

**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA**

**FACULTAD CIENCIAS DE LA VIDA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO**

**DE INGENIERO AMBIENTAL**

**TEMA:**

Depuración de lixiviados del relleno sanitario de la ciudad de Puyo, perteneciente al cantón Pastaza, provincia de Pastaza, utilizando métodos alternativos “Biomasa Residual”

**AUTOR:** LASCANO GARCÉS JORGE EDUARDO

**DIRECTOR:** DR. BRAVO SÁNCHEZ LUIS RAMÓN

**PUYO – ECUADOR**

2020



## **DECLARATORIA DE AUTORIA Y CESIÓN DE DERECHOS**

Yo, Jorge Eduardo Lascano Garcés, con cédula de identidad No.1600875353, declaro que las actividades realizadas para la elaboración y culminación del presente proyecto de investigación y desarrollo, que tiene como tema: **Depuración de lixiviados del relleno sanitario de la ciudad de Puyo, perteneciente al cantón Pastaza, provincia de Pastaza, utilizando métodos alternativos “Biomasa Residual”** no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional, y hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en la presente investigación.

Los criterios emitidos en el proyecto de investigación, así como también los contenidos, ideas, análisis, conclusiones y recomendaciones son de exclusiva responsabilidad mi persona, como autor de este trabajo de grado.



---

**Jorge Eduardo Lascano Garcés**

**CI. 1600875353**

# **CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

Por medio del presente, Dr. Bravo Sánchez Luis Ramón, PhD, con cédula de identidad No. 1757041452 certifico que Jorge Eduardo Lascano Garcés, egresado de la Carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Estatal Amazónica, realizó el Proyecto de investigación titulado: **Depuración de lixiviados del relleno sanitario de la ciudad de Puyo, perteneciente al cantón Pastaza, provincia de Pastaza, utilizando métodos alternativos “Biomasa Residual”**, previo a la obtención del título de Ingeniero Ambiental bajo mi supervisión y dirección y que ha sido prolijamente revisado cumpliendo con todos los requisitos y disponibilidades legales establecidas en el Reglamento de Títulos de grado de la Facultad de Ciencias de la Vida de la Universidad Estatal Amazónica, por lo que se autoriza su presentación.



---

**Dr. BRAVO SANCHEZ LUIS RAMÓN**

**DIRECTOR DEL PROYECTO**

**1757041452**



Oficio No. 95-SAU-UEA-2020

Puyo, 29 de enero de 2020

Por medio del presente **CERTIFICO** que:

El Proyecto de Investigación correspondiente al egresado LASCANO GARCÉS JORGE EDUARDO con C.I. 1600875353 con el Tema: **“DEPURACIÓN DE LIXIVIADOS DEL RELLENO SANITARIO DE LA CIUDAD DEL PUYO, PERTENECIENTE AL CANTÓN PASTAZA, PROVINCIA DE PASTAZA, UTILIZANDO MÉTODOS ALTERNATIVOS “BIOMASA RESIDUAL”**”, de la carrera, Ingeniería Ambiental. Director del proyecto Dr. Bravo Sánchez Luis Ramón, PhD, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 1%, Informe generado con fecha 28 de enero de 2020 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Ing. Italo Marcelo Lara Pilco MSc.

**ADMINISTRADOR DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND – UEA - .**

# **CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR EL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

El Tribunal de sustentación del Proyecto de Investigación y Desarrollo aprueba el proyecto de investigación y desarrollo con el tema: **DEPURACIÓN DE LIXIVIADOS DEL RELLENO SANITARIO DE LA CIUDAD DE PUYO, PERTENECIENTE AL CANTÓN PASTAZA, PROVINCIA DE PASTAZA, UTILIZANDO MÉTODOS ALTERNATIVOS “BIOMASA RESIDUAL”.**



---

**Dr.C. Reinier Abreu Naranjo**

**Presidente del tribunal**



---

**M.s.C. Margarita Jara**

**Miembro del Tribunal**



---

**M.s.C. Jorge Bonilla**

**Miembro del Tribunal**

## RESUMEN

Este proyecto tiene como finalidad conocer los componentes y niveles de contaminación existentes en los lixiviados procedentes del relleno sanitario de la ciudad de Puyo así como también las características físico-químicas y microbiológicas de los lixiviados presentes en las celdas de disposición final de residuos del relleno sanitario de la ciudad, antes y después de ingresar a la planta de tratamiento de aguas, teniendo en cuenta que los resultados pueden variar dependiendo de la cantidad de contaminantes que se presenten dichas celdas. Uno de los puntos más relevantes de la investigación es la efectividad de la ceniza de cascarilla de arroz y el bagazo de caña en el proceso de descontaminación de dichas aguas; se hace una comparación de ambas y se obtiene que la ceniza de cascarilla de arroz fue más efectiva en el momento de descontaminar el lixiviado teniendo una efectividad del 4% más que del bagazo de caña de azúcar en la remoción de ciertos contaminantes peligrosos. Este proceso sería complementario o adicional al proceso previamente realizado en la planta de tratamiento de aguas residuales del relleno sanitario para la depuración de los lixiviados.

