson	0,43	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	5,00	
Estadístico t	1,80	
P(T<=t) una cola	0,07	
Valor crítico de t (una cola)	2,02	
P(T<=t) dos colas	0,1	
Valor crítico de t (dos colas)	2,57	

Al realizar el análisis T Student para el T2=(LA), podemos observar la diferencia bastante significativa que hay entre las medias de ambas variables lo que indica que el experimento T2=(LA) tuvo efectividad en su tratamiento al ser significativo el cambio en sus medias, al ver el análisis de T en dos colas se obtuvo un dato mayor a 0.5 lo que indica el rechazo de la hipótesis nula, al calcular las remociones en este tratamiento se pudo calcular una remoción total de 78%.

Gráfico 4 T3= *Chrysopogon zizanioides* + agua residual (CA).



Al ingresar los datos de T Student del T3= (CA) observamos que al igual que los demás tratamientos T1=(PA) Y T2=(LA) los porcentajes reducidos más significativos son los de DBO y DQO, pero en este caso T3=(CA) si logro reducir pH a un rango más básico aceptable en comparación a los demás tratamientos

Tabla 6 T Student para T1=(CA).

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas		
	Variable 1	Variable 2
Media	330,438	15,042
Varianza	189594,218	267,758
Observaciones	6,00	6
Coeficiente de correlación de Pearson	0,464	
Diferencia hipotética de las medias	0,000	
Grados de libertad	5,000	
Estadístico t	1,805	
P(T<=t) una cola	0,065	
Valor crítico de t (una cola)	2,015	
P(T<=t) dos colas	0,13	
Valor crítico de t (dos colas)	2,571	

Al analizar en T Student en el T3=(CA) se pueden observar al igual que en el demás tratamiento un cambio de las medias, lo que indica efectividad de estos tratamientos al ser un rango significativamente amplio. Al analizar el valor en dos colas observamos un

rango mayor a 0.5 lo que indica rechazar la hipótesis nula. Al calcular las remociones para T3=(CA) se obtuvo un total de 80% de remoción total de la contaminación que presentaba el agua antes de aplicar el tratamiento.

### 10.3 Comparación de las plantas en su efectividad de descontaminación.

Al observar los resultados que nos da el experimento de fitorremediación de aguas residuales analizamos las 3 especies vegetales para determinar cuál de ellas presento mejores rangos de descontaminación en los tratamientos T1=(PA), T2=(LA), T3=(CA).

Tabla 7. Remociones por tratamiento y remociones totales.

ID	%Remoción		
	Lechuguilla	Lenteja	Vetiver
DBO	98%	98%	99%
DQO	93%	97%	96%
Temperatura			
Aceites y Grasas	83%	100%	100%
Ph	-0,87%	-3%	7%
conductividad	97%	98%	97%
<b>% Remoción total</b>	<b>74%</b>	<b>78%</b>	<b>80%</b>

Al analizar y comparar los porcentajes de remoción en los 3 tratamientos se determinó que la planta que redujo mayor porcentaje de contaminación fue el tratamiento 3 con el pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) con un 80% de remoción, en cuanto al T1: Lechuguilla de agua (*Pistia Stratiotes*) solo redujo el 74% de contaminación del agua y el T2: Lenteja de Agua (*Lemna Minor*) redujo el 78% de la contaminación presente en el agua.

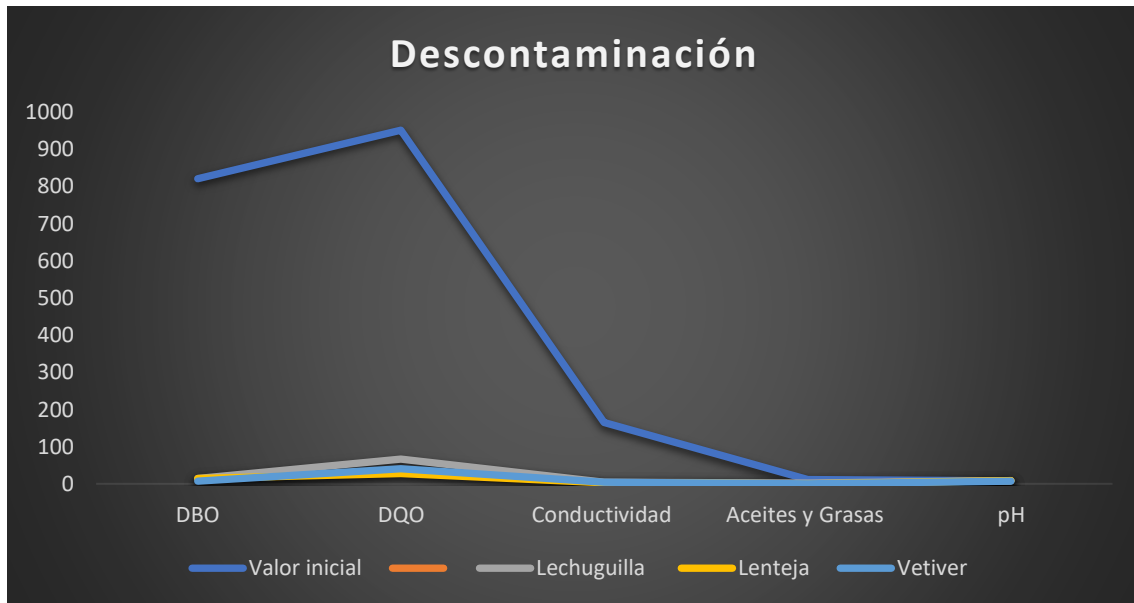
Al observar y comparar los porcentajes de remociones totales en los 3 tratamientos se pudo observar que los 3 tratamientos redujeron por encima del 60% de la contaminación del agua.

Se determino por medio de los análisis físicos químicos y en cuanto a comportamiento de las plantas que la especie más eficiente ha sido **T3=(CA)**, al lograr reducir 80% de contaminantes de las aguas residuales domesticas en tratamiento y así mismo lograr un comportamiento apto físicamente durante el estudio.

Se realizo la comparación de la planta vetiver con otros estudios al ser la que mejores resultados brindo y Según (Troung P. , 2008) la planta vetiver logro remociones en sus

estudios de hasta 86% de remoción de metales pesado en sus raíces y 78% en sus hojas en tratamientos de aguas residuales.

Gráfico 5 Comparación de los rangos de descontaminación.



#### 10.4 Adaptación de las plantas.

En el proceso de adaptación, el comportamiento de las plantas usadas en los tres tratamientos fue aceptable ya que sobrevivieron al cambio de ambiente y estrés al que fueron sometidas al cambiarlas de su entorno natural a uno controlado, presentando síntomas ligeros de estrés y poca mortalidad.

##### *comportamiento durante la regulación del pH del tratamiento*

Para cada uno de los tratamientos se seleccionaron las 10 mejores plantas de cada especie, que se mostraron en el proceso de adaptación visiblemente en mejores condiciones.

En el proceso de regulación de pH, se observó estrés en las especies *Pistia stratiotes* y *Lemna minor*, como también presentaron mortalidad 4 estratos de la especie *Lemna minor*, las 10 plantas de la especie *Pistia stratiotes* presentan estrés y marchitamiento sin mortalidad.

La especie *Chrysopogon zizanioides* no presenta mortalidad, solo algunos signos de estrés, se notó casi sin cambios en este proceso.

Al ser retirada esta primera tanda de plantas en proceso de regulación de pH, se observaron las 3 especies y se constató que la especie *Lemna minor* presento necrosis en las raíces de todos los estratos, marchitamiento y 4 estratos de mortalidad. La especie *Pistia stratiotes* presento las raíces en color oscuro, se observó que dos de estas macrófitas se reprodujeron por hijos obteniendo un total de 12 macrófitas, además de estrés en todos sus estratos, pero sin ninguna mortalidad. La especie *Chrysopogon zizanioides* no presento estrés o marchitamiento en este proceso, al ser retirados se observó en la raíz un color oscuro sin necrosis.

