



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**SEDE MORONA SANTIAGO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL**

**EFICIENCIA DEL BAMBÚ (*BAMBUSA VULGARIS*) EN EL  
TRATAMIENTO BIOLÓGICO PARA LIXIVIADOS EN EL  
RELLENO SANITARIO DEL CANTÓN MORONA**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTOR: ANTHONY FERNANDO CASTILLO GUEVARA**

**DIRECTORA: Ing. XIMENA RASHELL CAZORLA VINUEZA Mgs.**

Macas-Ecuador

2023

**©2023, Anthony Fernando Castillo Guevara**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Anthony Fernando Castillo Guevara, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Macas, 15 de junio de 2023

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Anthony Fernando Castillo Guevara', written over a horizontal line.

**Anthony Fernando Castillo Guevara**  
**1805445739**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**SEDE MORONA SANTIAGO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular: Tipo: Proyecto Técnico, **EFICIENCIA DEL BAMBÚ (*BAMBUSA VULGARIS*) EN EL TRATAMIENTO BIOLÓGICO PARA LIXIVIADOS EN EL RELLENO SANITARIO DEL CANTÓN MORONA**, realizado por el señor: **ANTHONY FERNANDO CASTILLO GUEVARA**, ha sido minuciosamente revisado por los miembros del Tribunal de Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. William Estuardo Carrillo Barahona Mgs. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>	 _____	2023-06-15
Ing. Ximena Rashell Cazorla Vinueza Mgs. <b>DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>	 _____	2023-06-15
Ing. Miguel Ángel Osorio Rivera Mgs. <b>ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>	 _____	2023-06-15

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo se lo dedico con especial cariño a mis padres Luis Castillo, Mónica Guevara y Silvia Suarez, por el apoyo incondicional y la confianza que me supieron dar en mi etapa estudiantil y en todo momento en mi vida. Agradezco sinceramente todo su tiempo, esfuerzo y sacrificio dedicado en mi educación, porque con su ejemplo y sus consejos me inculcaron valores que hoy en día me definen como persona. También se la dedico a mis abuelos que han estado siempre presente acompañándome en todo momento, por extenderme su mano en momentos difíciles y por el afecto demostrado cada día.

Anthony

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por bendecirme la vida, por ser mi guía, brindarme sabiduría y fortaleza en momentos difíciles y poder culminar con éxito mis metas propuestas. A mis padres Luis Castillo, Mónica Guevara y Silvia Suarez y a mis abuelos, quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido culminar esta etapa profesional de mi vida con éxito a través de su apoyo y afecto incondicional. Mi profundo agradecimiento a las autoridades y a la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo Sede Morona Santiago por permitirme formarme como un profesional de ética y calidad. De igual manera mis agradecimientos a la carrera de Ingeniería Ambiental, a mis docentes en especial a los ingenieros Ximena Cazorla, Miguel Osorio y William Carrillo por compartir sus conocimientos, brindarme orientación y guiarme siempre no solo en el ámbito académico sino también personal. Agradezco al ingeniero Rodney Reinoso y a todo el personal administrativo y obrero del Gobierno Municipal del Cantón Morona, por abrirme sus puertas y brindarme el apoyo necesario para el desarrollo del este proyecto técnico. Finalmente, mi especial agradecimiento a todos, a mi familia, a mis amigos y a las personas que les tengo un especial cariño que me brindaron su apoyo, colaboración y se involucraron en este proceso.

Anthony

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	x
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
SUMMARY/ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.2. Justificación.....	2
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. <i>Objetivo general</i> .....	3
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	3

### CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. Antecedentes.....	4
2.2. Bases teóricas.....	5
2.2.1. <i>Características y composición de los lixiviados en un relleno sanitario</i> .....	5
2.2.2. <i>Generación, producción y tratamiento de lixiviados</i> .....	5
2.2.3. <i>Parámetros generales que se deben monitorear en el vertimiento de lixiviados de un relleno sanitario</i> .....	5
2.3. Bases conceptuales.....	6
2.3.1. <i>Biosorción</i> .....	6
2.3.2. <i>Lixiviados</i> .....	6
2.3.3. <i>Bambú</i> .....	6
2.4. Base Legal.....	6

### CAPÍTULO III

<b>3. MARCO METODOLÓGICO</b> .....	<b>8</b>
3.1. Recolección de la muestra y materia prima.....	8
3.2. Pretratamiento.....	8
3.2.1. <i>Pretratamiento físico</i> .....	8
3.2.2. <i>Pretratamiento químico</i> .....	8
3.3. Procedimientos analíticos e instrumentales .....	9
3.4. Tipo de Investigación .....	13
3.5. Diseño de la Investigación .....	9
3.5.1. <i>Diseño Experimental</i> .....	9
3.5.2. <i>Identificaciones variables</i> .....	9
3.6. Planteamiento de la hipótesis.....	13
3.7. Localización del estudio .....	14
3.8. Población de estudio .....	15
3.9. Tamaño de la muestra.....	15
3.10. Técnicas de recolección de datos .....	15

#### **CAPÍTULO IV**

<b>4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	<b>17</b>
4.1. Caracterización fisicoquímica de los lixiviados.....	17
4.2. Caracterización fisicoquímica de la muestra con tratamiento ácido .....	18
4.3. Caracterización fisicoquímica de la muestra con tratamiento básico.....	19
4.4. Caracterización fisicoquímica de la muestra con cal y bambú .....	19
4.5. Determinación de la eficiencia de los tratamientos .....	20
4.6. Análisis de los resultados por parámetros .....	23
4.6.1. <i>Demanda biológica de oxígeno y demanda química de oxígeno</i> .....	23
4.6.2. <i>Oxígeno disuelto</i> .....	25
4.6.3. <i>Coliformes fecales</i> .....	26
4.6.4. <i>Sólidos totales</i> .....	26
4.6.5. <i>Potencial de hidrógeno</i> .....	27
4.7. Propuesta metodológica .....	28

<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>29</b>
---------------------------	-----------

<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>29</b>
------------------------------	-----------

#### **BIBLIOGRAFÍA**

#### **ANEXOS**



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 3-1:</b>	Recolección de muestras de lixiviados.....	8
<b>Tabla 3-2:</b>	Descripción del procedimiento analítico e instrumental.....	10
<b>Tabla 3-3:</b>	Matriz de consistencia.....	13
<b>Tabla 3-4:</b>	Operacionalización de las variables .....	13
<b>Tabla 4-1:</b>	Caracterización lixiviados pretratamiento .....	17
<b>Tabla 4-2:</b>	Eficiencia de los tratamientos .....	21
<b>Tabla 4-3:</b>	Comparación de los resultados de pretratamiento y postratamiento.....	22
<b>Tabla 4-4:</b>	Porcentaje de eficiencia de cada tratamiento.....	22

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 3-1:</b>	Despliegue de procesos-Elaboración del bioabsorbente .....	11
<b>Ilustración 3-2:</b>	Explicación de la elaboración del biabsorbente .....	12
<b>Ilustración 3-3:</b>	Mapa de localización del estudio .....	14
<b>Ilustración 3-4:</b>	Parámetros del tipo de investigación .....	16
<b>Ilustración 4-1:</b>	Resultados del tratamiento ácido (T1) vs límites máximos permisibles .....	18
<b>Ilustración 4-2:</b>	Resultados del tratamiento básico (T2) vs límites máximo permisible .....	19
<b>Ilustración 4-3:</b>	Resultados del T3 vs límites máximos permisibles. ....	20
<b>Ilustración 4-4:</b>	Comparación de la eficiencia de los tratamientos .....	21
<b>Ilustración 4-5:</b>	Comparación del porcentaje de eficiencia total de los tratamientos.....	23
<b>Ilustración 4-6:</b>	Resultados DBO .....	23
<b>Ilustración 4-7:</b>	Resultados DQO.....	24
<b>Ilustración 4-8:</b>	Resultados OD .....	25
<b>Ilustración 4-9:</b>	Resultados coliformes fecales .....	26
<b>Ilustración 4-10:</b>	Resultados sólidos totales.....	27
<b>Ilustración 4-11:</b>	Resultados pH .....	27
<b>Ilustración 4-12:</b>	Filtro biológico con bambú .....	28

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 3-1:</b>	Producción per cápita Macas.....	15
<b>Ecuación 4-2:</b>	Ecuación de la Eficiencia .....	20

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** LAVADO DEL BAMBÚ

**ANEXO B:** TRITURADO Y SECADO DEL BAMBÚ

**ANEXO C:** TAMIZADO DEL BAMBÚ

**ANEXO D:** TRATAMIENTO DEL BAMBÚ

**ANEXO E:** MUESTRAS SEPARADAS CON CADA TRATAMIENTO

**ANEXO F:** ANÁLISIS DE DQO

**ANEXO G:** ANÁLISIS DE POTENCIAL DE HIDRÓGENO

**ANEXO H:** ANÁLISIS DE COLIFORMES FECALES

**ANEXO I:** ANÁLISIS DE SÓLIDOS TOTALES

**ANEXO J:** ANÁLISIS DE OXÍGENO DISUELTO

**ANEXO K:** RECOLECCIÓN DE LIXIVIADO EN EL RELLENO SANITARIO

## RESUMEN

En el relleno sanitario del cantón Morona se manejan de manera inadecuada los procesos de tratamiento de desechos generados a partir de los residuos sólidos urbanos, los cuales ocasionan inconvenientes al medio ambiente y a la salud de la población, por ello el objetivo de este proyecto técnico fue diseñar un prototipo de tratamiento de lixiviados utilizando bambú (*Bambusa Vulgaris*) para medir la capacidad de absorción y reducir la carga contaminante. La metodología implementada para el desarrollo de este diseño, consistió en la caracterización de la muestra de lixiviado sin el bioabsorbente que fue necesario para evaluar su carga contaminante, luego el bambú fue sometido a procesos físicos y químicos donde fue secado, triturado y tamizado para su posterior tratamiento químico que se basó en el análisis y manipulación del pH, mediante la aplicación del proceso de alcalinización con hidróxido de concentración 1N, teniendo en cuenta tres tipos de tratamientos: ácido, bambú básico y la combinación de bambú con Cal, por su eficiencia en el tratamiento de aguas residuales. De esta forma, se inició el tratamiento colocando el bioabsorbente con las muestras de lixiviado en un agitador magnético a 300 RPM en un lapso de 120 min a 135 min, por último, se filtró y se dejó reposar por 24 horas. Como resultados se realizó una comparación entre la primera caracterización y los tres tratamientos de bioabsorción donde se obtuvo que el Tratamiento Ácido (T1) tuvo una eficiencia de 67.20%, el Tratamiento Básico (T2) con 67.12% y el Tratamiento Combinado con Cal (T3), 33,33%. En conclusión, de acuerdo al diseño experimental, el tratamiento más eficiente fue el Tratamiento Ácido por su porcentaje de Bioabsorción, se recomienda acoplar otro tipo de tratamientos además de este, para disminuir la carga contaminante.

**Palabras clave:** <AGUAS RESIDUALES>, <ALCALINIZACIÓN>, <BIOABSORCIÓN>, <COLIFORMES FECALES>, <RESIDUOS SÓLIDOS>, <LIXIVIADOS>.



1322-DBRA-UPT-2023

## SUMMARY/ABSTRACT

The waste treatment processes generated from urban solid waste are inadequately managed in the landfill of the Morona County causing inconveniences to the environment and the health of the population. Therefore, the objective of this technical project was to design a prototype of leachate treatment using bamboo (*Bambusa Vulgaris*) to measure the absorption capacity and reduce the pollutant load. The methodology implemented for the development of this design, consisted in the characterization of the leachate sample without the biosorbent that was necessary to evaluate its pollutant load. After that, the bamboo was subjected to physical and chemical processes where it was dried, crushed and sieved for its subsequent chemical treatment based on the analysis and manipulation of pH, by applying the alkalization process with hydroxide of 1N concentration; taking into account three types of treatments: Acid, basic bamboo, also the combination of bamboo with Lime due to its efficiency in wastewater treatment. Thus, the treatment started by placing the biosorbent with the leachate samples in a magnetic agitator at 300 RPM for a period of 120 min to 135 min to be filtered and left to stand for 24 hours. As results, it made a comparison between the first characterization and the three biosorption treatments, noticing that the Acid Treatment (T1) had an efficiency of 67.20%, the Basic Treatment (T2) with 67.12%, and the Combined Treatment with Lime (T3), 33.33%. In conclusion and according to the experimental design, the most efficient treatment was the Acid Treatment due to its percentage of Bioabsorption. Finally, it is recommended to carry out other types of treatments in order to reduce the pollutant load.

Keywords: <WASTEWATER>, <ALKALINIZATION>, <BIOABSORPTION>, <FECAL COLIFORMS>, <SOLID WASTE>, <LEACHATE>.

1322-DBRA-UPT-2023



**By:** Lic. Mauricio Martínez

CI: 0602902504

## INTRODUCCIÓN

Las actividades antropogénicas están relacionadas con el aumento de residuos sólidos, ya que, su generación decae en diligencias del ser humano (Rondón et al., 2016: p.17). Teniendo en cuenta su origen y composición, es lógico deducir que, la responsable, es la inadecuada disposición, debido a que llega a generar un aumento en la población de plagas a través de lo que se conoce como proliferación de vectores (ratas, cucarachas, moscas, mosquitos, etc.), los cuales interfieren directamente en la transmisión de enfermedades, gases, humos y polvos que contribuyen a la contaminación atmosférica (CELEC E.P, 2016).

Según el Banco Mundial en el 2016 los desechos generados a nivel mundial fueron de 2.010 millones de toneladas, de igual manera, se dio a reconocer una situación alarmante para el 2050, siendo esta el aumento de generación a los 3.400 millones de toneladas, es decir, un aumento del 70%. Sin embargo, en las principales ciudades de América Latina las cantidades de desechos generados rondan desde los 0.30-2.00 kg/hab/día (Sáez et al., 2014: p. 121).

En los siglos pasados los métodos que se mantenían para el manejo de los residuos sólidos eran banales, como arrojar la basura sobre el suelo, en el agua, entre otros (Tchobanoglous et al., 2018: p.10). Sin embargo, los rellenos sanitarios llegaron a proclamarse como un conjunto de técnicas más antiguas en el manejo de residuos y la más común en los últimos (Kaza et al., 2018: p.5).