*comportamiento durante el resto del tratamiento.*

- **La especie *Pistia stratiotes*(PA):** durante este proceso, esta especie se tornó con estrés y quemadura en algunas de sus hojas en todos los estratos, se observó que crecían algunas nuevas hojas en 5 estratos pero al final del experimento se constató que las nuevas hojas no se desarrollaron al tamaño adecuado y de forma atrofiada, al momento de desmontar el experimento se observaron las raíces y se observó crecimiento de nuevas raíces en las 10 plantas y las viejas raíces se tornaron de color oscuro sin necrosis, se observó desarrollo de 4 nuevas plantas.

Gráfico 6 Reproducción de las plantas



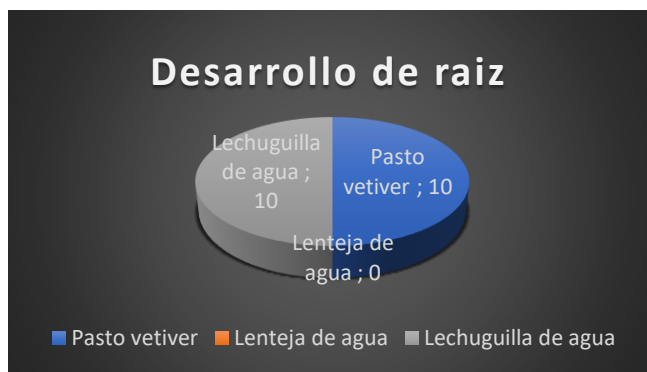
Imágenes 1 Reproducción de (PA)



Se puede observar en los tratamientos como esta especie fue la única que logro reproducirse a pesar de presentar estrés en todos sus estratos.

- **La especie *Chrysopogon zizanioides*(CA):** esta especie fue la que mejor conlleva el tratamiento de manera visual ya que no presento cambios en casi todo el tratamiento, se observó que estaba desarrollando sus hojas en 8 plantas, pero de manera lenta, solo presento algunas hojas amarillas en 4 plantas , sin ninguna mortalidad, al terminar el tratamiento se observaron la raíces y se constató que estas se habían tornado de un color opaco sin necrosis, además desarrollo de nuevas raíces de color blanco en todas la plantas(10).

Gráfico 7 Desarrollo de las raíces.



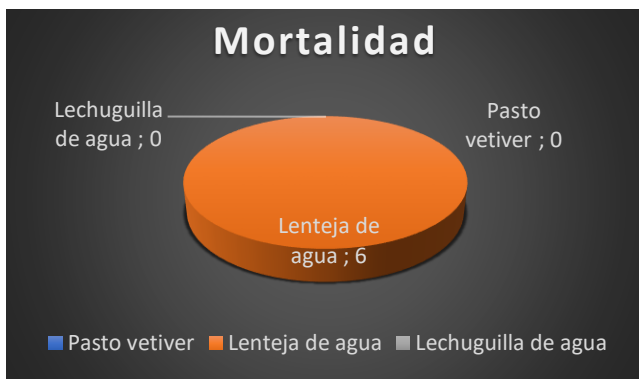
Imágenes 2 Desarrollo de raíces de (CA)



En el grafico se analiza como las especies *Chrysopogon zizanioides* y *Pistia stratiotes* fueron las que lograron reproducir sus raíces, aunque durante el experimento se observó más desarrollo de raíces de parte de la especie *Chrysopogon zizanioides* como muestra la imagen.

- **La especie *Lemna minnor* (LA):** la especie lenteja de agua se observó sin cambios en los primeros días del tratamiento, pero luego comenzó a mostrar mucho estrés y marchitamiento en sus estratos. Al concluir el tratamiento, 6 de sus estratos habían muerto y los 4 estratos sobrantes se observaban en estrés, en mal estado y de un color verde pálido y café, al observar los estratos que sobrevivieron al tratamiento, se encontró que las raíces eran en su mayoría de color negro con necrosis y no presento nuevas raíces en ninguno de los estratos sobrantes.

Gráfico 8 Mortalidad de las especies.

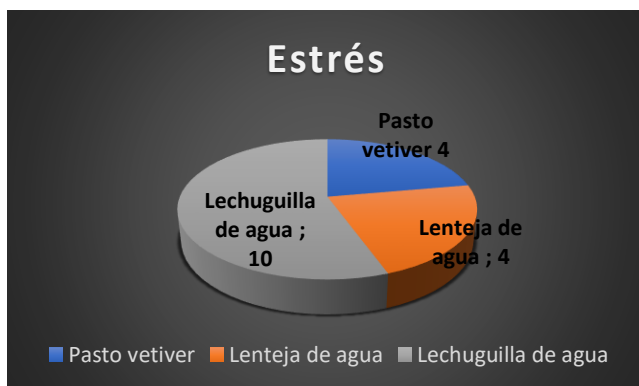


Imágenes 3 Mortalidad de la especie (LA)



En este gráfico se puede apreciar como la especie *Lemna minor* fue la que presentó un 60% de mortalidad en el tratamiento.

Gráfico 9 Estrés en los tratamientos.



Imágenes 4 Estrés de la especie (PA).



En este gráfico podemos observar como se muestra a la especie *Pistia stratiotes* como la que más estrés sufrió durante el tratamiento, pero sin mortalidades.

Gráfico 10 Desarrollo de hojas nuevas de los tratamientos.



Imágenes 5 Hojas nuevas en la especie (CA)



En este grafico se puede observar como la especie *Chrysopogon zizaniodes* fue la que mejor desarrollo tuvo tanto de raíces como de nuevas hojas, pero de una manera más atrofiada, además esta especie fue la que de manera visual conllevó de mejor manera el experimento.

**Lagunaje como propuesta para reducir la contaminación de un restaurante en la UNAN FAREM Chontales.**

Para el diseño se hicieron mediciones métricas in-situ para determinar el área que ocuparía el lagunaje, este se llevó a cabo siguiendo la recomendación de (EPA, 2000).

Al calcular su caudal nos da (0.00237 m<sup>3</sup>/S) en promedio, de un tubo de 6cm de diámetro, con un flujo no constante, por lo que se decidió hacer el diseño en base a los promedios de agua residual domésticas ya establecidos para restaurantes de entre 100 a 150 personas y que producen en promedio 35 litros de agua por persona (Cabrera, 2013).

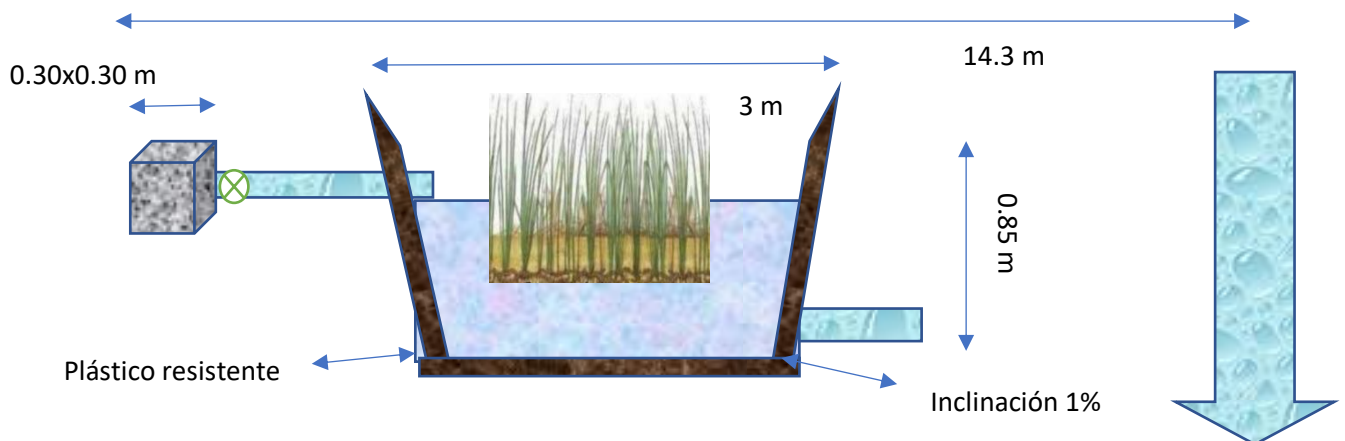
Ecuación de medición de caudal.  $Q = V.S$

$$S = \pi D^2 / 4$$

$$V = e/t$$

Las dimensiones de la laguna serán de (1M X 3 X 0,85) ubicado de este, a oeste. que logrará captar un volumen de agua residual de 0.24 m<sup>3</sup>, se agregará una caja de registro con filtros para sólidos, el suelo deberá compactarse y posterior a compactarse se deberá agregar un plástico especial para así evitar la infiltración de agua residual.