En la presente investigación nos concentraremos en los lixiviados, estos son un tipo de contaminantes generado por el inadecuado manejo de los rellenos sanitarios, es así que, a partir de la interferencia de medios externos como la precipitación, escorrentía superficial y el agua de infiltración; la cual se llega a escurrir por los desechos, se da origen a la generación de lixiviados, mismos capaces de afectar el suelo, aguas superficiales, cuencas hidrográficas, atmosfera y la salud de la población (Salas, 2016, p.1). A pesar de tener múltiples consecuencias por su difusión existen diferentes tratamientos para erradicar, mitigar y controlar este tipo de alteraciones, una de estas es la biosorción la que a través de biomasa capta pasivamente los iones metálicos basada en ciertas propiedades de esta (Dionisio, 2012, p.4). Por esta razón se ha optado por evaluar la capacidad de biosorción de la biomasa del bambú (*Bambusa Vulgaris*) ya que esta especie es una de las que más afecta a la carga orgánica del medio a evaluar (Cairo et al., 2018: p.54). En los siguientes capítulos se dará a conocer de mejor manera lo que se llevará a cabo para concluir con la hipótesis y solucionar los problemas planteados.

## CAPÍTULO I

### 1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Planteamiento del problema

En la ciudad de Macas, se cuenta con servicios básicos para el acopio de residuos sólidos, sin embargo, esta ejecuta dos funciones únicamente; la recolección y disposición final, dicho de otra manera, no se hace un procedimiento apropiado para los desperdicios y es considerada como un botadero (Ibáñez & Arcos, 2021: p. 1897). Lo que permite deducir que, a partir de los residuos sólidos se generan desecho latentes como contaminantes, por ejemplo los lixiviados, los cuales son capaces de contribuir en la alteración del medio ambiente (González, 2018, p.5).

Esto se logra evidenciar en la caracterización realizada para fines de la investigación, obteniendo un rendimiento deficiente con lo que respecta a procesos reductores de contaminación por lixiviados. Ante esta problemática, es pertinente proponer una metodología que puede mitigar las afectaciones de estos desechos y, al mismo tiempo que sea factible para los técnicos encargados.

#### 1.2. Justificación

En el lapso e incremento del desarrollo en las actividades industriales, comerciales y de la población, los lixiviados han llegado a localizarse como uno de los contaminantes más inoportunos, esto se debe a que llega a afectar varios elementos ambientales, como el agua subterránea, el suelo, el aire e incluso es capaz de perturbar la salud de organismos vivos (Palacios, 2016, p.15). Es por esto que el control de los residuos ha ido evolucionando desde botaderos, hasta infraestructuras capaces de contenerlos y de tratarlos de la mejor manera para evitar su difusión (Novelo et al., 2002: p.19). sin embargo, en lo que se refiere a nuestra provincia la gestión de esta estructura no se lleva de la mejor manera, los mismos pobladores han tenido reiteradas quejas. Estos contaminantes son complejos de tratar por su composición se encuentran contaminantes orgánicos e inorgánicos, siendo esto un impedimento para acordar un tratamiento específico, eficaz y preciso para su optima solución (Pesántes et al., 2018: p.233).

Teniendo en cuenta los inconvenientes que su difusión daría a la población y a los encargados de su control, se ha optado por medir la capacidad del bambú (*Bambusa Vulgaris*) de absorber o disminuir la carga contaminante, hay que tener claro que, para poder hacer esta evaluación se optará por intervenir con la técnica de bioadsorción a partir del triturado de su hoja, teniendo en



cuenta los siguientes parámetros: DQO, DBO, OD, coliformes fecales, sólidos totales y potencial de hidrógeno (Palacios, 2016, p.23).

Los datos que se recolectarán en la investigación servirán tanto para la institución encargada del relleno sanitario del cantón Morona como para los estudiantes y docentes de la universidad que deseen aportar con la investigación, que será de gran ayuda para considerar otros tratamientos biológicos para este tipo de contaminantes y ayudar con la educación ambiental en el cantón Morona.

### **1.3.Objetivos**

#### ***1.3.1.Objetivo general***

- Diseñar un prototipo de tratamiento de lixiviados usando bambú (*Bambusa Vulgaris*)

#### ***1.3.2.Objetivos específicos***

- Caracterizar físico química y biológicamente los lixiviados producto del relleno sanitario del cantón Morona.
- Determinar la eficiencia del bambú (*Bambusa Vulgaris*) en el tratamiento de lixiviados en el relleno sanitario del cantón Morona.
- Proponer una metodología adecuada para el manejo de los lixiviados.

## CAPÍTULO II

### 2.MARCO TEÓRICO

#### 2.1.Antecedentes

El desarrollo de tecnologías para el tratamiento de residuos ha llegado a impulsar los procesos de fitorremediación, los cuales hace varios años no se los consideraba como una opción de mitigación o corrección, es por esto por lo que, la implementación de biomásas es una de las elecciones para tener en cuenta y mejorar la reducción de contaminantes en aguas residuales de depósitos de basura.

Por lo que, según Cáceres (2020, p.11), de la Universidad Central del Perú, a través de su tesis “Capacidad de Bioadsorción de Cadmio (II) con Bambusa Vulgaris en una Solución Acuosa Contaminada – Huancayo”, evalúa la hoja del bambú reformada para la remoción de iones pertenecientes al Cd (II), teniendo en cuenta diferentes parámetros; entre estos el pH. El proyecto hace énfasis en la implementación de un diseño experimental estadístico, donde la biomasa se evaluó a partir de instrumentos de laboratorio, donde se estableció que la hoja del bambú es adecuada para la absorción de contaminantes en especial del cadmio.

Por otra parte, López (2021, p.40), de la Universidad Católica Andrés Bello, del Centro de Investigación y Desarrollo de Ingeniería, en su trabajo “Estudio de la capacidad absorbente del biocarbón obtenido mediante tecnologías apropiadas como medio para purificar agua”, explico qué el producto tomado de la hoja del bambú al ser llevado a un proceso de hipertermia es adecuado para reducir la carga contaminante en aguas alteradas. El estudio contempla un diseño experimental cualitativo y cuantitativo, debido a que en base a la evaluación de parámetros se encontró la capacidad de capturar los contaminantes presentes en agua.

Según Pavón (2021, p.2), de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por medio de su trabajo de titulación "Determinación del porcentaje de reducción de Cr<sup>+6</sup> en agua provenientes de la industria minera utilizando bambú y yuca como biofiltro”, pudo establecer la cantidad porcentual de reducción del Cr<sup>+6</sup> presente en aguas residuales, a partir del uso de bambú y yuca como tamiz, verificando la disminución de criterios como turbidez, pH, sólidos disueltos, etc., El trabajo se concentra en un diseño experimental a partir de análisis estadísticos de los diferentes parámetros.

De acuerdo con Aranda (2020, p.1), de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, con la ayuda de su investigación “Aplicación de adsorbentes de origen vegetal en la remoción de colorantes en agua”, verificó la capacidad reductora de concentraciones contaminantes, a partir de una revisión bibliométrica acerca de los bioabsorbente vegetales.

## **2.2.Bases teóricas**

### ***2.2.1.Características y composición de los lixiviados en un relleno sanitario***

La composición de los lixiviados en un relleno sanitario se constituye de parámetros físicos, orgánicos, inorgánicos y biológicos como, DQO, DBO, OD, coliformes fecales, sólidos totales y potencial de hidrógeno (Tchobanoglous et al., 2018: p.2).

### ***2.2.2.Generación, producción y tratamiento de lixiviados***

Se entiende como lixiviado aquellos líquidos residuales generados por la descomposición orgánica de las basuras, con escenarios bajos de aeróbicos y anaeróbicos, los lixiviados resulta de la infiltración de aguas lluvias, descomposición orgánica y la humedad que presenta un relleno sanitario. Los lixiviados cuando se infiltran automáticamente contaminan las aguas superficiales y subterráneas en donde no tienen control, es decir, que la cantidad depende de la velocidad de distribución en el subsuelo, la extensión del relleno sanitario y por supuesto los residuos dispuestos que es la cantidad máxima en la que se produce los lixiviados variando la cantidad poblacional, los índices en el relleno sanitario varían y la cantidad que compacte por día.

Existen mecanismos para tratar la contaminación en recursos naturales como aguas superficiales, subterráneas, suelos, acuíferos, etc., es donde se encuentra altamente afectados por los lixiviado, es en donde llega la conclusión de escoger el sistema más adecuado ya sea económico de manera viable y tecnológico (González, 2018, p.7).

### ***2.2.3.Parámetros generales que se deben monitorear en el vertimiento de lixiviados de un relleno sanitario***

Los parámetros a tener en cuenta al instante en que se evidencia un vertimiento de lixiviados en la superficie de un relleno sanitario son los que se especifican en el apartado de la identificación de variables (Gómez, 2018, p.24).

## **2.3.Bases conceptuales**

### **2.3.1.Biosorción**

La biosorción se puede definir simplemente como la eliminación de sustancias de una solución por un material biológico. Las sustancias que se pueden eliminar pueden ser orgánicas, inorgánicas o en forma gaseosa soluble e insoluble. Este proceso se basa en el uso de grupos funcionales que forman parte de la estructura molecular de la biomasa muerta para unir y acumular contaminantes orgánicos o inorgánicos por diversos mecanismos, como adsorción, intercambio iónico, microprecipitación (Palacios, 2016, p.45).

### **2.3.2.Lixiviados**

Son líquidos que se presentan en la fase de descomposición de los residuos sólidos que se encuentran depositados en un relleno sanitario, dicho proceso da comienzo teniendo en cuenta ciertos factores, así como el tiempo el clima. Estos líquidos tienen a altamente contaminantes ya que presentan características fisicoquímicas y microbiológicas (Palacios, 2016, pp.45-46).

### **2.3.3.Bambú**

Los bambúes son plantas de la familia *poaceae* (Subfamilia *bambusideae*), 30 cm cerca de la base. Casi todos son erectos, con tallos lignificados y fuertes, con un sistema de rizomas superficial (*Leotimorphos* y *pequimorphos*). América Latina es la región más diversa, se han estudiado 20 géneros y 429 especies de bambú leñoso, de los cuales se encuentran desde México hasta Chile (Bello, 2021, p.1990)

## **2.4.Base legal**

La Constitución de la República del Ecuador en su Art. 264 inciso 4 menciona que, los gobiernos municipales tendrán la competencia de prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley.

Según el Ministerio del Ambiente (2015) dentro del Acuerdo Ministerial 061, en el Art. 66 menciona que, Durante el proceso de recolección, los operarios del servicio deberán proceder la totalidad de los residuos y/o desechos sólidos no peligrosos, evitando dejar residuos y lixiviados esparcidos en la vía pública. De igual manera, en el Art. 70 hace referencia a los centros de acopio,

los cuales, no deberán tener conexiones directas al sistema de alcantarillado o a cuerpos de agua, para evitar la filtración de lixiviados.

De igual manera hay que tener en cuenta que el Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador en su Art. 28 menciona que, Se prohíbe la disposición no controlada de cualquier tipo de desecho. Los sitios de disposición de desechos, tales como rellenos sanitarios y piscinas de disposición final, contarán con un sistema adecuado de canales para el control de lixiviados, así como tratamiento y monitoreo de éstos previo a su descarga (Terán, 2016).

El Reglamento al Código Orgánico del Ambiente en su Art. 573 dentro de sus atribuciones se especifica el promover la investigación científica en los centros especializados, institutos e instituciones de educación superior del país sobre el manejo de residuos y desechos.

El Acuerdo Ministerial 097 es pertinente para el control de la alteración de cuerpos de agua destinados para las diferentes actividades humanas, dependiendo de la actividad a la que tenga enfoque su uso y aprovechamiento, de igual manera, estos procesos se les atribuye a las municipalidades a través de las Entidades Prestadoras de Servicios de agua potable (EPS).

## CAPÍTULO III

### 3.MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1.Recolección de la muestra y materia prima

Para la recolección de las muestras, tanto de lixiviado como de la materia prima, se consideró como un factor decisivo el clima, dependiendo de este se procedió a recolectar ambos insumos, ya que esto, afectaría en gran magnitud a los resultados y procedimientos a realizados en laboratorio, ambas partes se las recolecto en días soleados; 12.5 kg en el caso de las hojas de bambú. De igual manera, las muestras de lixiviado se recolectaron en 3 recipientes esterilizados de dos litros cada uno. La toma de muestra se describe en la Tabla 3-1.

**Tabla 3-1:** Recolección de muestras de lixiviados

DÍA	MUESTRA 1 (ml)	MUESTRA 2 (ml)	MUESTRA 3 (ml)
Lunes, 05 de septiembre de 2022	500	500	500
Miércoles, 05 de octubre de 2022	500	500	500
Jueves, 10 de noviembre de 2022	500	500	500
Viernes, 16 de diciembre de 2022	500	500	500
<b>TOTAL (L)</b>	2	2	2

**Realizado por:** Castillo Guevara, Anthony, 2023.

#### 3.2.Pretratamiento

##### 3.2.1.Pretratamiento físico

Para este apartado se consideró a la hoja del bambú específicamente, se proporcionó un lavado con agua destilada para remover cualquier impureza, suciedad, barro, etc., de la superficie, una vez hecho esto, se administró calor para su secado, con una temperatura de 105 °C por 24 horas, hasta el punto de visualizar un color opaco o verde amarillento y dureza rígida. Posteriormente, se lo trituró hasta que se llegara a tener un polvo, el cual, finalmente pasó por un tamiz ASTM E11 con un diámetro de rejilla de 0,8  $\mu\text{m}$  durante 15min, almacenándolo en un recipiente herméticamente cerrado para su implementación.

##### 3.2.2.Pretratamiento químico

Una vez finalizado el pretratamiento físico, se evaluó el potencial de hidrógeno de la muestra del bioabsorbente; específicamente de 2 gr en 100ml de agua destilada, lo que dio a conocer que el pH del bambú sin tratar es ácido, por lo cual, se realizó un tratamiento básico en el bambú suministrando 15 gotas de hidróxido a concentración 1N, posteriormente el bambú basificado

(T2) se lo llevo a secado con las mismas consideraciones que en el apartado anterior para su implementación en la muestra del lixiviado, caso contrario a la parte ácida (T1), donde no se realizó ningún tratamiento, únicamente se lo coloco seco en el lixiviado. Por otra parte, se tomó a consideración otro tratamiento (T3) con la implementación del Cal, según Jiménez (2020, pp. 41-42) para una muestra de 250 mL de lixiviado se agrega 1g, en este caso se agregó 0.4g para 100 mL de muestra y posteriormente del bambú. Cabe recalcar que el contacto del bambú con el lixiviado duró de 15-120min en cada tratamiento, a diferencia del T3 que, almaceno el Cal durante 15min más a parte del ya establecido.

### **3.3.Diseño de la Investigación**

#### ***3.3.1.Diseño Experimental***

El diseño es experimental según Castro (2020, p.4) ya que, nos permitirá identificar y cuantificar los efectos en sobre los parámetros a evaluar (DQO, DBO, OD, coliformes fecales, sólidos totales y potencial de hidrógeno) a partir del control que se tomará en la variable dependiente (Capacidad de adsorción de la hoja del bambú). Con un alcance exploratorio ya qué, se implementará un estudio a un factor poco tratado, el bambú (*Bambusa Vulgaris*) como biomasa eficiente para la biosorción de contaminantes de lixiviado (Alvarez, 2020, p.1).

#### ***3.3.2.Identificaciones variables***

DQO: La evaluación de la demanda de oxígeno químico da paso a tener conocer la cantidad de sustrato orgánico, el cual tendrá la capacidad tomar el proceso de oxidación a partir de la implementación de una solución química de ácido sulfúrico, siendo este uno de los parámetros más importantes por su habilidad de variar dependiendo en los factores externos físicos en los que se encuentran los residuos sólidos (Aziz, 2010, pp.2611).

DBO: la Demanda Biológica de Oxígeno es la dosis de oxígeno requerida por los microorganismos para degradar la materia orgánica biodegradable presente en el agua. En otras palabras, DBO significa cantidad de materia orgánica biodegradable (Cuesta & Díaz, 2020: p.6).

Coliformes fecales: son bacterias de gran heterogeneidad, Gramnegativas, entre las que recalcan las fermentantes de lactosa (*Citrobacter freundii* y *Enterbacter cloacae*), las cuales se establecen en el suelo, aguas con gran contenido de nitratos, materiales vegetales en descomposición y las heces (Troya, 2021, p. 24).

OD: gas primordial para el desarrollo y existencia de los organismos presentes en aguas y que dependen del aire para su funcionamiento (Blanco et al., 2022: p.2).



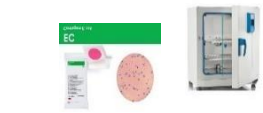


pH: ayuda a determinar el tiempo de maduración en los lixiviados, por tal motivo los valores ácidos y alcalinos se aumentan cinco y ocho veces más respectivamente (Tchobanoglous, 2018, p.15).

Sólidos totales: presencia de sólidos disueltos y sólidos suspendidos en una muestra de agua, la cual que se debe a diversos factores como, los vertimientos, los terrenos que recorre, la presencia de basura, el arrastre de partículas por viento, la intensidad y la alta presencia de precipitación (IDEAM, 2017)

### 3.4.Procedimientos analíticos e instrumentales

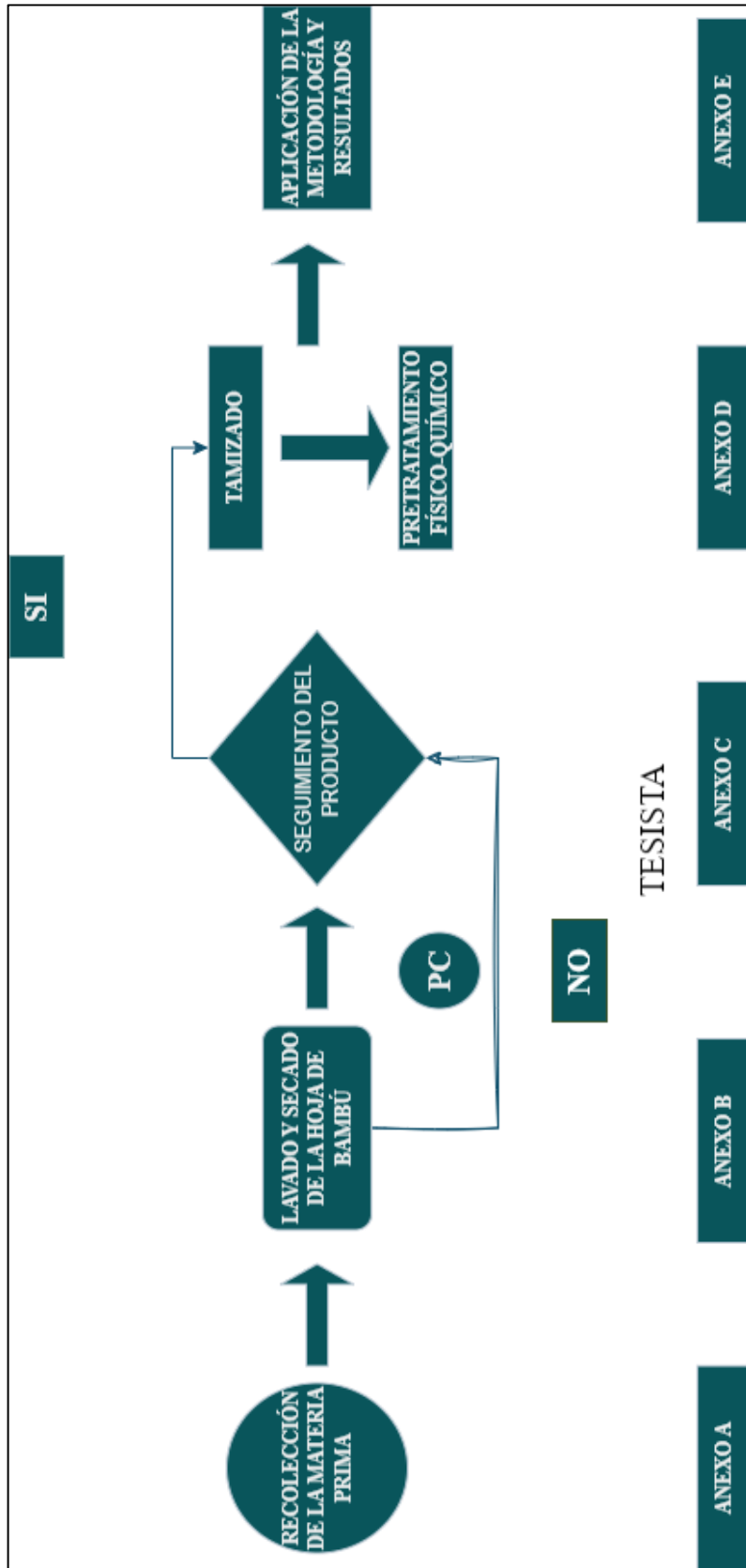
En este apartado se dará una breve descripción de los procedimientos llevados a cabo para el análisis de las muestras postratamiento con el bambú y los instrumentos utilizados.

**Tabla 3-2:** Descripción del procedimiento analítico e instrumental

PARÁMETROS	DESCRIPCIÓN	FÓRMULAS/INSTRUMENTOS
<b>DBO</b>	Una vez medida la DQO, se procedió a implementar el razonamiento matemático, usando la fórmula de la DQO.	$DQO = 2DBO$ $DBO = \frac{DQO}{2}$
<b>DQO</b>	Aplicación del método de reflujo cerrado especificado por la EPA y reactivos desarrollados a partir del Standard Methods 5220D, USEP 410. And ISO 15702:2002 methods. Donde se utiliza un biodigestor durante 2 horas hasta tener los reactivos listos con una temperatura de 150°C, mismos que se encontraron en contacto con 2mL de muestra de cada tratamiento realizado.	
<b>OD</b>	Se llevo a cabo una medición de OD a partir de una sonda de OD y un medidor.	
<b>COLIFORMES FECALES</b>	Implementación de Placas para Recuento de E. coli y Coliformes. Teniendo en cuenta el Método Oficial AOAC 991.14, con una temperatura de 35 °C en 24h dentro de una incubadora después de haber colocado la muestra de 1mL en la placa.	
<b>SÓLIDOS TOTALES</b>	Determinación de Sólidos totales en base al Método 2540-B. Sólidos Totales rango de secado 103 °C-105°C, mismo que se tomó en cuenta para las tres muestras de 25 mL.	
<b>POTENCIAL DE HIDRÓGENO</b>	Por último, se usó un Medidor de pH portátil SX811-SL, con una muestra de 100 mL.	

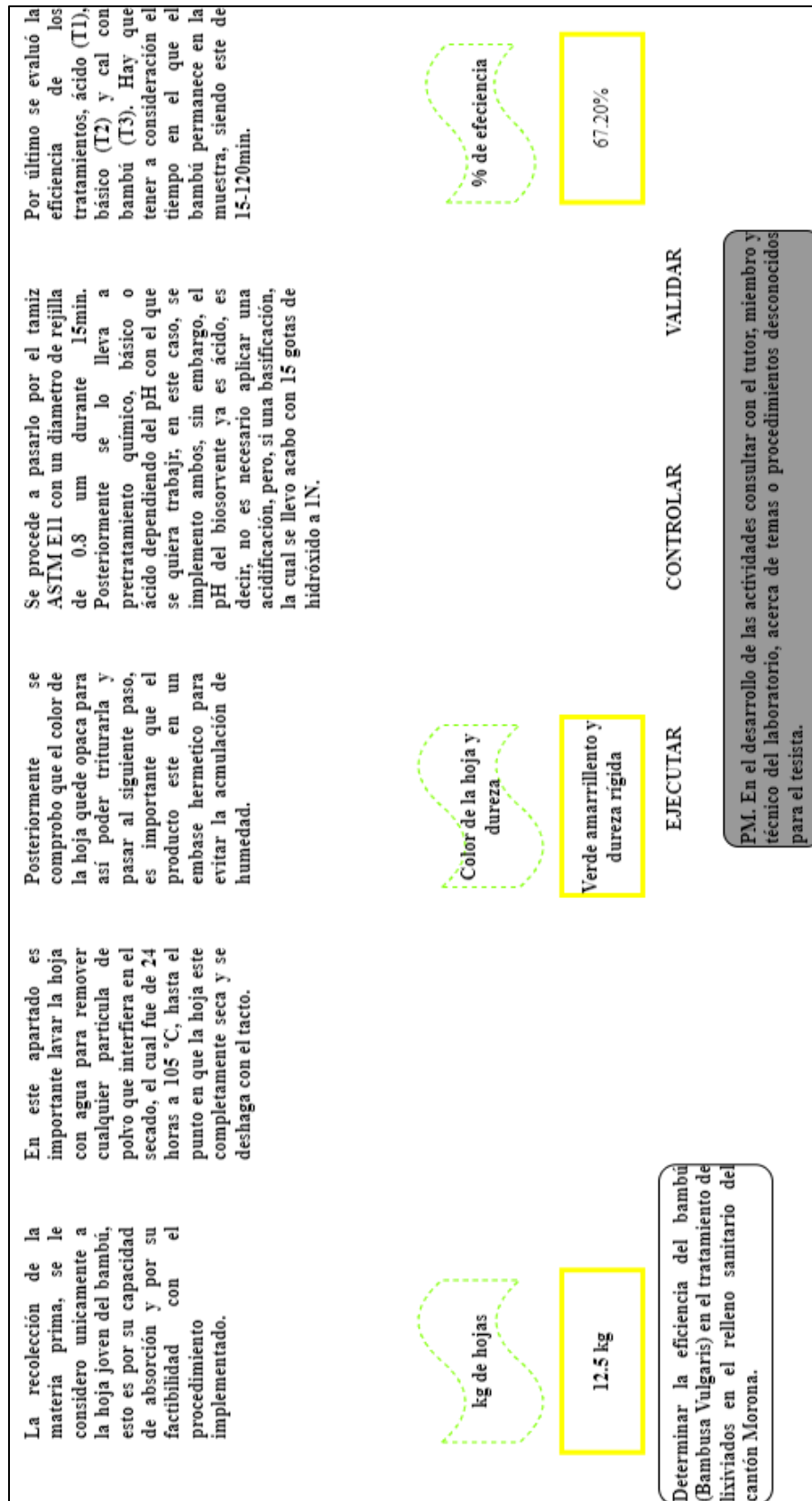
Realizado por: Castillo Guevara, Anthony, 2023.





**Ilustración 3-1:** Despliegue de procesos-Elaboración del bioabsorbente

Realizado por: Castillo Guevara, Anthony, 2023.



**Ilustración 3-2:** Explicación de la elaboración del biabsorbente

Realizado por: Castillo Guevara, Anthony, 2023.

### 3.5. Tipo de Investigación

La investigación es de índole mixta, en base a la problemática y también a nociones científicas, a partir de procedimientos y metodologías analíticas como la observación de parámetros fisicoquímicos y biológicos de la hoja del bambú, a su vez, cuantitativa ya que, sigue una serie de procesos y probatoria (Sampieri, 2014, p.24)

### 3.6. Planteamiento de la hipótesis

El bambú es capaz de absorber los contaminantes orgánicos a través de la biosorción, dando como resultado la reducción de la carga contaminante de los lixiviados segregados por los residuos sólidos urbanos del relleno sanitario del cantón Morona.