**Gráfico 11 Sección transversal.**



Las especies vegetales deberán pasar un mínimo de 2 meses en proceso de adaptación y un máximo de 6 meses antes de sembrarlas en la laguna. A las plantas se les deberá dar manejo cuando requieran, (poda, recorta). Una vez establecidas en la laguna se les deberá

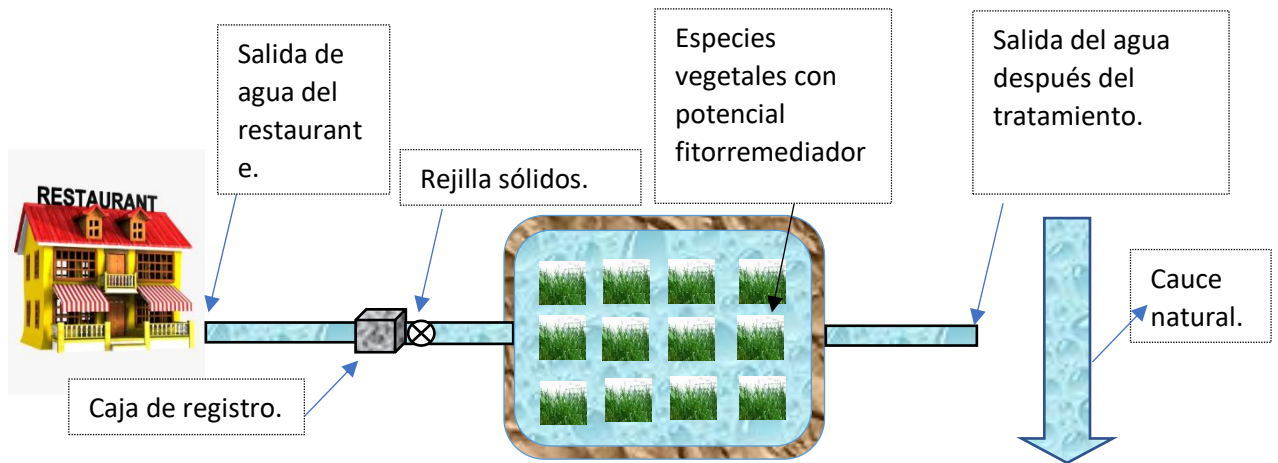


proporcionar nutrientes de la manera más adecuada y la más conveniente para el restaurante y que facilite a las plantas la fotosíntesis y su persistencia en la laguna.

El tiempo de retención hidráulico recomendado será 15 días o hasta lograr los estándares de DBO5 deseados. Posterior a sus vertidos de agua ya tratadas al afluyente se deberá dar limpieza de la alguna y mantenimiento de las plantas si lo requieren.

En los momentos de dar manejo de las plantas o controlar su población. se obtienen biomasa que puede ser de alimento para ganado mayor o menor.

*Gráfico 12* Diseño.



La implementación de estos tipos de tratamientos conllevaría a la eliminación de olores de estas aguas residuales.

**Costos de ejecución de los tratamientos.**

A continuación, se presentan los costos totales de los tratamientos de fitorremediación.

En estos costos se reflejan todos los datos de gastos en la realización de esta investigación experimental, donde se puede observar que los montos más altos son de transporte (viajes al laboratorio de Biotecnología) y pagos de pruebas (pruebas físico, químicas, biológicas y reactivos).

*Tabla 8* Costos de ejecución de los tratamientos de fitorremediación.

costos de ejecución de los 3 tratamientos	
Recipientes	C\$550
Piedrín	C\$20
Arena	C\$15
Transporte	C\$2.550
Alcohol	C\$80
Agua desmineralizada	C\$50

Poroplast	C\$50
Embaces de muestras	C\$110
Reactivo de laboratorio	C\$930
guantes y mascarillas	C\$200
Análisis de laboratorios.	C\$6.610
obtención de plantas	C\$80
<b>Costo total</b>	<b>C\$11.245</b>

A continuación, se muestran los datos estimados para cada tratamiento (Los datos de transporte fueron divididos equitativamente para no alterar costos).

*Tabla 9* Resultados de costos por tratamiento.

<b>Costos por tratamientos</b>			
	<b>Vetiver</b>	<b>Lenteja de agua</b>	<b>Lechuguilla de agua</b>
Recipientes	C\$183	C\$183	C\$183
Piedrín	C\$7	C\$7	C\$7
Arena	C\$5	C\$5	C\$5
Transporte	C\$850	C\$850	C\$850
Alcohol	C\$27	C\$27	C\$27
Agua desmineralizada	C\$17	C\$17	C\$17
Poroplast	C\$25	C\$25	0
Embaces de muestras	C\$37	C\$37	C\$37
Reactivo de laboratorio	C\$310	C\$310	C\$310
guantes y mascarillas	C\$67	C\$67	C\$67
Análisis de laboratorios	C\$2.203	C\$2.203	C\$2.203
obtención de plantas	C\$80	0	0
<b>Total</b>	<b>C\$3.810</b>	<b>C\$3.730</b>	<b>C\$3.705</b>

## Capítulo V

### XI Conclusiones.

Luego de la finalización del experimento se llegó a la conclusión en la cual los 3 tratamientos fueron efectivos al reducir los contaminantes al agua residual a la que se le realizó el experimento en cuestión, Con la utilización de un método amigable con el ambiente la investigación evaluó tres plantas, la lechuguilla y lenteja de agua pertenecientes a la misma familia (Araceace) y el Pasto vetiver, que al no ser una especie macrófita, presenta una gran resistencia a altas concentraciones de aguas y contaminantes, estas plantas con propiedades fitorremediadoras redujeron buena parte de los niveles de contaminación en los tres tratamientos a los que fueron sometidas, resultando más efectiva el pasto vetiver al reducir hasta 80% de contaminación en general.

Los resultados muestran que las aguas son aptas para su vertimiento en cuerpos de aguas, sin causar afectaciones al medio ambiente o daños a la salud. Solo utilizando plantas disponibles gratis en la naturaleza que podrían ser el comienzo para una nueva etapa de tratamientos sin la utilización de químicos o grandes presupuestos para llevar a cabo una depuración de aguas residuales.

La utilización del sistema propuesto en la investigación podría reducir en gran medida la contaminación producida por las aguas desechadas y eliminar los fuertes olores cerca de los pequeños restaurantes además de brindar espacios más higiénicos para la compra e ingesta de alimentos dentro de la universidad.

## XI. Recomendaciones.

Para la implementación del sistema propuesto se recomienda seguir las medidas de proceso de adaptación de las plantas para su correcto funcionamiento.

Las plantas al estar sometidas a procesos de estrés y de absorción de contaminantes necesitan tener disponibilidad de nutrientes que deberá ser proporcionado mediante caldos nutritivos compuestas por NPK y a si asegurar la disponibilidad de las plantas.

Tener en cuenta las plantas estudiadas como fitorremediadoras para este tipo de sistemas.

Los procesos de manejo de las plantas dejan biomasa que puede darse de forraje para ganado mayor y menor.