**Tabla 3-3:** Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES
<p><b>Problema general:</b> Alteración del medio ambiente por la falta de tratamiento a lixiviados en el relleno sanitario del cantón Morona</p> <p><b>Problemas específicos:</b> Ausencia de un manejo adecuado para los lixiviados. Falta de educación ambiental en la población. Déficit en la primera etapa de recolección y clasificación de desechos sólidos urbanos.</p>	<p><b>Objetivo general:</b> Diagnosticar la eficiencia del bambú (<i>Bambusa Vulgaris</i>) en el tratamiento de lixiviados en el relleno sanitario del cantón Morona.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b> Estructurar un modelo de tratamiento viable para la contaminación por lixiviados de los desechos sólidos. Indicar los parámetros a tomar en cuenta para la remediación de la contaminación por lixiviados. Cuantificar la capacidad de remoción de contaminantes del bambú.</p>	<p><b>Hipótesis general:</b> El bambú es capaz de absorber los contaminantes orgánicos a través de la biosorción, dando como resultado la reducción de la carga contaminante de los lixiviados segregados por los residuos sólidos urbanos del relleno sanitario del cantón Morona.</p> <p><b>Hipótesis específicas:</b> El pH interviene en la capacidad de la hoja del bambú para la biosorción. Las características del bambú interfieren en su capacidad de biosorción. La <i>Bambusa Vulgaris</i> es una especie recomendable para el manejo de lixiviados en rellenos sanitarios.</p>	<p><b>Variable independiente:</b> capacidad de adsorción de la hoja del bambú (<i>Bambusa Vulgaris</i>)</p> <p><b>Indicadores:</b> DQO, DBO, OD, coliformes fecales, sólidos totales y potencial de hidrógeno.</p> <p><b>Variable dependiente:</b> lixiviados del relleno sanitario del cantón Morona</p> <p><b>Indicadores:</b> porcentaje de adsorción y de efectividad.</p>

**Realizado por:** Castillo Guevara, Anthony, 2023.

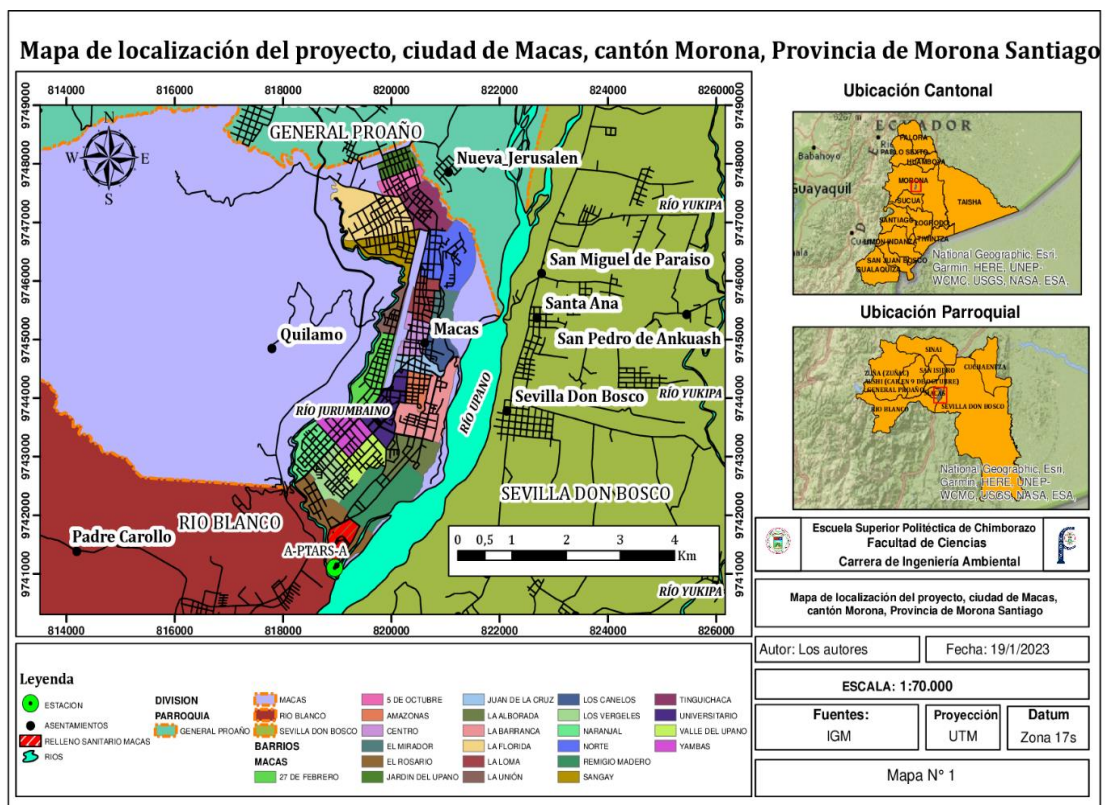
**Tabla 3-4:** Operacionalización de las variables

VARIABLE	CONCEPTO	INDICADOR	INSTRUMENTO
Variable independiente: capacidad de adsorción de la hoja del bambú ( <i>Bambusa Vulgaris</i> )	Parámetro que permitirá determinar la eficiencia que tiene este biomaterial para mitigar la carga contaminante de los lixiviados	DQO, DBO, OD, coliformes fecales, sólidos totales y potencial de hidrógeno	Multiparamétrico Espectrofotómetro Reactivos Implementos de laboratorio
Variable dependiente: lixiviados del relleno sanitario del cantón Morona	Fluidos contaminantes generados a partir de la descomposición de los residuos sólidos, en los cuales el clima interviene para su generación.	Porcentaje de adsorción, topografía y vegetación	Hoja del bambú y muestras

Realizado por: Castillo Guevara, Anthony, 2023.

### 3.7. Localización del estudio

El estudio se llevará a cabo en el relleno sanitario del cantón de Morona Santiago ubicado en la ciudad de Macas.



**Ilustración 3-3:** Mapa de localización del estudio

Realizado por: Castillo Guevara, Anthony, 2023.

### 3.8. Población de estudio

La población que se tendrá a considerar será el cantón Morona y la producción de lixiviado, el cual, se encuentra conformado por un área de 4.654,48 km<sup>2</sup>. Según el censo realizado en noviembre del 2010 de población y viviendas, la cantidad correspondiente a la población fue de 41.155 habitantes, siendo Macas la cabecera cantonal con 19.176 habitantes. En la actualidad Macas cuenta con 25.411 habitantes. Dicho de otra manera, la producción de lixiviado de los residuos sólidos producidos por la sociedad. Según Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC), la cantidad de residuos sólidos recolectados en la provincia es de 1.588, 80 ton/ mes, dividido para la población de Macas 0.06 ton/mes/hab, por lo tanto 62.52 L/mes/hab de lixiviado (INEC, 2020).

**Ecuación 3-1:** Producción per cápita Macas.

$$PPCMacas = \frac{\text{basura generada}}{\text{habitantes}} = \frac{1588.80 \frac{\text{ton}}{\text{mes}}}{25411 \text{ hab}} = 0.06$$
$$0.6 \frac{\text{ton}}{\text{mes}} \cdot \text{hab} * \frac{1000L}{1 \text{ ton}} = 62.52 \frac{L}{\text{mes}} \cdot \text{hab}$$

Realizado por: Castillo Guevara, Anthony, 2023.

### 3.9. Tamaño de la muestra

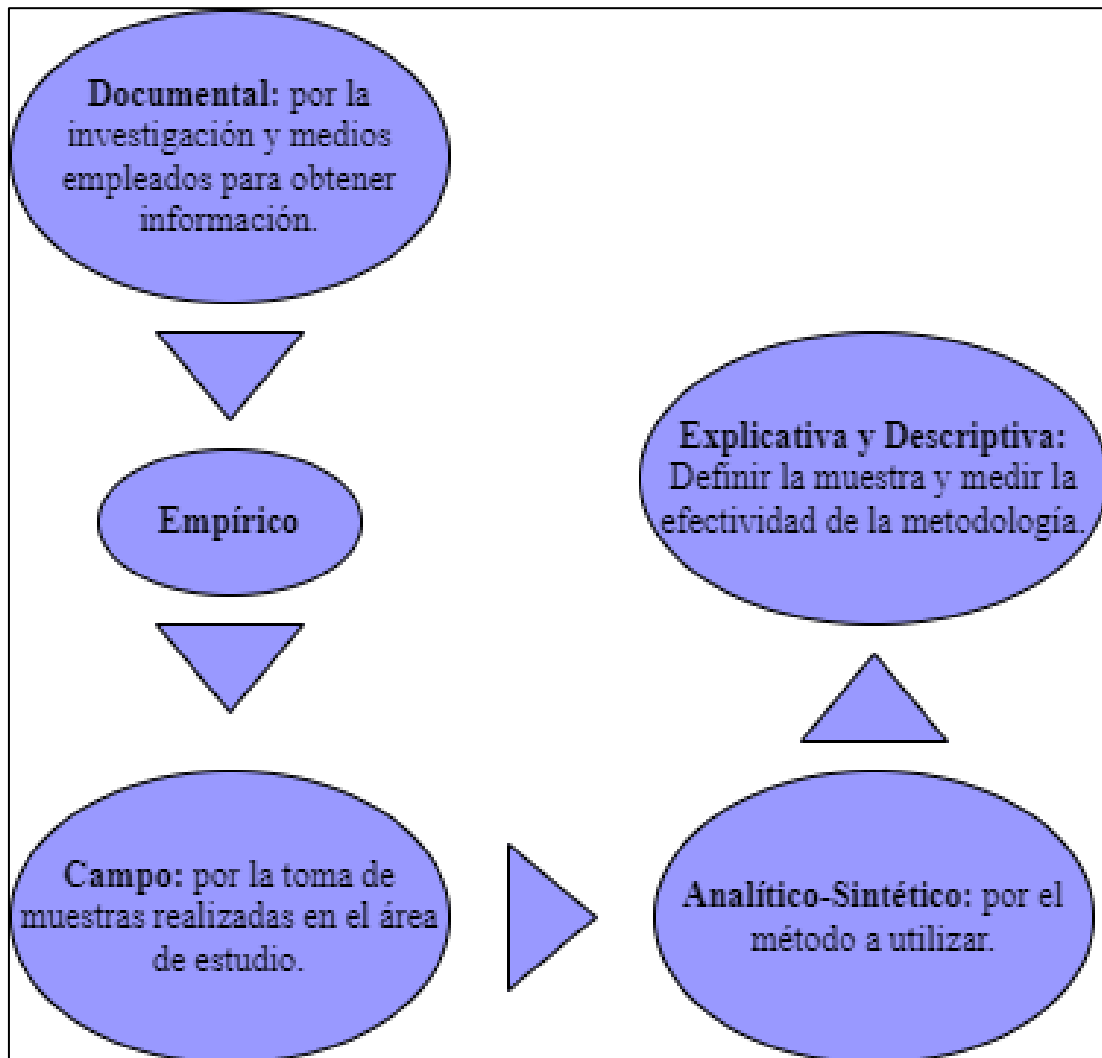
Nos concentraremos en la planta de tratamientos de lixiviados del relleno sanitario, donde se recolectó una muestra de dos litros para realizar la metodología y análisis respectivos. Dicha muestra se tomó en cuenta, una vez establecida la cantidad de lixiviado que recepta la planta de tratamientos de lixiviados del relleno sanitario.

Según Bello Zambrano (2021, p.1990) el flujo que alimenta a la infraestructura de tratamiento es de 11 m<sup>3</sup>/día. Usando la calculadora de muestra virtual QuestionPro da como resultado una muestra de 12 unidades.

### 3.10. Técnicas de recolección de datos

Una de las principales técnicas que se llevará a cabo es la observación sistemática, la cual se enfocará en recabar información sobre el estado y evolución de la especie *Bambusa Vulgaris* de manera in situ, posteriormente el material que se utilizara para la biosorción serán las hojas del bambú, el cual se someterá a un pretratamiento físico que consiste en el lavado, seca, licuado y almacenamiento para su posterior implementación.

Con lo que respecta a la recolección de lixiviados se tomará muestras en recipientes de 100ml en la planta de tratamiento, para su posterior evaluación pre y postratamiento. Por último, se realizará procedimientos analíticos a nivel de laboratorio para poder obtener el porcentaje de absorción de nuestra especie.



**Ilustración 3-4:** Parámetros del tipo de investigación

Realizado por: Castillo Guevara, Anthony, 2023.

## CAPÍTULO IV

### 4.MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1.Caracterización fisicoquímica de los lixiviados.

Las características fisicoquímicas y biológicas determinadas de los lixiviados implementados en el presente documento se dan a conocer en la Tabla. 4-5, aquí es importante mencionar que cada característica del lixiviado se aplica su propia metodología de análisis instrumental. Los datos que se muestran a continuación corresponden a las concentraciones antes de la aplicación de los tratamientos.

**Tabla 4-5:** Caracterización lixiviados pretratamiento

PARÁMETROS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	UNIDAD	RESULTADOS	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	CUMPLIMIENTO
DBO	Standard Methods Ed-22-2012, 5210B	mg/l	19	100	CUMPLE
DQO	Standard Methods Ed-22-2012, 5220-D	mg/l	36	250	CUMPLE
OD	Standard Methods Ed-22-2012, 4500 O - C & G	mg/l	1	>3	NO CUMPLE
COLIFORMES FECALES	Standard Methods 22 Edition, 2012; 9221 E, 9222 A, B y D	NMP/100ml	60000	2000	NO CUMPLE
SÓLIDOS TOTALES	Standard Methods Ed-22-2012, 2540B	mg/l	5940	1600	NO CUMPLE
POTENCIAL DE HIDRÓGENO	Standard Methods Ed-22-2012, 4500 H-B	UpH	7,72	5 a 9	CUMPLE

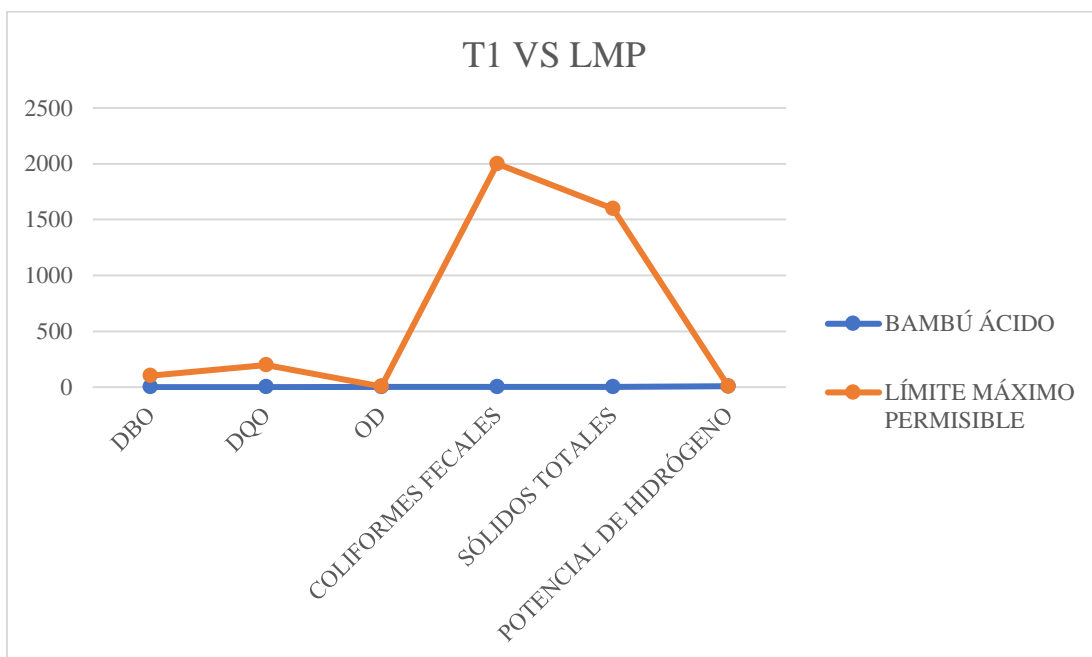
**Realizado por:** Castillo Guevara, Anthony, 2023.