### XIII. Referencias y bibliografía

217. (1996). *19digital*. Obtenido de 19digital:  
<https://www.el19digital.com/articulos/ver/titulo:80075-enacal-presenta-avances-en-el-tratamiento-de-aguas-residuales->
- Adams . (2017). *METHODS OF EXAMINATION OF WATER A WASTE WATER*. NEW YORK.
- Andrade, B. &. (2015). *F PLANTAS MACROFITAS*. Obtenido de F PLANTAS MACROFITAS:  
<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/11868/1/Kelvin%20Cristian%20Andrade%20Jim%c3%a9nez.pdf>
- Arcos P, & et al. (2005). *Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua . NOVA*. Obtenido de Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua . NOVA: [http://www.unicolmayor.edu.co/invest\\_nova/NOVA/ARTREVIS2\\_4.pdf](http://www.unicolmayor.edu.co/invest_nova/NOVA/ARTREVIS2_4.pdf)
- Argen. (2007). *pdf fitorremediacion*. Obtenido de pdf fitorremediacion:  
<file:///C:/Users/Jorge%20Luis%20Cruz/Documents/Varios%20Lennon/monografia%20fitorremediacion/Kelvin%20Cristian%20Andrade%20Jim%C3%A9nez.pdf>
- Arroyave, M. d. (julio de 2004). LA LENTEJA DE AGUA (LEMNA MINOR L.): UNA PLANTA ACUÁTICA PROMISORIA. *Revista EIA*. Obtenido de Revista EIA:  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1794-12372004000100004](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372004000100004)
- Báez. (Febrero de 2015). *repositorio unan*. Obtenido de repositorio unan:  
<http://repositorio.unan.edu.ni/779/1/10404.pdf>
- Báez, R. S., & Espinoza, R. M. (febrero de 2015). *repositorio.unan.edu*. Obtenido de repositorio.unan.edu: <http://repositorio.unan.edu.ni/779/1/10404.pdf>
- Betancurt, A. (2005). fitorremediacion alternativa para metales pesados. *revista lasallista de investigacion* .
- Boelens, r. (2011). *justicia hidrica*. Obtenido de  
[https://www.researchgate.net/profile/Rutgerd\\_Boelens/publication/267028426\\_Justicia\\_Hidrica\\_Acumulacion\\_de\\_Agua\\_Conflictos\\_y\\_Accion\\_Social/links/544195220cf2a6a049a5bd88.pdf#page=98](https://www.researchgate.net/profile/Rutgerd_Boelens/publication/267028426_Justicia_Hidrica_Acumulacion_de_Agua_Conflictos_y_Accion_Social/links/544195220cf2a6a049a5bd88.pdf#page=98)
- Bravo, Osorno, & Salgado. (2016). *tesis aceites y grasas* . Obtenido de tesis aceites y grasas :  
<http://repositorio.unan.edu.ni/3504/1/61591.pdf>
- Cabré, R. B. (2012). *diposit.ub.edu*. Obtenido de diposit.ub.edu: [shorturl.at/crRWY](http://shorturl.at/crRWY)
- Cabrera, m. (2013). *slideshare*. Obtenido de slideshare:  
<https://es.slideshare.net/mariocabrerax123/unidad-2-25733680>
- Cambell. (2011). *CANNA*. Obtenido de  
[http://www.canna.es/las\\_formas\\_mas\\_frecuentes\\_estres\\_en\\_las\\_plantas](http://www.canna.es/las_formas_mas_frecuentes_estres_en_las_plantas)
- Campos, L. (2017). *UCUN*. Obtenido de  
<http://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/953/Evaluaci%c3%b3n%20del%20Pasto%20Vetiver%20%28Chrysopogon%20Zizanioides%29%20p>

ara%20la%20Estabilizaci%3%b3n%20de%20un%20Suelo%20Erosionado%20en%20la  
%20Finca%20el%20Limonar%2c%20Vere

- CAPRE. (1996). *especificaciones tecnicaas*. Obtenido de [http://biblioteca.enacal.com.ni/bibliotec/Libros/pdf/CAPRE\\_Normas\\_Regional.pdf](http://biblioteca.enacal.com.ni/bibliotec/Libros/pdf/CAPRE_Normas_Regional.pdf)
- Celso, & Rojas. (2018). Obtenido de [shorturl.at/nAEVZ](http://shorturl.at/nAEVZ)
- Celso, & Rojas. (2018). *revista cientifica*. Obtenido de <http://revistas.uss.edu.pe/index.php/tzh/article/view/792>
- Celso, & Rojas. (2018). *Revista cientifica*. Obtenido de revista cientifica: <http://revistas.uss.edu.pe/index.php/tzh/article/view/792>
- Cornejo, X. (s.f.). *mcielo*. Obtenido de [http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1390-65422018000400131](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-65422018000400131)
- Coto, m. (2012). *Fitorremediación, una tecnología que involucra a plantas y microorganismos en el saneamiento*. Obtenido de Fitorremediación, una tecnología que involucra a plantas y microorganismos en el saneamiento: <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223124988007.pdf>
- Cruz, E. M. (junio de 2008). *dgsa.uaeh.edu.mx*. Obtenido de [dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/514/?sequence=1](http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/514/?sequence=1)
- Cuarezma, M. G. (mayo de 2015). <http://repositorio.uca.edu.ni/>. Obtenido de <http://repositorio.uca.edu.ni: http://repositorio.uca.edu.ni/3118/1/UCANI4050.pdf>
- CYTED. (2017). *tesispdf*. Obtenido de <http://www.cytcd.org/es/cytcd>
- Dean, A. (2017). *methods for examination of water and wastewater* . nweyor.
- Delgadillo. (2011). *fitorremediacion de aguas residuales*. Obtenido de fitorremediacion de aguas residuales: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/11868/1/Kelvin%20Cristian%20Andrade%20Jim%c3%a9nez.pdf>
- Delgadillo, A. (2008). *aguas residuales* . Obtenido de aguas residuales : <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/11868/1/Kelvin%20Cristian%20Andrade%20Jim%c3%a9nez.pdf>
- Diario, E. N. (23 de febrero de 2011). Obtenido de <https://www.elnuevodiario.com.ni/departamentales/95390-aguas-negras-hedor-que-ya-no-soportan-juigalpinos/>
- Dijk, B. V. (2014). *vida mas verde*. Obtenido de vida mas verde: <https://vidamasverde.com/2013/8-tipos-de-contaminacion-del-agua/>
- electrica., M. (2018). *equipos de laboratorio colombia*. Obtenido de equipos de laboratorio colombia: [https://www.equiposylaboratorio.com/sitio/contenidos\\_mo.php?it=5397](https://www.equiposylaboratorio.com/sitio/contenidos_mo.php?it=5397)
- EPA. (2000). *WASTE WATER*. Obtenido de [https://www3.epa.gov/npdes/pubs/cs\\_00\\_023.pdf](https://www3.epa.gov/npdes/pubs/cs_00_023.pdf)

- Erika. (2 de febrero de 2017). *Bloggardencenterejea.com*. Obtenido de Bloggardencenterejea.com: <https://blog.gardencenterejea.com/pistia-stratiotes-planta-acuatica/>
- Espigares, M. (2015). *edm aguas residuales* . Obtenido de [http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas\\_Residuales\\_composicion.pdf](http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf)
- Fernández, A. (03 de diciembre de 2012). *El agua: un recurso esencial*. Obtenido de El agua: un recurso esencial: [shorturl.at/bfpx4](http://shorturl.at/bfpx4)
- Flores Campoverde, E. D., & Jaramillo Jumbo, M. d. (10 de enero de 2012). *dspace.ups.edu.ec*. Obtenido de [dspace.us.edu.ec](http://dspace.us.edu.ec): [shorturl.at/clyDO](http://shorturl.at/clyDO)
- Garcia. (2006).
- Garcia Garcia, K. A., & Rodriguez Chumbe, M. I. (2012). <http://repositorio.unsm.edu.pe/>. Obtenido de <http://repositorio.unsm.edu.pe/>: [http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/372/TECO\\_01.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/372/TECO_01.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- gobmex. (2016). *MERI*. Obtenido de meri: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/220998/Coix\\_lacryma-jobi.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/220998/Coix_lacryma-jobi.pdf)
- Grers. (2008). *uso de plantas acuaticas para aguas residuales*. Obtenido de uso de plantas acuaticas para aguas residuales.
- Hann. (2018). *wehelppeopletomakegoodchoices*. Obtenido de wehelppeopletomakegoodchoices: <https://www.hannachile.com/blog/post/ph-en-tratamiento-de-aguas-residuales>
- Hans. (2003). *tesis de plantas acuaticas como depuradorrs*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/911/91101302.pdf>
- Hidrit. (2016). *Hidritectec*. Obtenido de Hidritectec: <http://www.hidritec.com/hidritec/tratamiento-de-aguas-residuales-y-disminucion-de-dqo>
- Huesca, m. (2019). *PARAMIJARDIN*. Obtenido de <https://www.paramijardin.com/plantas/acuaticas/lechuga-de-agua-pistia-stratiotes/>
- ingenieria ambiental blog. (domingo de marzo de 2009). *ingenieriaambientalapuntes.blogspot*. Obtenido de [ingenieriaambientalapuntes.blogspot](http://ingenieriaambientalapuntes.blogspot.com): <http://ingenieriaambientalapuntes.blogspot.com/2009/03/parametros-fisicos-quimicos-y.html>
- Jimenez. (2015). *TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES* . Obtenido de TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/11868/1/Kelvin%20Cristian%20Andrade%20Jim%c3%a9nez.pdf>
- Jiménez, A. A. (2000). DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE CALIDAD DE LAS AGUAS. *gestion ambiental*, 12. Obtenido de <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-quimica/ingenieria-ambiental/otros-recursos-1/OR-F-001.pdf>

- Jiménez, K. C. (2015). *monografias.com*. Obtenido de monografias.com:  
<file:///F:/monografia%20fitorremediacion/Kelvin%20Cristian%20Andrade%20Jim%C3%A9nez.pdf>
- Laboratorio de biotecnología de la UNAN managua . (2018). magua.
- Lahera. (2010). *infraestructura sostenibles* . Obtenido de  
<https://www.redalyc.org/pdf/401/40115676004.pdf>
- Larios, C. A., & Ponce, O. (agosto de 2011). *SNV y HONDUPALMA* . Obtenido de SNV y HONDUPALMA : [shorturl.at/twzI5](http://shorturl.at/twzI5)
- Ley general del medio ambiente. (1996). *Asamblea nacional ministerlo de gobierno* . Obtenido de  
[http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/\(\\$All\)/1B5EFB1E58D7618A0625711600561572?OpenDocument](http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/($All)/1B5EFB1E58D7618A0625711600561572?OpenDocument)
- Lopez. (2008). *oapen.org*. Obtenido de oapen.org:  
<https://www.oapen.org/download?type=document&docid=640701>
- Lozano, M. G. (2016). Eutrofización: una visión general. *CienciaAcierta*.
- Ma etal. (2010). Obtenido de  
[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/220998/Coix\\_lacryma-jobi.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/220998/Coix_lacryma-jobi.pdf)
- Madigan. (1997). *PDFttesis*. Obtenido de  
[http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/pdfs/Capitulo\\_20.pdf](http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/pdfs/Capitulo_20.pdf)
- Martel, A. (2014). *ingeniero ambiental* . Obtenido de  
<http://www.ingenieroambiental.com/4014/uno.pdf>
- Meas, v. (2004). *Revista ciencia*. Obtenido de Revista ciencia:  
[https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/55\\_3/Fitorremediacion.pdf](https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/55_3/Fitorremediacion.pdf)
- Mejia. (1992). *et al* . Obtenido de  
[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/220998/Coix\\_lacryma-jobi.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/220998/Coix_lacryma-jobi.pdf)
- Mentaberry, A. (2011). *unam.mx*. Obtenido de unam.mx:  
[http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/IQM\\_fitorremediacion\\_argentina\\_25620.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/IQM_fitorremediacion_argentina_25620.pdf)
- Mkandawire, & Dudel. (2007). *univ*. Obtenido de univ:  
<http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/8455/1/BQ%2056%20.pdf>
- Mondaca , & Campos . (2005). *Riesgo De Enfermedades Transmitidas Por El Agua En Zonas Rurales. Red Iberoamericana de Potabilización Y Depuración Del Agua*,. Obtenido de Riesgo De Enfermedades Transmitidas Por El Agua En Zonas Rurales. Red Iberoamericana de Potabilización Y Depuración Del Agua, :  
<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd57/riesgo.pdf>
- Moreno, E. (2012). *crecimiento y desarrollo de las plantas*. mexico: non.
- Morillo, A. (27 de marzo de 2017). *we are water foundation* . Obtenido de we are water foundation : [https://www.wearewater.org/es/aguas-negras-el-rastro-de-nuestra-historia\\_281141](https://www.wearewater.org/es/aguas-negras-el-rastro-de-nuestra-historia_281141)



- Núñez. (2004). *tesis fitor*. Obtenido de  
file:///C:/Users/Jorge%20Luis%20Cruz/Documents/Varios%20Lennon/monografia%20fitorremediacion/Kelvin%20Cristian%20Andrade%20Jim%C3%A9nez.pdf
- Núñez López, R. A., Meas Vong, Y., & et al. (julio-septiembre de 2004). *SCRIBD*. Obtenido de SCRIBD: <https://es.scribd.com/document/67546187/Fitorremediacion-Fundam-Aplic>
- Núñez, E. (2004). *tesis fiotrr*. Obtenido de  
file:///C:/Users/Jorge%20Luis%20Cruz/Documents/Varios%20Lennon/monografia%20fitorremediacion/Kelvin%20Cristian%20Andrade%20Jim%C3%A9nez.pdf
- Orellana, J. A. (2005). <https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras>. Obtenido de <https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras>:  
[https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing\\_sanitaria/Ingenieria\\_Sanitaria\\_A4\\_Capitulo\\_08\\_Caracteristicas\\_de\\_Liquidos\\_Residuales.pdf](https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_08_Caracteristicas_de_Liquidos_Residuales.pdf)
- Orihuela, J. A. (Diciembre de 2007). *vetiver.org*. Obtenido de *vetiver.org*:  
[http://www.vetiver.org/TVN\\_manualvetiver\\_spanish-o.pdf](http://www.vetiver.org/TVN_manualvetiver_spanish-o.pdf)
- Ortega Lopez, R., Núñez López, R. A., & et al. (2004).
- Pasos, H. (2016). *ucucn*. Obtenido de  
<http://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/953/Evaluacion%20del%20Pasto%20Vetiver%20%28Chrysopogon%20Zizanioides%29%20para%20la%20Estabilizacion%20de%20un%20Suelo%20Erosionado%20en%20la%20Finca%20el%20Limonar%20Vere>
- Paz, M. S. (2019 de Marzo de 2019). *chontales.unan.edu.n*. Obtenido de <https://chontales.unan.edu.ni/>
- Pliego, R. M. (2013). *fitorremediacion de aguas residuales*. Obtenido de [https://inecol.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1005/61/1/6576\\_2013-10400.pdf](https://inecol.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1005/61/1/6576_2013-10400.pdf)
- Poch, M. (2000). Las cualidades del agua. En M. Poch, *Las cualidades del agua* (pág. 160). Barcelona : RUBES.
- Política, C. (21 de enero de 1948). <https://www.asamblea.gob.ni/>. Obtenido de <https://www.asamblea.gob.ni/>: <https://www.asamblea.gob.ni/assets/constitucion.pdf>
- Poveda. (2014). *universidad de ecuador*. Obtenido de universidad de ecuador:  
<http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/8455/1/BQ%2056%20.pdf>
- Puig, G. P. (2012). *El agua virtual: conceptos e implicaciones*. Obtenido de El agua virtual: concepto e implicaciones: <https://www.redalyc.org/pdf/896/89625076001.pdf>
- Raffino, M. E. (11 de octubre de 2019). <https://concepto.de/contaminacion-del-agua/>. Obtenido de <https://concepto.de/contaminacion-del-agua/>: [shorturl.at/eCRSY](http://shorturl.at/eCRSY)
- Ramalho, R. S. (1 de enero de 1990). *tratamiento de aguas residuales*. Barcelona, Bogota, Buenos Aires, caracas: REVERTE. Obtenido de <http://goo.gl/c6jeDy>:  
<http://goo.gl/c6jeDy>
- Ramirez, j. (2018). *revistacientificadeciencias*. Obtenido de  
file:///G:/monografia%20fitorremediacion/335340-157186-1-PB.pdf