Como se puede observar el lixiviado del relleno sanitario en cuestión se encuentra con 3 de los 6 parámetros por encima de los límites permisibles, a lo que respecta con la Tabla 9: Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce, del Acuerdo Ministerial 097 (AM-097), exceptuando al pH, DBO y DQO que se encuentra en los rangos permitidos por la ley.

## 4.2. Caracterización fisicoquímica de la muestra con tratamiento ácido

Así mismo en la Ilustración. 4-5, se evidencia los parámetros y su eficiencia en remoción de cargas contaminantes después de haber sido puesto en contacto con el producto en su forma ácida, específicamente, 2 gr de bambú en 100 mL de lixiviado durante 120 minutos a 300 RPM, además, filtrado y puesto en reposo por 24 horas para finalmente ser caracterizado a partir de métodos analíticos e instrumentales.

Dicho de otra manera, el bambú ácido logró reducir la demanda biológica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), sólidos totales y el potencial de hidrógeno (pH), sin embargo, hay falencia en lo que respecta al oxígeno disuelto (OD). De igual forma, en la Ilustración 4-5 se representa la variación entre los parámetros analizados en el T1 los límites máximos permisibles.



**Ilustración 4-5:** Resultados del tratamiento ácido (T1) vs límites máximos permisibles

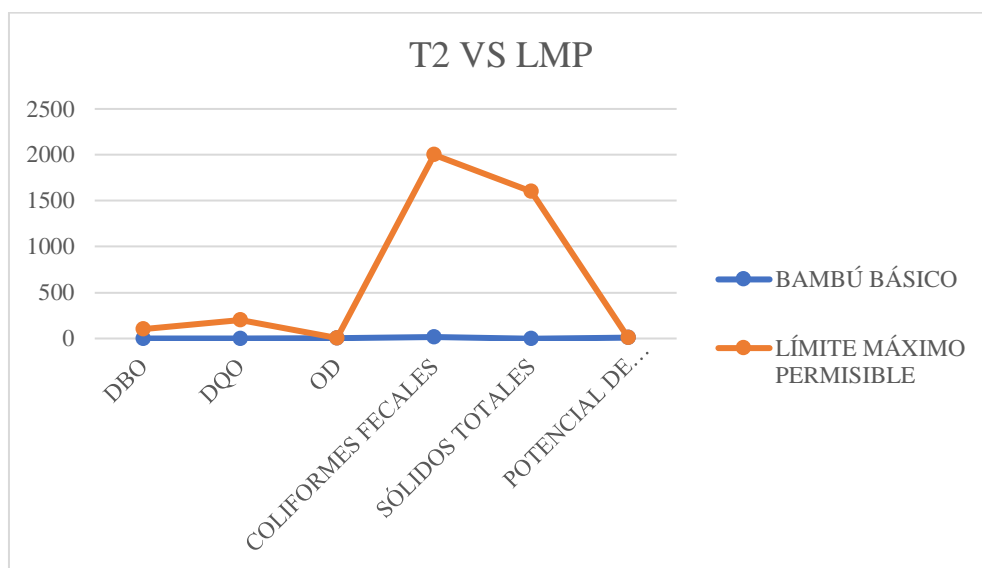
Realizado por: Castillo Guevara, Anthony, 2023.

Como se puede observar los parámetros tratados en el proceso ácido llegaron a establecer un rango de variación evidentemente bajo, con la diferencia del OD y pH, los cuales obtuvieron una ligera variación en sus concentraciones, sin embargo, este procedimiento llegó a reducir la mayoría de los parámetros sin necesidad de agregar algún agente extra como cómplice para degradar la contaminación.



### 4.3. Caracterización fisicoquímica de la muestra con tratamiento básico

En la Ilustración. 4-6 se define los resultados evaluados bajo los mismos conceptos metodológicos del tratamiento ácido, pero, con una diferencia en su pretratamiento, dicho de otra manera, en este proceso se pasó al bambú a un estado alcalino, al ser expuesto a 15 gotas de hidróxido a concentración 1N durante 15 minutos a 300 RPM, posteriormente a ser colocado en la muestra de lixiviado, se filtró y seco a 150 °C por 24 horas, así mismo que en el T1 a este se lo dejó con 2 gr del bambú pretratado durante 120 minutos a 300 RPM; además de ser refinado, tomó un reposo de 24 horas para al final ser evaluado por análisis.



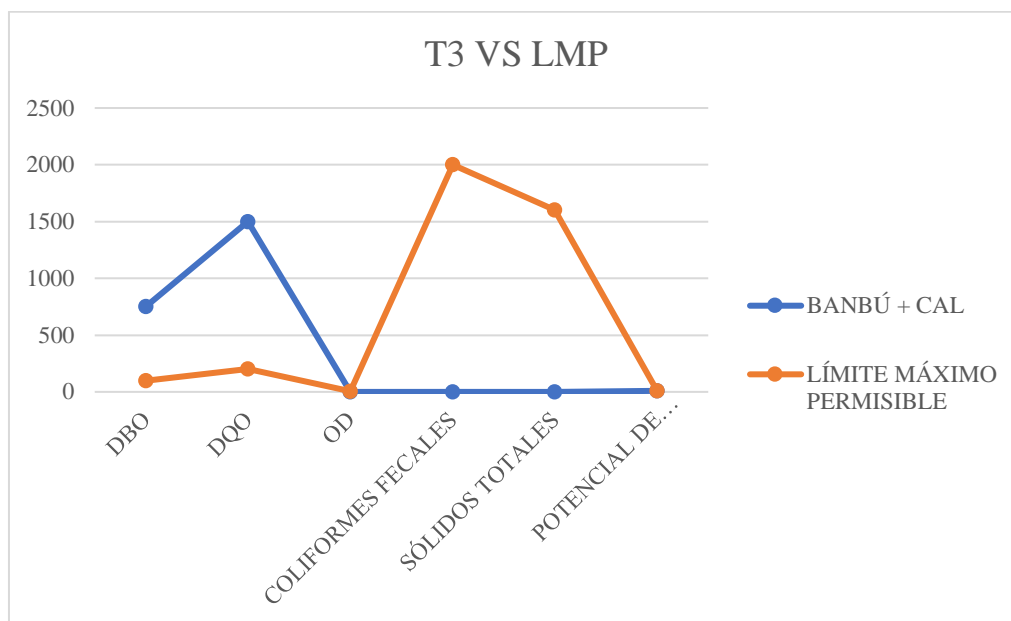
**Ilustración 4-6:** Resultados del tratamiento básico (T2) vs límites máximo permisible

Realizado por: Castillo Guevara, Anthony, 2023.

También se establece la diferencia de concentraciones entre el proceso básico y los límites máximos permisibles; donde, al igual que el ácido presenta una reducción en cuatro de los seis parámetros, manteniendo rangos similares en el OD y pH.

### 4.4. Caracterización fisicoquímica de la muestra con cal y bambú

Para comenzar con este procedimiento hay que especificar qué, el tiempo del tratamiento en comparación a los anteriores se incrementó con 15 minutos, dicho de otra forma, la cal se mantuvo en contacto con la muestra durante ese periodo de tiempo antes de pasar a mezclarse con el bambú. Además, cabe recalcar que el procedimiento es similar, teniendo en cuenta las mismas condiciones, es decir, la muestra con bambú se mantuvo en un agitador durante 15 minutos a 300 RPM; con un reposo de 24 horas, se filtró y analizó para obtener los siguientes resultados.



**Ilustración 4-7:** Resultados del T3 vs límites máximos permisibles.

**Realizado por:** Castillo Guevara, Anthony, 2023.

En la Ilustración 4-7 observamos que los valores de DBO y DQO sobrepasan los límites y algo similar sucede con el potencial de hidrógeno, donde a diferencia de los otros tratamientos, en este aumenta mucho con respecto a lo permitido, lo que nos da a deducir que el T3 no logró los resultados necesarios.

#### 4.5. Determinación de la eficiencia de los tratamientos

Es importante determinar la eficiencia para evaluar el desempeño de absorción de la carga contaminante del lixiviado, donde se tendrán en cuenta las concentraciones iniciales y finales de los diferentes parámetros a evaluar (Ecuación 1).

**Ecuación 4-2:** Ecuación de la Eficiencia

$$Eficiencia = \frac{Afluente - Efluente}{Afluente} * 100$$

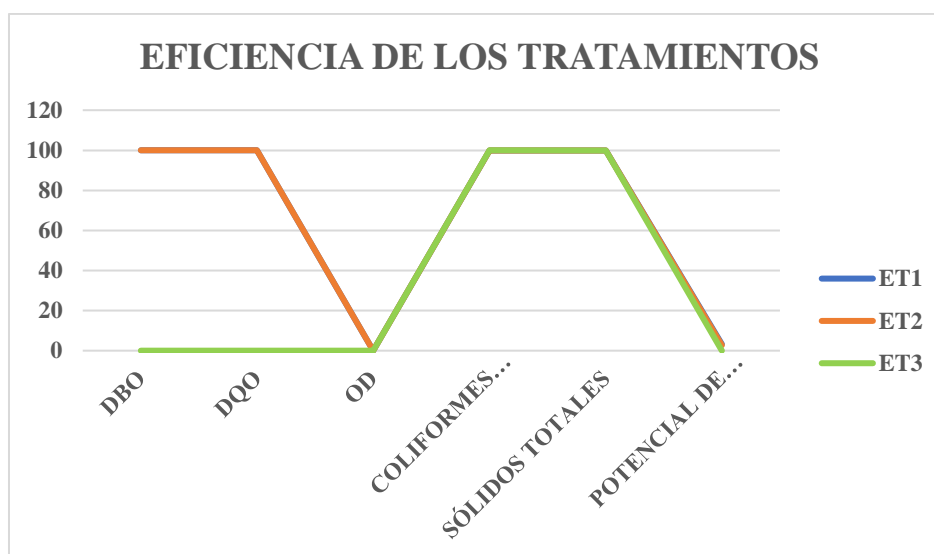
**Fuente:** Carcache et al, 2018.

A continuación, los datos presentados en la Tabla 4-6 dan a conocer la capacidad de reducción de cada uno de los parámetros de los lixiviados postratamientos pertenecientes al relleno sanitario del cantón Morona, donde la mayor parte de la eficiencia ronda valores del 90 al 100%, sin embargo, existen excepciones como el parámetro Oxígeno Disuelto (OD) que no presenta reducción de acuerdo con la normativa ambiental legal del Ecuador.

**Tabla 4-6:** Eficiencia de los tratamientos

PARÁMETROS	UNIDAD	ET1 (%)	ET2 (%)	ET3 (%)
DBO	mg/l	100	100	x
DQO	mg/l	100	100	x
OD	mg/l	x	x	89
COLIFORMES FECALES	NMP/100ml	99,99	99,97	100
SÓLIDOS TOTALES	mg/l	100	100	100
POTENCIAL DE HIDRÓGENO	UpH	3,24	2,72	x

Realizado por: Castillo Guevara, Anthony, 2023.



**Ilustración 4-8:** Comparación de la eficiencia de los tratamientos

Realizado por: Castillo Guevara, Anthony, 2023.

A partir de la fórmula de la eficiencia se determinó que, los procesos (T1 y T2) en los parámetros de la DBO y DQO llegaron a ser reducidos eficientemente en un 100 %. Con lo que respecta a la OD, fueron ineficientes, ya que en los límites permisibles aceptan cantidades >3, pero se presentaron medidas por debajo del rango especificado, sin embargo, en coliformes fecales y sólidos disueltos alcanzaron a disminuir las concentraciones e incluso depurarlas, dando como resultado una eficiencia de alto rango, a su vez, ambos métodos se colocaron con resultados aceptables en el apartado del pH, teniendo en cuenta las restricciones, lograron mantener un rango tolerable. En cuanto al T3, minimizó 3 de los 6 parámetros, los cuales, tomaron porcentajes por encima del 89% (OD) y 100% (Coliformes fecales y Sólidos totales).

En la Ilustración 4-8 se observa que el tratamiento ácido y básico (T1 y T2) comparten un rango de eficiencia similar a diferencia que el T3, especialmente en los apartados de la DBO y DQO, sin embargo, en el resto de análisis llegan a tener pequeñas similitudes, dicho de otra manera, lo

que definió la eficiencia entre procesos son los datos de la demanda biológica de oxígeno y la demanda química de oxígeno.

A continuación, en la Tabla 4-7, se muestra un resumen de los resultados obtenidos en el pretratamiento y post tratamiento de las muestras de lixiviados. De igual forma, se estable su cumplimiento con la normativa ambiental vigente del estado ecuatoriano, a su vez, los porcentajes de eficiencia, cabe mencionar que, en donde se muestra “x” hace referencia a que el proceso fue ineficiente o que los resultados no llegaron a reflejar lo que se estimaba, es decir, nula eficiencia.