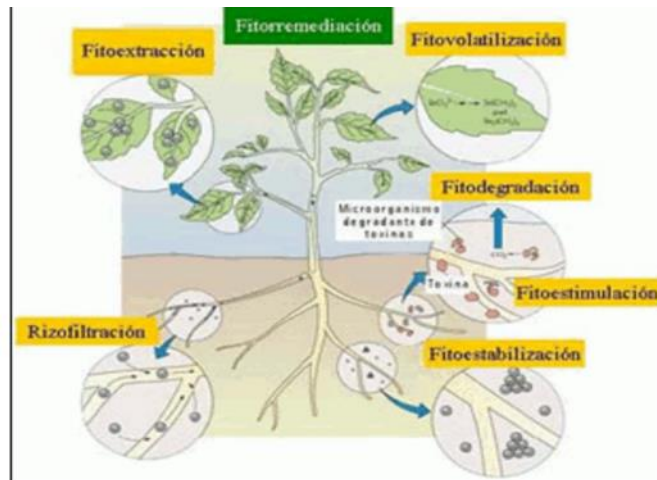
- Reynolds, K. (2001). *trat. aguas residuales* . Obtenido de [http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/documentos\\_nuevos/DeLaLaveSepOct02.pdf](http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/documentos_nuevos/DeLaLaveSepOct02.pdf)
- Rocio, L. S. (2010). *el ph y sus efectos*. Obtenido de [http://docencia.izt.uam.mx/japg/Bioquimica1/Pliegos/pH\\_w6.pdf](http://docencia.izt.uam.mx/japg/Bioquimica1/Pliegos/pH_w6.pdf)
- Rodriguez, P. E. (1997). *ucun* . Obtenido de <http://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/953/Evaluaci%C3%B3n%20del%20Pasto%20Vetiver%20%28Chrysopogon%20Zizanioides%29%20para%20la%20Estabilizaci%C3%B3n%20de%20un%20Suelo%20Erosionado%20en%20la%20Finca%20el%20Limonar%2c%20Vere>
- Rodriguez, T. (2010). *scielo*. Obtenido de scielo: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342010000200005&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342010000200005&script=sci_arttext)
- Rojas, R. (27 de Septiembre de 2002). *academia.edu*. Obtenido de academia.edu: [shorturl.at/lotuw](http://shorturl.at/lotuw)
- S.A., E. I. (enero de 2012). *paho.org*. Obtenido de paho.org: [shorturl.at/lyAOU](http://shorturl.at/lyAOU)
- Salazar Q, M. C., Núñez S., C. P., & et al. (2004). LA LENTEJA DE AGUA (LEMNA MINOR L.): UNA PLANTA ACUÁTICA PROMISORIA. *www.scielo.org*, [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1794-12372004000100004](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372004000100004).
- Samboni, N., Carvajal, Y., & Escobar, J. (2007). Revision de parametros fisicoquimicos como indicadores de calidad y contaminacion del agua . *Revista Ingenieria e investigacion* , 172-181.
- Santana, I. (2015). *Diseño Cuasi-experimental (pre test/post test) Aplicado a la Implementación de Tics*. Obtenido de Diseño Cuasi-experimental (pre test/post test) Aplicado a la Implementación de Tics: [https://www.researchgate.net/publication/338165457\\_Disen%C3%B3n\\_Cuasi-experimental\\_pre\\_testpost\\_test\\_Aplicado\\_a\\_la\\_Implementaci%C3%B3n\\_de\\_Tics\\_en\\_el\\_Grado\\_de\\_Ingl%C3%A9s\\_Elemental\\_Caso\\_Universidad\\_Tecnol%C3%B3gica\\_de\\_Santiago\\_Recinto\\_Santo\\_Domingo\\_en\\_el\\_Cuatrimestre\\_Mayo-](https://www.researchgate.net/publication/338165457_Disen%C3%B3n_Cuasi-experimental_pre_testpost_test_Aplicado_a_la_Implementaci%C3%B3n_de_Tics_en_el_Grado_de_Ingl%C3%A9s_Elemental_Caso_Universidad_Tecnol%C3%B3gica_de_Santiago_Recinto_Santo_Domingo_en_el_Cuatrimestre_Mayo-)
- Saules. (1992). Obtenido de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/220998/Coix\\_lacryma-jobi.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/220998/Coix_lacryma-jobi.pdf)
- Saules. (1999). *tesis mex especies*. Obtenido de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/220998/Coix\\_lacryma-jobi.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/220998/Coix_lacryma-jobi.pdf)
- Saules, M. (2000). *meri*. Obtenido de meri: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/220998/Coix\\_lacryma-jobi.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/220998/Coix_lacryma-jobi.pdf)
- Simonovic. (1999). *agua en mexico*. Obtenido de agua en mexico: [shorturl.at/wp346](http://shorturl.at/wp346)
- Torrez, C. &. (2009). *Dialnet*. Obtenido de [shorturl.at/vK458](http://shorturl.at/vK458)
- Truong. (2017). *cuun*. Obtenido de <http://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/953/Evaluaci%C3%B3n%20del%20Pasto%20Vetiver%20%28Chrysopogon%20Zizanioides%29%20p>

ara%20la%20Estabilizaci%3%b3n%20de%20un%20Suelo%20Erosionado%20en%20la  
%20Finca%20el%20Limonar%2c%20Vere

- Truong, P. (2008 de 2008). *vtiveri*. Obtenido de <https://www.vetiver.org/Water%20quality%20Spanish%20web%202.pdf>
- Turcios, R. A. (2015). t-Student. Usos y abusos. *Revista mexicana de cardiología* .
- UNAN. (2018). *nuestra mision*. Obtenido de <http://chontales.unan.edu.ni/>
- Uruguay, R. (2010). *Contaminación y eutrofización del agua (de RAPAL U)*. Uruguay. Obtenido de Contaminación y eutrofización del agua (de RAPAL U). Uruguay.: <http://www.rapaluruguay.org/agrotoxicos/Uruguay/Eutrofizacion.pdf>
- Vázquez-Mejía, G., Ortega-Aguilar , R. E., & et al. (2 de abril de 2013). *Fraccionamiento de DQO del agua*. Obtenido de Fraccionamiento de DQO del agua: <http://www.scielo.org.mx/pdf/tca/v4n2/v4n2a2.pdf>
- VetiverCOL. (2015). *REPOSITORIO UCUN*. Obtenido de <http://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/953/Evaluaci%3%b3n%20del%20Pasto%20Vetiver%20%28Chrysopogon%20Zizanioides%29%20para%20la%20Estabilizaci%3%b3n%20de%20un%20Suelo%20Erosionado%20en%20la%20Finca%20el%20Limonar%2c%20Vere>
- Zarela. (2012). *aguas residuales*. Obtenido de <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/8455/1/BQ%2056%20.pdf>

## XIV Anexos.

### ***Imágenes 6 Tipos de fitorremediación***



Fuente: (Argen, 2007).

### Valores permisibles en aguas.

#### Imágenes 7 Parámetros bacteriológicos

Origen	Parámetro (b)	Valor Recomendado	Valor máximo Admisible	Observaciones
A. Todo tipo de agua de bebida	Coliforme fecal	Neg	Neg	
B. Agua que entra al sistema de distribución	Coliforme fecal	Neg	Neg	
	Coliforme total	Neg	≤4	En muestras no consecutivas
C. Agua en el sistema de distribución	Coliforme total	Neg	≤4	En muestras puntuales No debe ser detectado 95 % de las muestras anuales (c)
	Coliforme fecal	Neg	Neg	

(CAPRE, 1996).

#### Imágenes 8 Parámetros Organolépticos

Parámetro	Unidad	Valor Recomendado	Valor máximo Admisible
Color Verdadero	mg/L (Pt-Co)	1	15
Turbiedad	UNT	1	5
Olor	Factor dilución	0	2 a 12 °C 3 a 25°C
Sabor	Factor dilución	0	2 a 12 °C 3 a 25°C

(CAPRE, 1996).