**Tabla 4-7:** Comparación de los resultados de pretratamiento y postratamiento

PARÁMETROS	Ud	RESULTADOS	LMP	CUMPLIMIENTO	T1	T2	T3	ET1 (%)	ET2 (%)	ET3 (%)
DBO	mg/l	19	100	CUMPLE	0	0	750	100	100	x
DQO	mg/l	36	250	CUMPLE	0	0	1500	100	100	x
OD	mg/l	1	>3	NO CUMPLE	2,77	1,96	0,11	x	x	89
COLIFORMES FECALES	NMP/100ml	60000	2000	NO CUMPLE	4	15,9	0	99,99	99,97	100
SÓLIDOS TOTALES	mg/l	5940	1600	NO CUMPLE	0,04	0,04	0,23	100	100	100
POTENCIAL DE HIDRÓGENO	UpH	7,72	5 a 9	CUMPLE	7,97	7,93	11,29	3,24	2,72	x

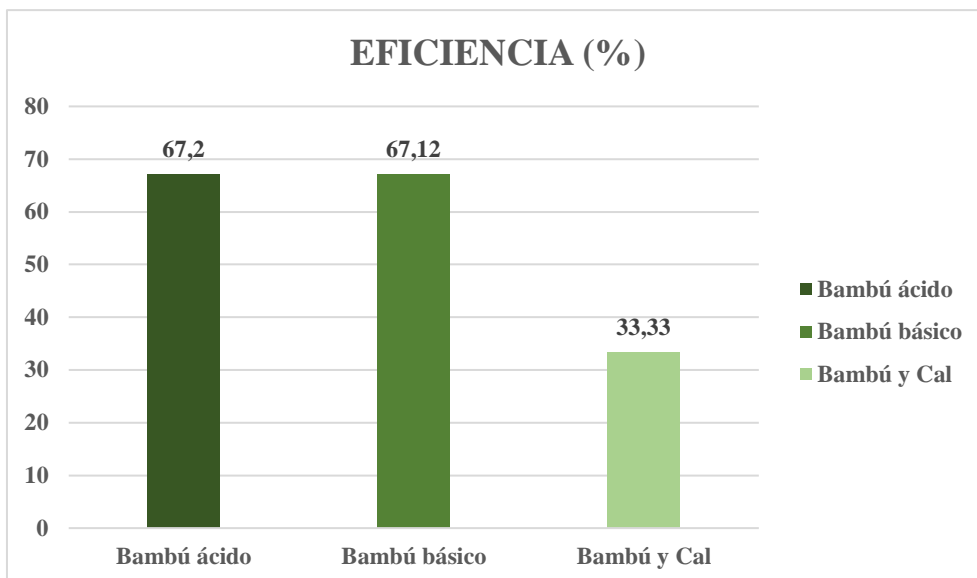
Realizado por: Castillo Guevara, Anthony, 2023.

Se evidenció que, en los procedimientos realizados, los principales y más eficientes son el tratamiento con bambú ácido y básico (T1 y T2 respectivamente), por otra parte, el tratamiento con cal y bambú (T3) no resultó con un nivel de eficiencia alto, dando a entender que no es una bueno el tratar de combinar estos dos productos ya que interfieren entre ellos. Por otra parte, el porcentaje total de la eficiencia de cada tratamiento se muestra en la Tabla 4-8.

**Tabla 4-8:** Porcentaje de eficiencia de cada tratamiento

TRATAMIENTO	EFICIENCIA (%)	TIEMPO (min)
Bambú ácido (T1)	67,20	120
Bambú básico (T2)	67,12	120
Bambú y Cal (T3)	33,33	135

Realizado por: Castillo Guevara, Anthony, 2023.



**Ilustración 4-9:** Comparación del porcentaje de eficiencia total de los tratamientos

Realizado por: Castillo Guevara, Anthony, 2023.

En la Ilustración 4-9 mediante la ponderación de eficiencia en cada parámetro de los respectivos tratamientos, se promedió cada uno dando como resultado la eficiencia total, siendo el T3 (33,33%) el más ineficiente y el T1 (67,20%) el que llega a cumplir un grado de remoción más alto, seguido por el T2 (67,12 %).

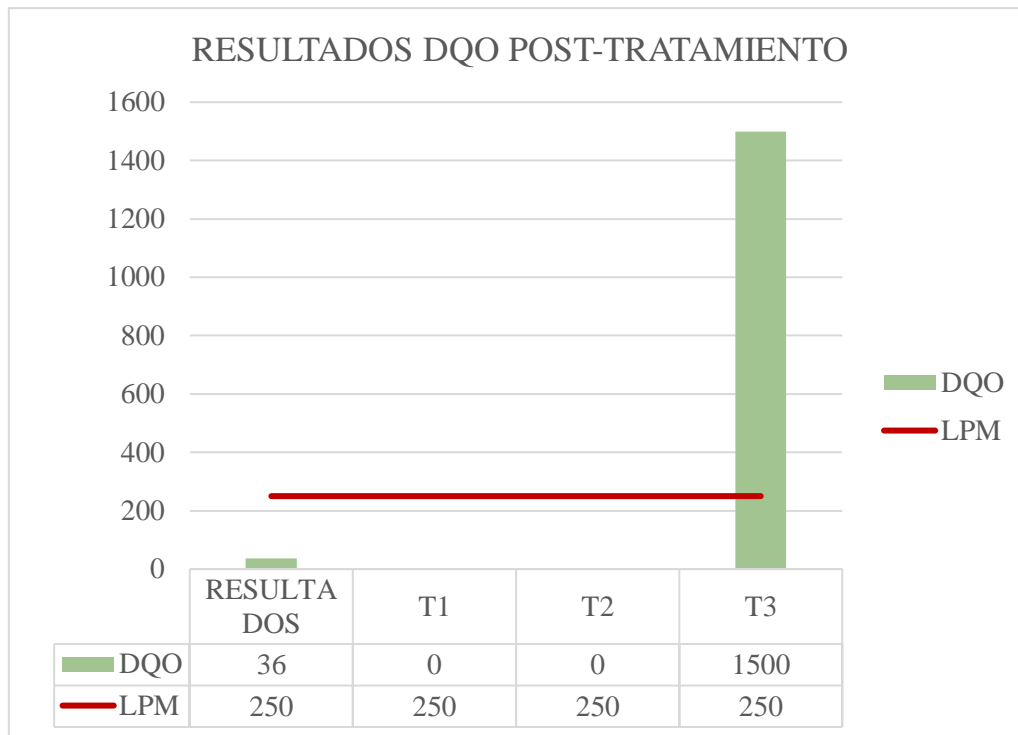
#### 4.6. Análisis de los resultados por parámetros

##### 4.6.1. Demanda biológica de oxígeno y demanda química de oxígeno



**Ilustración 4-10:** Resultados DBO

Realizado por: Castillo Guevara, Anthony, 2023.



**Ilustración 4-11:** Resultados DQO

**Realizado por:** Castillo Guevara, Anthony, 2023.

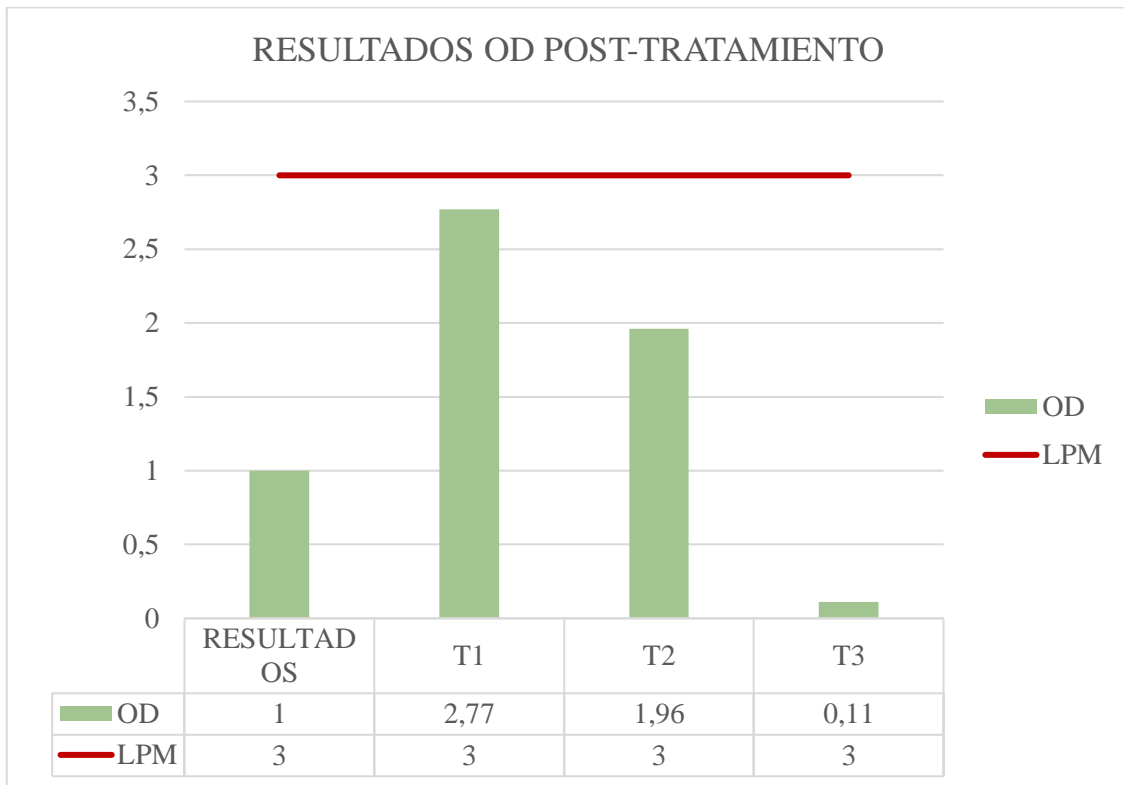
En la Ilustración 4-10 y 4-11 el valor más alto es el del tratamiento con bambú y cal (T3) a diferencia del T1 y T2 donde estos llegan a ser de 0, mientras que en los resultados de la muestra antes de implementar los procesos de remediación dejan ver derivaciones de 19 mg/l (DBO) y 36 mg/l (DQO), que comparando con la Tabla 9: Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce, del Acuerdo Ministerial 097, los criterios de la DBO y DQO son lícitos hasta los 100 mg/l y 250mg/l, es decir, se encuentran en un rango bajo, según Menéndez (2018, p.99) la DBO permite conocer la porción de materia orgánica biodegradable para los microorganismos.

Las concentraciones conseguidas de las muestras en el T1 y T2 son nulas y por ende no existen microorganismos, a diferencia del T3 donde estos criterios se disparan más allá de los rangos permitidos.

Por otro lado, Silvana (2020, p.) menciona qué, cuando la DBO es alta los niveles del OD tienen a disminuir, esto se debe a que las bacterias proceden a ocupar ese oxígeno de manera muy frecuente y elevada. Por otra parte, en los resultados antes de implementar los tratamientos el criterio es mayor, esto se puede dar por la presencia de heces fecales y restos de combustibles presentes en los residuos sólidos que alberga el relleno sanitario.

#### 4.6.2. Oxígeno disuelto

De acuerdo con Torres (2020, p.9) el oxígeno disuelto, además de ser un elemento indispensable para la persistencia de los organismos, se constituye en un parámetro guía del estado de la contaminación, cabe mencionar que su disminución ocasiona graves daños al ecosistema y los rangos menores o iguales a 2 sugieren ausencia de oxígeno, es decir, anoxia.



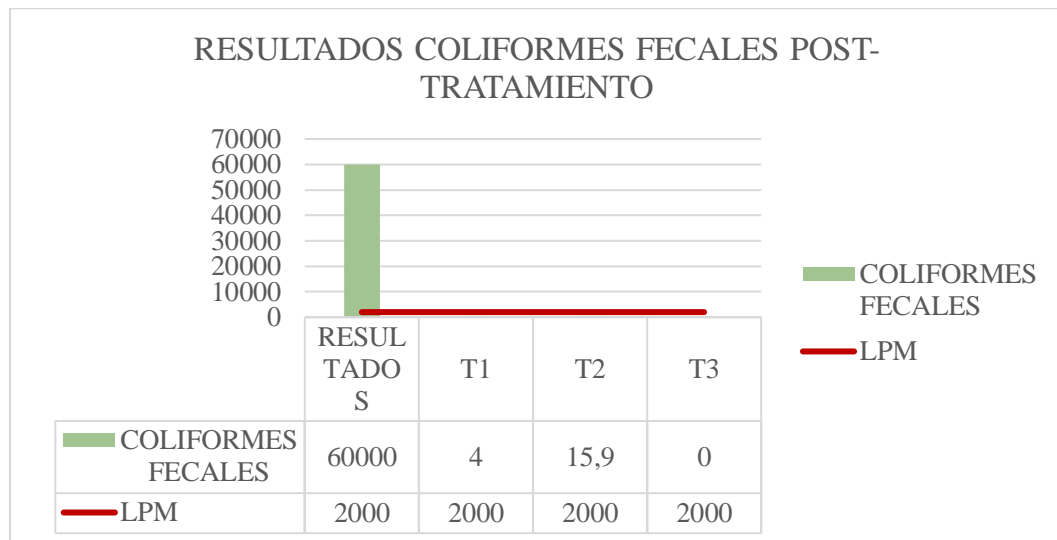
**Ilustración 4-12:** Resultados OD

**Realizado por:** Castillo Guevara, Anthony, 2023.

En la Ilustración 4-12 se observa la cantidad de oxígeno disuelto presente en las muestras antes del tratamiento y posterior a él, donde se evidencia que, ningún proceso llegó a estar dentro del rango legal por lo cual en este aspecto el bambú no fue eficiente.

En el tratamiento Ácido (T1), se evidencia que fue el único de los tres procedimientos en acercarse a los rangos mayores a 3, siendo este el límite a tener a consideración con la normativa ambiental vigente del estado ecuatoriano. El tratamiento combinado de Cal y bambú (T3), confirma lo descrito en el apartado anterior, donde se menciona la relación de la demanda biológica de oxígeno (DBO), con el oxígeno disuelto (OD).