#### Imágenes 9 Parámetros físico- químicos

Parámetro	Unidad	Valor Recomendado	Valor máximo Admisible
Temperatura	°C	18 a 30	
Concentración de Iones Hidrógeno	Valor pH	6.5 a 8.5 (a)	
Cloro Residual	mg/L	0.5 a 1.0 (b)	(c)
Cloruros	mg/L	25	250
Conductividad	μS/cm	400	
Dureza	mg/L CaCO <sub>3</sub>	400	
Sulfatos	mg/L	25	250
Aluminio	mg/L		0.2
Calcio	mg/L CaCO <sub>3</sub>	100	
Cobre	mg/L	1.0	2.0
Magnesio	mg/L CaCO <sub>3</sub>	30	50
Sodio	mg/L	25	200
Potasio	mg/L		10
Sólidos Disueltos Totales	mg/L		1000
Zinc	mg/L		3.0

(CAPRE, 1996)

### Imágenes 10 Diferencia entre modelo experimental y Cuasi experimental



Figura 1.1. Representación gráfica de a) una investigación experimental y b) cuasi-experimental (modificada de Pedhazur y Schmelkin, 1991; p. 280).

### Imágenes 11 Modelo de espureidad

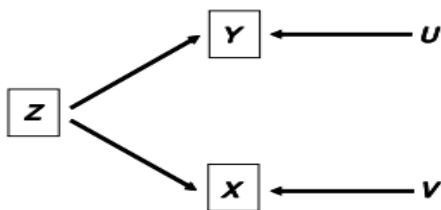


Figura 1.2. Modelo de espureidad o de una tercera variable, donde  $U$  y  $V$  son factores de perturbación.

## Imágenes 12 Resultados de análisis iniciales del laboratorio biotecnología



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
NICARAGUA,  
MANAGUA  
UNAN - MANAGUA

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua  
UNAN - Managua  
Laboratorio de Biotecnología



### RESULTADOS ANALÍTICOS BIOTECR-2020-0001

Cliente/Proyecto: Lennon Stefano Cruz Serrano  
Teléfono de contacto: +505 89119108  
Correo electrónico: lennoncruz4@gmail.com

Matriz / Tipo de muestra: Agua Residual / Doméstico

Identificación de la muestra: Agua residual del pequeño restaurante  
Localidad/Municipio/Departamento: UNAN-FAREM, Juigalpa,  
Chontales  
Coordenadas: NR

Hora de muestreo: 06 h 10

Fecha del reporte: 2020-01-21

Código de laboratorio: LQ-1912-0190

No.	Parámetro	Método	Resultados	Límite de detección	Decreto 21-2017 Arto. 26	Unidades
1	Aceites y grasas	5520.B	11,6	1,4	15	mg.l <sup>-1</sup>
2	Demanda Bioquímica Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	5210.B	320,00	1,00	110	mg.l <sup>-1</sup>
3	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	5220.C	950,80	10,00	220	mg.l <sup>-1</sup>

Claves: NR: No reportado

**Negrita:** Resultado por encima del valor máximo permisible

Decreto No. 21-2017. Reglamento en el que se establecen las disposiciones para el vertido de aguas residuales. Artículo 26. De los vertidos provenientes de los sistemas de tratamiento de aguas residuales tipo doméstico.

La muestra fue analizada siguiendo las recomendaciones y procedimientos del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMWW) 22va. Edición.

Observaciones: La muestra fue colectada y transportada al Laboratorio por el cliente.



Dra. Martha Lacayo Romero  
Directora

## Imágenes 13 Resultados de análisis coliformes termotolerantes



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
NICARAGUA,  
MANAGUA  
UNAN - MANAGUA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, MANAGUA  
FACULTAD REGIONAL MULTIDISCIPLINARIA DE CHONTALES  
UNAN-MANAGUA-FAREM, CHONTALES  
2019, "Año de la Reconciliación"

LABORATORIO DOCENTE BIOANÁLISIS CLÍNICO.

Diagnóstico de coliformes totales y fecales.

### Resultados

Determinación de coliformes Totales y fecales Método de tubos múltiples 10<sup>-1</sup> - 10<sup>-2</sup> - 10<sup>-3</sup>  
Proyecto: Tratamiento de fitorremediación en Aguas residuales Analista Cristhian R. Lazo

Prueba presuntiva: Caldo Lauril Triptosa. Prueba confirmativa: CVBB 2%.

N° muestra	Fecha y hora de muestreo	Fecha y hora de análisis	Punto de muestreo	Temp. °C muestra	Prueba presuntiva a 24-48 hr			Prueba confirmativa 24-48 hr			NMP /100 ml.	Resultado
#1001	1:00 pm	2:00 pm	Laboratorio Clínico Docente Bioanálisis Clínico UNAN-FAREM-CH.	28°	3	3	3	3	3	3	≥2,400	Positivo

El cálculo es el siguiente:

$\frac{\text{Volumen de la muestra}}{\text{Volumen del agua de dilución} + \text{volumen de la muestra}}$  = Dilución correspondiente.

Valor en la tabla de NMP  $\times \frac{10}{\text{Volumen de la dilución inicial}}$  = NMP/100 ml

MSc. Cristhian Roberto Lazo Salazar.  
Responsable del Laboratorio Docente Bioanálisis Clínico  
Docente de Licenciatura Bioanálisis Clínico.  
UNAN-FAREM Chontales.

## Imágenes 14 Rangos de conductividad eléctrica

Tabla de conductividad del Agua	
Agua ultra pura	0,055 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Agua destilada	0,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Agua de montaña	1,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Agua doméstica	500 a 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Max. Para agua potable	1055 $\text{mS}/\text{cm}$
Agua de mar	56 $\text{mS}/\text{cm}$
Agua salobre	100 $\text{mS}/\text{cm}$

Fuente: (electrica., 2018)

## Imágenes 15 Resultados pos test del laboratorio de biotecnología.



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
NICARAGUA,  
MANAGUA  
UNAN - MANAGUA

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua  
UNAN - Managua  
Laboratorio de Biotecnología



RESULTADOS ANALÍTICOS  
BIOTECR-2020-0039

**Cliente/Proyecto:** Lennon Stefano Cruz Serrano  
**Teléfono de contacto:** (505) 8911-9108  
**Correo electrónico:** lennoncruz4@gmail.com

**Matriz / Fuente:** Agua residual/ doméstica/ tratada  
**Identificación de la muestra:** Tratamiento 3. Pasto vetiver  
**Municipio/Departamento:** Julgalpa/ Chontales  
**Coordenadas:** NR

**Fecha de muestreo:** 2020-03-17  
**Hora de muestreo:** 06 h 13  
**Fecha del reporte:** 2020-04-17  
**Código de laboratorio:** LQ-2003-0027

No.	Parámetro	Método	Resultados	Límite de detección	Decreto 21-2017 Arto. 26	Unidades
1	Aceites y grasas	5520.B	<LD	1,4	15	$\text{mg.l}^{-1}$
2	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	5210.B	7,63	1,00	110	$\text{mg.l}^{-1}$
3	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	5220.C	40,50	10,00	220	$\text{mg.l}^{-1}$

Claves:


<LD: El valor está por debajo del límite de detección

NR: No reportado

Decreto No. 21-2017. Reglamento en el que se establecen las disposiciones para el vertido de aguas residuales. Capítulo V De los vertidos provenientes de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales de Tipo Doméstico. Arto 26. Los vertidos provenientes de los sistemas de tratamiento de aguas residuales de tipo doméstico, que sean descargados a los cuerpos receptores.

La muestra fue analizada siguiendo las recomendaciones y procedimientos del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMWW) 22nd. Edition, 2012.

La muestra fue colectada y transportada al Laboratorio por el cliente

  
Dra. Martha Lacayo Romero  
Directora





UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
NICARAGUA,  
MANAGUA  
UNAN - MANAGUA

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua  
UNAN - Managua  
Laboratorio de Biotecnología



RESULTADOS ANALÍTICOS  
BIOTECR-2020-0040

**Cliente/Proyecto:** Lennon Stefano Cruz Serrano  
**Teléfono de contacto:** (505) 8911-9108  
**Correo electrónico:** lennoncruz4@gmail.com

**Matriz / Fuente:** Agua residual/ doméstica/ tratada  
**Identificación de la muestra:** Tratamiento 2. Lenteja de agua  
**Municipio/Departamento:** Juigalpa/ Chontales  
**Coordenadas:** NR

**Fecha de muestreo:** 2020-03-17  
**Hora de muestreo:** 06 h 15  
**Fecha del reporte:** 2020-04-17  
**Código de laboratorio:** LQ-2003-0028

No.	Parámetro	Método	Resultados	Límite de detección	Decreto 21-2017 Arto. 26	Unidades
1	Aceites y grasas	5520.B	ND	1,4	15	mg.l <sup>-1</sup>
2	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	5210.B	14,50	1,00	110	mg.l <sup>-1</sup>
3	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	5220.C	27,61	10,00	220	mg.l <sup>-1</sup>

**Claves:**  
ND: No detectado NR: No reportado

Decreto No. 21-2017. Reglamento en el que se establecen las disposiciones para el vertido de aguas residuales. Capítulo V De los vertidos provenientes de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales de Tipo Doméstico. Arto 26. Los vertidos provenientes de los sistemas de tratamiento de aguas residuales de tipo doméstico, que sean descargados a los cuerpos receptores.