### 4.6.3. Coliformes fecales



**Ilustración 4-13:** Resultados coliformes fecales

**Realizado por:** Castillo Guevara, Anthony, 2023.

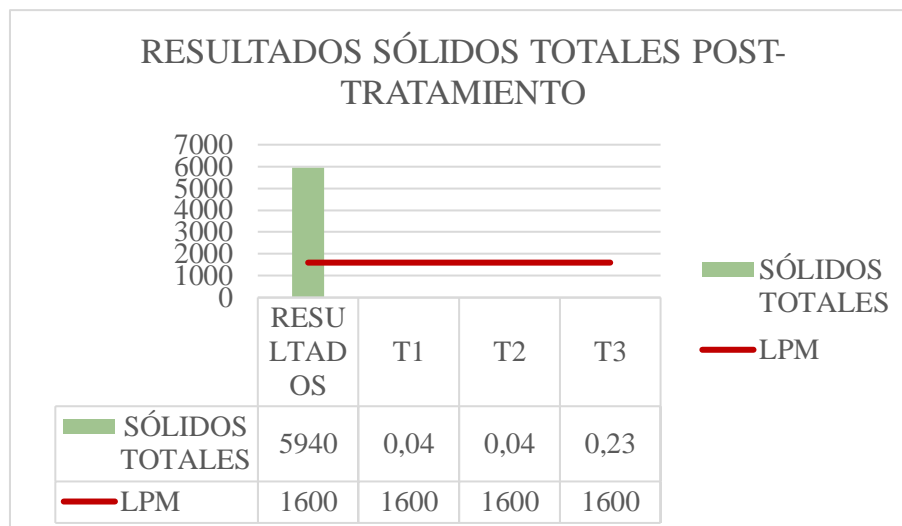
En la Ilustración 4-13 se observa las concentraciones de coliformes fecales presentes en la muestra antes del tratamiento y con el bambú, a su vez, estos se comparan con la normativa ecuatoriana; como se puede apreciar, los procesos llegaron a reducir este criterio, dando valores mínimos, contrarios a los que se muestran en los resultados de la primera caracterización (60000 NMP/100ml), es decir, los lixiviados del relleno sanitario están compuestos por una gran cantidad de heces fecales.

Según Morillo (2019, p.938), los coliformes fecales presentes en un cuerpo de agua llegan a ser indicadores de la presencia de patógenos, además de tener una alta influencia en la eficiencia de un tratamiento de aguas residuales, dicho de otra manera, con base en los resultados, los tres tratamientos son factibles para reducir el parámetro de coliformes fecales.

### 4.6.4. Sólidos totales

Según Curiñahui (2018, p.24), los sólidos totales son aquellos residuos que se encuentra presentes en muestras de aguas, ya sean disueltos o suspendidos, dicho de otra manera, los sólidos totales son la suma de los disueltos y suspendidos. Además, Pérez (2020, p.150) menciona que los sólidos totales se encuentra relacionados con la turbidez



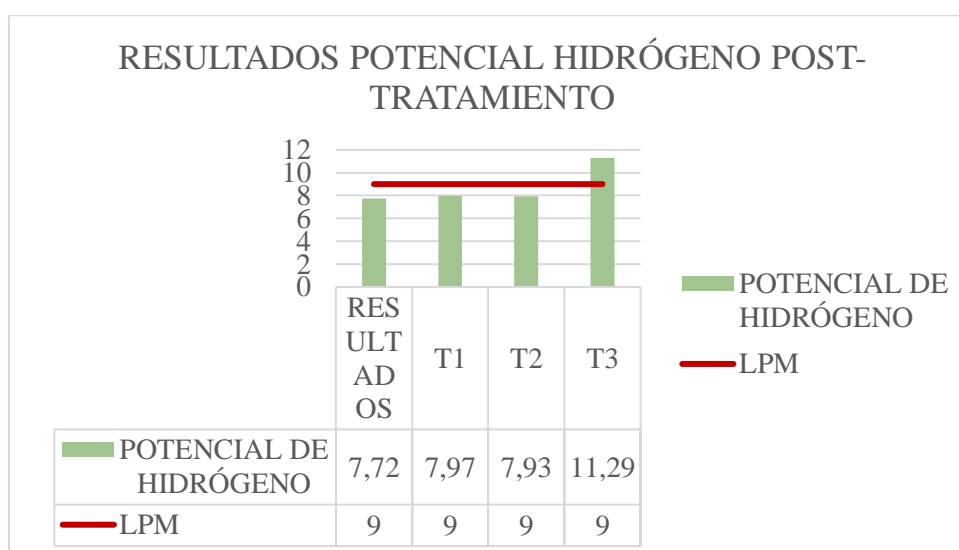


**Ilustración 4-14:** Resultados sólidos totales

**Realizado por:** Castillo Guevara, Anthony, 2023.

En la Ilustración 4-14 se da a conocer las concentraciones de sólidos totales en los distintos tratamientos, los resultados de la primera caracterización y los límites máximos permisibles por la normativa ambiental vigente. En estos resultados se observa una reducción considerable del parámetro en cuestión, ya que pasó de exceder los rangos limitantes (1600 mg/l) a resultados cercanos a cero, específicamente; 0,4 mg/l (T1), 0,4 mg/l (T2) y 0,23 mg/l (T3), entonces es factible mencionar que gracias a los tratamientos se redujo considerablemente el parámetro de sólidos totales.

#### 4.6.5. Potencial de hidrógeno



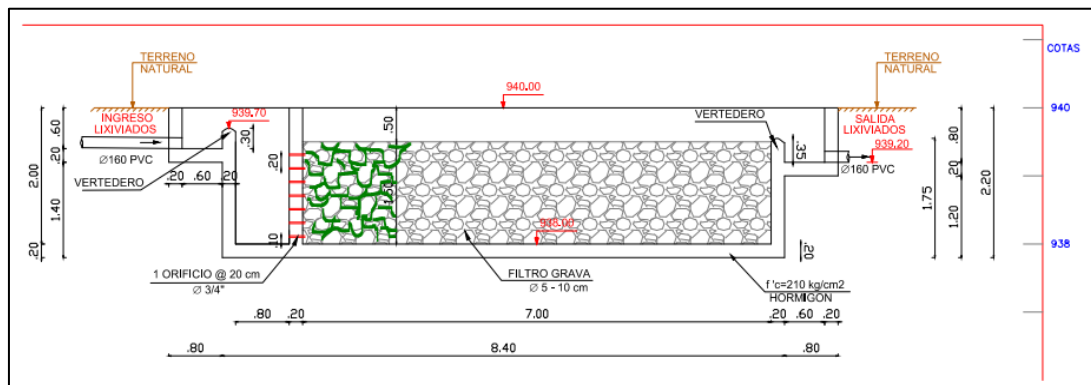
**Ilustración 4-15:** Resultados pH

**Realizado por:** Castillo Guevara, Anthony, 2023.

En la Ilustración 4-15 se representa los valores del potencial de hidrógeno de los diferentes tratamientos, la primera caracterización y los rangos permisibles por la legislación ecuatoriana, donde se puede evidenciar que es el único método que se mantiene en los límites aceptables (5 a 9 UpH), dicho de otra manera, se mantiene con un pH de 7 UpH en 3 de 4 resultados, sin embargo, en el T3 excede los límites con resultados muy básicos (11,29 UpH), en otras palabras, no es adecuado bajo la normativa ambiental vigente.

#### 4.7. Propuesta metodológica

En base al análisis realizado, la mejor opción para tener una eficiencia aceptable es el bambú ácido, por lo que se propone utilizar el producto como filtro biológico en combinación con un filtro de grava y de la misma manera implementar varios sistemas de filtrado con una estructura factible aprovechando la pendiente del terreno, de igual forma se recomienda esparcir el bambú en los espacios presentes entre el material pétreo, donde habrá una válvula de control para facilitar el contacto del lixiviado con el biosorbente como se describe en la Ilustración 4-16. Hay que tener en cuenta que, la infraestructura está compuesta por vertederos de lixiviados, donde se aplica la sedimentación por gravedad, para luego converger en el último tramo y ser evacuados a un cuerpo de agua.



**Ilustración 4-16:** Filtro biológico con bambú

**Realizado por:** Castillo Guevara, Anthony, 2023.

## **CONCLUSIONES**

Los parámetros analizados de los lixiviados del relleno sanitario sugieren que es pertinente realizar un tratamiento mediante un proceso biológico. Por lo cual se presentó una solución económica y ambientalmente viable, la biosorción a partir de la hoja del bambú (*Bambusa Vulgaris*).

Por otra parte, en los análisis de la eficiencia del biosorbente, el tratamiento con cal y bambú (T3) presento resultados bajos en relación con los demás tratamientos; para ser específico 33.33%, en la actualidad la cal ayuda al tratamiento de aguas residuales para reducir la demanda biológica de oxígeno (DBO), pero se puede definir en este caso que, si esta llega a tener contacto con algún tipo de biomasa a base de bambú, empeorará drásticamente criterios que debería subsanar, como sucedió con la DBO. Sin embargo, en los tratamientos en donde actuó únicamente el biosorbente demostró una eficiencia sobre el 60% señalando que, el bambú (*Bambusa Vulgaris*) es eficiente para la degradación de la carga contaminante de lixiviados del relleno sanitario.

Para concluir, es factible utilizar el bambú como bioabsorbente, ubicándolo en una de las celdas de la infraestructura donde reposan los lixiviados y distribuirlo a través de una capa de material pedregoso como por ejemplo ripio, bloques o ladrillos, para que, posteriormente pase por un filtro y sea dispuesto a un cuerpo de agua dulce, sin temor de que su distribución altere al ecosistema.

## **RECOMENDACIONES**

Es importante controlar los tiempos de contacto entre la muestra y el bioabsorbente, ya que esto podría afectar a la eficiencia de los tratamientos. De igual manera, es crucial realizar los análisis post tratamiento con la presencia de personal especializado en la evaluación de aguas residuales.

Analizar nuevas propuestas con más parámetros, incrementando el tiempo de contacto del producto con el residuo u otros tipos de tratamientos y sus reacciones.

Extender la investigación, es decir, probar nuevas especies con diferentes tratamientos de acople, para determinar si su combinación es pertinente o no, de igual manera, es recomendable aumentar el periodo de tiempo en el que el bambú reacciona con el lixiviado y su posterior reposo, para poder llegar a evidenciar un resultado diferente o mejor.

## **BIBLIOGRAFÍA**

**ACUERDO MINISTERIAL N° 097.** 2015. *Ministerio del Ambiente del Ecuador: Acuerdo Ministerial N° 097A*

**ALVAREZ, A.** Clasificación de las Investigaciones (Tesis) (Ingeniería). [En línea] Univesidad de Lima, Perú. 2020. p. 1. [Consulta: 2023-01-27]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12724/10818>

**ARANDA, G.; et al.** "Aplicación de adsorbentes de origen vegetal en la remoción de colorantes en agua". *Inventio* [en línea], 2020, (México) 15(37), pp. 1–12. [Consulta: 8 febrero 2023]. ISSN: 2007-1760. Disponible en: <http://riaa.uaem.mx/handle/20.500.12055/1210>

**ASAMBLEA NACIONAL DEL ECUADOR.** 2019. *Reglamento al código orgánico del ambiente (RCOA)*

**AZIZ, S.** "Leachate characterization in semi-aerobic and anaerobic sanitary landfills: A comparative study". *Journal of Environmental Management* [en línea], 2010, (Malasia) 91(12), pp. 2608–2614. [Consulta: 15 marzo 2022]. ISSN: 0301-4797. Disponible en: [https://www.academia.edu/31861715/Leachate\\_characterization\\_in\\_semi\\_aerobic\\_and\\_anaerobic\\_sanitary\\_landfills\\_A\\_comparative\\_study?from=cover\\_page](https://www.academia.edu/31861715/Leachate_characterization_in_semi_aerobic_and_anaerobic_sanitary_landfills_A_comparative_study?from=cover_page)

**BELLO, J.; & VILLACRESES, C.** "Ventajas y desventajas del sistema constructivo con bambú frente al sistema de hormigón armado en viviendas de interés social". *Revista Científico-Académica Multidisciplinaria Polo Del Conocimiento* [en línea], 2021, (Perú) 6(9), p. 1990. [Consulta: 27 enero 2023]. ISSN: 2550-682X. Disponible en: <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/3875/html>

**BLANCO, C.; et al.** "Efecto de la potencia y número de aspas de un aireador rotativo sobre la transferencia de oxígeno disuelto en agua". *Ingeniería* [en línea], 2022, (Colombia) 27(1), p. 2. [Consulta: 27 enero 2023]. ISSN 2344-8393. Disponible en: <https://doi.org/10.14483/23448393.17467>

**CÁCERES, J.** Capacidad de bioadsorción de cadmio (II) con *Bambusa vulgaris* en una solución acuosa contaminada (Tesis) (Maestría). [En línea]. Universidad Nacional del Centro del Perú,

Huancayo, Perú. 2020. p. 11. [Consulta: 2023-02-02]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12894/6418>

**CAIRO, P.; et al.** "La biomasa de *Bambusa vulgaris* como alternativa para la recuperación de suelos degradados". *Revista Centro Agrícola* [en línea], 2018, (Cuba) 45(3), pp. 51–58. [Consulta: 24 marzo 2022]. ISSN: 0253-5785. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0253-57852018000300051&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852018000300051&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

**CARCACHE, J.; et al.** Evaluación de la Eficiencia de los Parámetros de Vertido de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Urbanización Sierra Dorada, según la Norma Nacional NTON 05-027-05 con Énfasis en Carga Orgánica (Monografía de Tesis) (Ingeniería). [En línea] Universidad Nacional de Ingeniería, Managua, Nicaragua. 2018. pp. 58-59. [Consulta: 2023-02-17]. Disponible en: <https://ribuni.uni.edu.ni/2491/1/92456.pdf>

**CASTRO, C.; et al.** *Teoría y práctica para experimentos agropecuarios* [en línea]. Manabí-Ecuador: Cámara Ecuatoriana del Libro, 2020. [Consulta: 27 enero 2023]. Disponible en: <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2064/1/Dise%C3%B1o%20Experimentales.pdf>

**CELEC E.P.** 2018. *Instructivo para manejo de desechos*.

**CUESTA, S.; & DÍAZ, J.** Revisión de eficiencia del lombrifiltro y biofiltro en la remoción de DBO y DQO en aguas residuales domésticas (Tesis) (Ingeniería). [En línea] Universidad Peruana Unión, Tarapoto, Perú. 2020. p. 6. [Consulta: 2023-01-27]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12840/3225>

**CURÍÑAHUI, R.** Opuntia ficus-indica como coagulante para remoción de sólidos suspendidos totales del efluente de beneficio en avícola La Chacra (Tesis) (Ingeniería). [En línea] Universidad Continental, Huancayo, Perú. 2018. p. 24. [Consulta: 2023-02-17]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12394/5029>