La muestra fue analizada siguiendo las recomendaciones y procedimientos del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMWW) 22nd. Edition, 2012.

La muestra fue colectada y transportada al Laboratorio por el cliente

  
Dra. Martha Lacayo/Romero 



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
NICARAGUA,  
MANAGUA  
UNAN - MANAGUA

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua  
UNAN - Managua  
Laboratorio de Biotecnología



RESULTADOS ANALÍTICOS  
BIOTECR-2020-0041

**Cliente/Proyecto:** Lennon Stefano Cruz Serrano  
**Teléfono de contacto:** (505) 8911-9108  
**Correo electrónico:** lennoncruz4@gmail.com

**Matriz / Fuente:** Agua residual / doméstica/ tratada  
**Identificación de la muestra:** Tratamiento 1. Lechuguilla de agua  
**Municipio/Departamento:** Juigalpa/ Chontales  
**Coordenadas:** NR

**Fecha de muestreo:** 2020-03-17  
**Hora de muestreo:** 06 h 18  
**Fecha del reporte:** 2020-04-17  
**Código de laboratorio:** LQ-2003-0029

No.	Parámetro	Método	Resultados	Límite de detección	Decreto 21-2017 Arto. 26	Unidades
1	Aceites y grasas	5520.B	2,0	1,4	15	mg.l <sup>-1</sup>
2	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	5210.B	13,80	1,00	110	mg.l <sup>-1</sup>
3	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	5220.C	66,50	10,00	220	mg.l <sup>-1</sup>

**Claves:**  
NR: No reportado

Decreto No. 21-2017. Reglamento en el que se establecen las disposiciones para el vertido de aguas residuales. Capítulo V De los vertidos provenientes de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales de Tipo Doméstico. Arto 26. Los vertidos provenientes de los sistemas de tratamiento de aguas residuales de tipo doméstico, que sean descargados a los cuerpos receptores.

La muestra fue analizada siguiendo las recomendaciones y procedimientos del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMWW) 22nd. Edition, 2012.

La muestra fue colectada y transportada al Laboratorio por el cliente

  
Dra. Martha Lacayo/Romero 



## Imágenes 16 Resultados de los coliformes termotolerantes.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, MANAGUA  
 FACULTAD REGIONAL MULTIDISCIPLINARIA DE CHONTALES UNAN-  
 MANAGUA-FAREM, CHONTALES  
 2020: Año de la Educación con Calidad y Pertinencia  
 LABORATORIO DOCENTE BIOANÁLISIS CLÍNICO.  
 Diagnóstico de coliformes totales y fecales.

### Resultados

**Determinación de coliformes Totales y fecales Método de tubos múltiples  $10^1 - 10^2 - 10^3$**

**Proyecto:** Tratamiento de fitorremediación en Aguas residuales **Analista** Cristhiam R. Lazo

**Tratamiento 1:** *Pistia Stratiotes* (Lechuguilla de agua)

**Prueba presuntiva:** Caldo Lauril Triptosa. **Prueba confirmativa:** CVBB 2%.

N° muestra	Fecha y hora de muestreo	Fecha y hora de análisis	Punto de muestreo	Temp. °C muestra	Prueba presuntiva 24-48 hr			Prueba confirmativa 24-48 hr			NMP /100 ml.	Resultado
#1 001	16-03-20 11:00 am	16-03-20 12:00 pm	Laboratorio Clínico Docente Bioanálisis Clínico UNAN-FAREM-CH.	28°	3	3	3	3	3	3	≥2,400	Positivo



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, MANAGUA  
 FACULTAD REGIONAL MULTIDISCIPLINARIA DE CHONTALES UNAN-  
 MANAGUA-FAREM, CHONTALES  
 2020: Año de la Educación con Calidad y Pertinencia  
 LABORATORIO DOCENTE BIOANÁLISIS CLÍNICO.  
 Diagnóstico de coliformes totales y fecales.

### Resultados

**Determinación de coliformes Totales y fecales Método de tubos múltiples  $10^1 - 10^2 - 10^3$**

**Proyecto:** Tratamiento de fitorremediación en Aguas residuales **Analista** Cristhiam R. Lazo

**Tratamiento 2:** *Lemna minor* (Lenteja de agua)

**Prueba presuntiva:** Caldo Lauril Triptosa. **Prueba confirmativa:** CVBB 2%.

N° muestra	Fecha y hora de muestreo	Fecha y hora de análisis	Punto de muestreo	Temp. °C muestra	Prueba presuntiva 24-48 hr			Prueba confirmativa 24-48 hr			NMP /100 ml.	Resultado
#1 001	16-03-20 11:00 am	16-03-20 12:00 pm	Laboratorio Clínico Docente Bioanálisis Clínico UNAN-FAREM-CH.	28°	3	3	3	3	3	3	≥2,400	Positivo

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, MANAGUA  
FACULTAD REGIONAL MULTIDISCIPLINARIA DE CHONTALES UNAN-  
MANAGUA-FAREM, CHONTALES  
2020: Año de la Educación con Calidad y Pertinencia  
LABORATORIO DOCENTE BIOANÁLISIS CLÍNICO.  
Diagnóstico de coliformes totales y fecales.

Resultados

Determinación de coliformes Totales y fecales Método de tubos múltiples  $10^{-1}$  -  $10^{-2}$  -  $10^{-3}$

Proyecto: Tratamiento de fitorremediación en Aguas residuales Analista Cristhian R. Lazo

Tratamiento 3: *Chrysopogon zizanioides* (Pasto vetiver)

Prueba presuntiva: Caldo Lauril Triptosa. Prueba confirmativa: CVBB 2%.

N° muestra	Fecha y hora de muestreo	Fecha y hora de análisis	Punto de muestreo	Temp. °C muestra	Prueba presuntiva a 24-48 hr			Prueba confirmativa a 24-48 hr			NMP /100 ml	Resultado
#1 001	16-03-20 11:00 am	16-03-20 12:00 pm	Laboratorio Clínico Docente Bioanálisis Clínico UNAN-FAREM-CH.	28°	3	3	3	3	3	3	≥2,400	Positivo

Imágenes del experimento.

Imágenes 18 Pre test



Imágenes 17 Recolección de las plantas



Imágenes 19 Recolección de agua y traslado exsitu



*Imágenes 20 Montaje del experimento*

*Imágenes 21 Retiro de las primeras 10 plantas, estabilización del pH*



*Imágenes 22 Desmontaje del experimento*

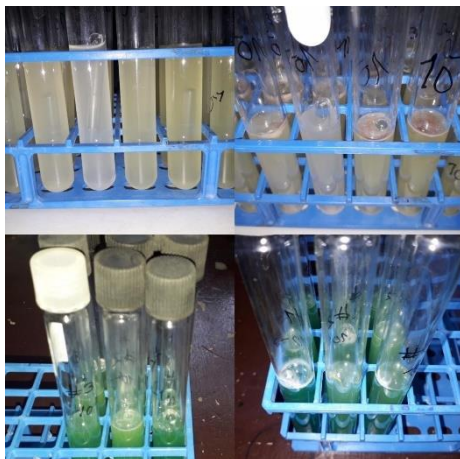


*Imágenes 23 Análisis*

*Imágenes 25 Sondas para medición de parámetros*



*Imágenes 24 Observaciones*



*Imágenes 26 Disoluciones para análisis de coliformes termotolerantes*