**DIONISIO, E.** Aprovechamiento de residuos vegetales para la eliminación de cobre presente en medios acuosos mediante biosorción (Tesis Doctoral) (Doctorado). [En línea] Universidad de Granada, Granada, España. 2012. p. 4. [Consulta: 2022-03-24]. Disponible en: <http://digibug.ugr.es/handle/10481/23727>

**GÓMEZ, E.** Afectaciones Ambientales De Los Lixiviados Generados En Los Rellenos Sanitarios Sobre El Recurso Agua (Monografía de grado) (Especialización en Química Ambiental). [En línea] Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. 2018. pp. 1-99. [Consulta: 2022-03-15]. Disponible en: <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2018/173184.pdf>

**GONZÁLEZ, J.** Análisis Y Comparación Del Manejo Ambiental De Lixiviados Como Propuesta Para El Mejoramiento De Sus Procesos. Caso De Estudio Relleno Sanitario Doña Juana (RSDJ) De La Ciudad De Bogotá Y El Relleno Sanitario La Miel De La Ciudad De Ibagué Alixon Yeraldin (Tesis) (Ingeniería). [En línea] Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia. 2018. pp. 1-9. [Consulta: 2022-03-13]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10654/21135>

**IBÁÑEZ, W.; et al.** "Residuos sólidos en la ciudad de macas, Ecuador Review on solid waste in the macas city, Ecuador Resíduos sólidos na cidade de Macas, Equador". Dominio de las Ciencias [en línea], 2021, (Ecuador) 7(4), p. 1897. [Consulta: 13 marzo 2022]. ISSN: 2477-8818. Disponible en: <https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/2207/4714>

**IDEAM.** 2017. *Sólidos Totales secados a 103 – 105 °C*

**INEC.** *ESTADÍSTICA DE INFORMACIÓN AMBIENTAL ECONÓMICA EN GOBIERNOS AUTÓNOMOS DESCENTRALIZADOS MUNICIPALES 2020.*

**JIMÉNEZ, L.** Tratamiento Físico-Químico para la remediación de lixiviados del Relleno Sanitario Naranjal mediante la Aplicación de cal, zeolita y cloro (Tesis) (Ingeniería). [En línea] Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil, Ecuador. 2020. pp. 41-42. [Consulta: 2023-01-27]. Disponible en: [https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/QUIROZ%20JIMENEZ%20LEONARDO%20ANDRES\\_c ompressed.pdf](https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/QUIROZ%20JIMENEZ%20LEONARDO%20ANDRES_c ompressed.pdf)

**KAZA, S.; et al.** *What a Waste 2.0 : A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050.* Washington-USA: The World Bank, 2018. [Consulta: 15 abril 2022]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10986/30317>

**LÓPEZ, M.; et al.** "Estudio de la capacidad adsorbente del biocarbón obtenido mediante tecnologías apropiadas como medio para purificar agua de lluvia". Revista de la Facultad de Ingeniería tekhné [en línea], 2021, (Venezuela) 24(2), pp. 40–52. [Consulta: 2 febrero 2023] ISSN: 1316-3930. Disponible en: <https://revistasenlinea.saber.ucab.edu.ve/index.php/tekhne/article/view/5034>

**MÉNDEZ, R.; et al.** "Tratamiento fisicoquímico de los lixiviados de un relleno sanitario". Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal [en línea], 2004, (México) 8(2), pp. 155–163. [Consulta: 23 mayo 2022]. ISSN 1665-529. Disponible en: [http://www.researchgate.net/profile/German\\_Giacoman\\_Vallejos/publication/240643188\\_Tratamiento\\_fisicoquimico\\_de\\_los\\_lixiviados\\_de\\_un\\_relleno\\_sanitario/links/543816c60cf2d6698bdd35b7.pdf](http://www.researchgate.net/profile/German_Giacoman_Vallejos/publication/240643188_Tratamiento_fisicoquimico_de_los_lixiviados_de_un_relleno_sanitario/links/543816c60cf2d6698bdd35b7.pdf)

**MENÉNDEZ, C.; & DUEÑAS, J.** "Los procesos biológicos de tratamiento de aguas residuales desde una visión no convencional". Ingeniería Hidráulica Y Ambiental [en línea], 2018, 39(3), pp. 97–107. [Consulta: 17 febrero 2023]. ISSN 1680-0338. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v39n3/1680-0338-riha-39-03-97.pdf>

**MINISTERIO DEL AMBIENTE.** 2015. *Reforma Del Libro VI Del Texto Unificado De Legislación Secundaria Acuerdo No. 061*

**MORILLO, L.; et al.** "Reduction of surfactants and coliforms in domestic wastewater by fenton processes". Revista Internacional de Contaminacion Ambiental [en línea], 2019, (Ecuador) 35(4), pp. 931–943. [Consulta: 17 febrero 2023]. ISSN 0188-4999. Disponible en: <https://doi.org/10.20937/rica.2019.35.04.12>.

**NOVELO, R.; et al.** "Tratamiento de lixiviados con carbón activado". Ingeniería [en línea], 2002, (México) 6(3), pp. 19-27. [Consulta: 14 marzo 2022]. ISSN 1665-529X. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46760302>

**PALACIOS, I.** "Evaluación multicriterio para la ubicación de un relleno sanitario en la ciudad de Macas a través de la ponderación de sus variables con el Proceso Analítico Jerárquico AHP". Revista de Ciencias de Seguridad y Defensa [en línea], 2018, (Ecuador) 3(3), p. 83–94. [Consulta: 08 febrero 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.24133/rcsd.V3N2.2018.04>

**PALACIOS, X.** Tesis Biosorción de compuestos recalcitrantes de lixiviados usando maguey morado(Tesis) (Ingeniería). [En línea] Universidad de Quintana Roo, Chetumal, México. 2016. pp. 1-53. [Consulta: 2022-03-14]. Disponible en: <http://risisbi.uqroo.mx/bitstream/handle/20.500.12249/1947/Tesis%20Biosorción%20de%20compuestos%20recalcitrantes%20de%20lixiviados%20usando%20maguey%20morado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**PAVÓN, Z.** Determinación del Porcentaje de Reducción de Cr<sup>+6</sup> en Agua Provenientes de Industria Minera Utilizando Bambú y Yuca como Biofiltro (Tesis) (Ingeniería). [En línea] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Sede Morona Santiago, Macas, Ecuador. 2021. pp. 2-51. [Consulta: 2023-02-02]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/15439>

**PÉREZ, G.; et al.** "Calidad estacionaria del agua ante el costo ambiental sostenible relativo con agregación de biomarcadores: Bahía de Puno, lago Titicaca, Perú". Revista de Investigaciones Altoandinas [en línea], 2020, (Perú) 22(2), p. 146-154. [Consulta: 17 febrero 2023]. ISSN 2313-2957. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2020.602>.

**PESANTES, L.; et al.** "Estudio piloto para el tratamiento de lixiviados generados en un botadero controlado". Gestión y Ambiente [en línea], 2018, (Colombia) 21(2), pp. 233-241. [Consulta: 14 marzo 2022]. ISSN 2357-5905. Disponible en: <https://doi.org/10.15446/ga.v21n2.74908>

**SÁEZ, A.; et al.** "Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe". Omnia [en línea], 2014, (Venezuela) 20(3), pp. 121-135. [Consulta: 24 marzo 2022]. ISSN: 1315-8856. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=73737091009>

**SALAS, B.** Biorremediación de suelo y tratamiento de lixiviados con carbón activado de bambú del Ex-basurero a cielo abierto el Zapote (Tesis) (Ingeniería). [En línea] Instituto Politécnico Nacional, Tamaulipas, México. 2016. p. 10. [Consulta: 2022-03-24]. Disponible en: <http://tesis.ipn.mx/handle/123456789/18616>

**SAMPIERI, R.; et al.** *Metodología de la Investigación* [en línea]. 6ª ed. Estado de México-México: McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. de C.V., 2014. [Consulta: 15 marzo 2022]. Disponible en: <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

**RONDÓN, T.; et al.** *Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios* [en línea]. Santiago-Chile: Publicación de las Naciones Unidas, 2016. [Consulta: 24 marzo 2022]. Disponible en: <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/40407>

**TCHOBANOGLIOUS, G.** *Handbook of Solid Waste Management*. 2ª ed. New York-USA: McGraw-Hill Companies, 2018. [Consulta: 15 marzo 2022]. Disponible en: <https://ostad.nit.ac.ir/payaidea/ospic/file8600.pdf>

**TERÁN, P.** 2016. *Reglamento sustitutivo al reglamento ambiental para operaciones hidrocarbúrficas en el Ecuador*



**TORRES, W.** Calidad del agua, en la parte media de la quebrada Misquiyaquillo, mediante uso de Modelación del Oxígeno Disuelto y DBO5 en constantes cinéticas de autodepuración Moyobamba (Tesis) (Ingeniería). [En línea] Universidad Nacional de San Martín, Moyobamba, Perú. 2020. p. 9. [Consulta: 2023-02-17]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11458/3903>

**TROYA, M.** Detección de coliformes fecales y *escherichia coli*, del agua que se distribuye en el cantón el Empalme, provincia del Guayas (Tesis) (Ingeniería). [En línea] Universidad de Guayaquil, Ecuador. 2021. p. 24. [Consulta: 2023-01-27]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/56820/1/TESIS%20FINAL%20FINAL-MELANIE%20TROYA.pdf>



## ANEXOS

### ANEXO A: LAVADO DEL BAMBÚ



**ANEXO B: TRITURADO Y SECADO DEL BAMBÚ**





## ANEXO C: TAMIZADO DEL BAMBÚ



## ANEXO D: TRATAMIENTO DEL BAMBÚ





**ANEXO E: MUESTRAS SEPARADAS CON CADA TRATAMIENTO**



## ANEXO F: ANÁLISIS DE DQO



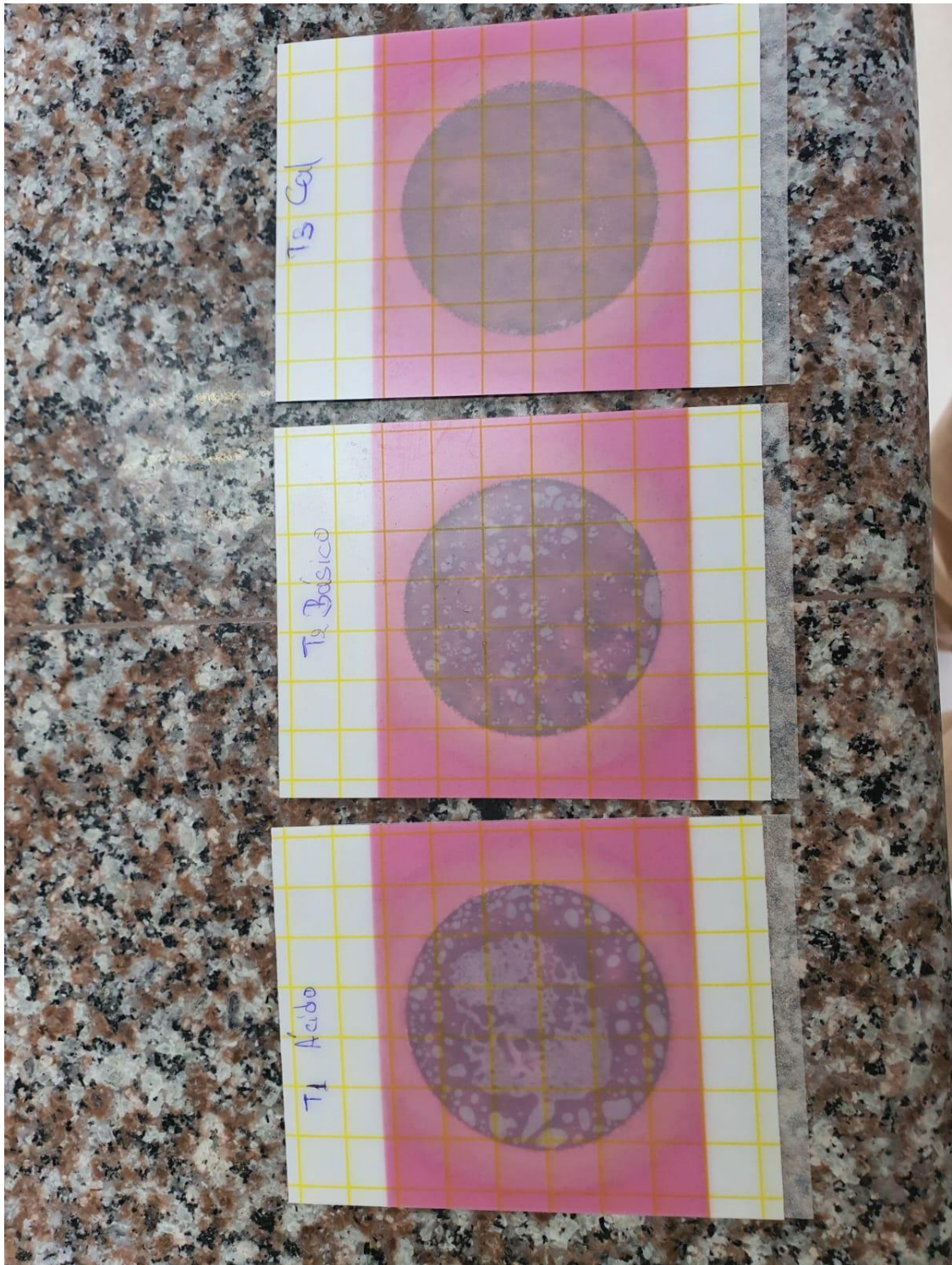


**ANEXO G: ANÁLISIS DE POTENCIAL DE HIDRÓGENO**





**ANEXO H: ANÁLISIS DE COLIFORMES FECALES**



## ANEXO I: ANÁLISIS DE SÓLIDOS TOTALES





**ANEXO J: ANÁLISIS DE OXÍGENO DISUELTO**



**ANEXO K: RECOLECCIÓN DE LIXIVIADO EN EL RELLENO SANITARIO**







epoch

Dirección de Bibliotecas y  
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y  
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 07 / 07 / 2023

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Anthony Fernando Castillo Guevara
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Ciencias
<b>Carrera:</b> Ingeniería Ambiental
<b>Título a optar:</b> Ingeniero Ambiental
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo

1322-DBRA-UPT-2023