**PALABRAS CLAVES:** contaminación, lixiviados, relleno, cascarilla de arroz, bagazo de caña, planta de tratamiento.

## SUMMARY

This project aims to know the components and levels of contamination existing in leachate from the landfill of the city of Puyo. Also know the physical-chemical and microbiological characteristics of the leachates present in the final waste disposal cells of the city landfill before and after entering the water treatment plant, taking into account that the results may vary depending on the amount of contaminants that these cells present. One of the most relevant points of the investigation is the effectiveness of the rice husk ash and the cane bagasse in the process of decontamination of these waters; making a comparison of both it is obtained that husk ash was more effective at the time of decontaminating the leachate having an effectiveness of 4% more than the bagasse in the removal of certain contaminants, this being a complementary or additional to the process previously carried out in the sewage treatment plant of the landfill.

**KEYWORDS:** Contamination, leachate, stuffing, rice husk, cane bagasse, treatment plant.

# ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I .....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
1.3. OBJETIVOS .....	2
1.3.1. Objetivo general .....	2
1.3.2. Objetivos específicos.....	2
CAPÍTULO II .....	3
2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	3
2.1.1. Residuos sólidos. ....	3
2.1.2. Aspectos sanitarios de los residuos sólidos urbanos.....	3
2.1.3. Clasificación de residuos sólidos.....	3
2.1.4. Composición de los residuos sólidos. ....	4
2.1.5. Gestión integral de residuos sólidos. ....	6
2.1.6. Programa nacional para la gestión integral de desechos sólidos. ....	6
2.1.7. Situación de los residuos sólidos urbanos en Ecuador.....	6
2.1.8. Etapas de la GIRS (Bustos, 2008). ....	7
2.1.9. Disposición final de los residuos sólidos urbanos. ....	8
2.1.10. Efectos de los residuos sólidos para la salud.....	8
2.2 RELLENO SANITARIO.....	9
2.3 LIXIVIADOS .....	14
2.4 NORMATIVA VIGENTE.....	19
2.5 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
2.6 FUNDAMENTACIÓN LEGAL .....	22
2.6.1. Constitución de la República del Ecuador . ....	22
2.6.2. Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización (COOTAD) .....	22
2.6.3. Código orgánico ambiental (COA).....	23
2.6.4. Acuerdo Ministerial No. 097-A de 06 de noviembre de 2015. ....	23
CAPÍTULO III.....	24
3. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN .....	24
3.1. LOCALIZACIÓN .....	24
3.1.1. Ubicación del área del estudio.....	24
3.1.2. Ciudad de Puyo. ....	24
3.1.3. Aspectos Biofísicos y Climáticos del Cantón. ....	25

3.2. RELLENO SANITARIO DE LA CIUDAD DE PUYO .....	29
3.2.1. Descripción general del área de estudio.....	29
3.2.2. Mapa de ubicación del Relleno sanitario de Puyo.....	31
3.2.3. Análisis de la Demanda del servicio.....	31
3.2.4. Rutas del servicio.....	32
3.2.5. Instalaciones del Relleno Sanitario.....	33
3.2.6. Situación ambiental actual.....	36
3.2.7. Área de Influencia del relleno sanitario de la ciudad del Puyo.....	37
3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	37
3.4. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN .....	38
3.4.1. Procedimientos o tareas .....	38
CAPÍTULO IV .....	40
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	40
4.1 DATOS EXPERIMENTALES OBTENIDOS .....	40
4.1.1. Caudal de los lixiviados.....	40
4.1.2. Caracterización de lixiviado.....	40
4.1.3. Caracterización del bagazo de caña de azúcar y la ceniza ce cascarilla de arroz.....	42
4.2. Proceso de filtrado de los lixiviados por el sustrato.....	43
4.2.1. Análisis de lixiviados después de pasar por el filtro.....	45
4.2.2. Comparación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de los puntos de muestreo.....	46
4.3. Comparación de eficiencia de la materia.....	62
4.3.1. Determinar que sustrato es el más económico .....	63
4.4. DISCUSIÓN.....	64
CAPÍTULO V .....	66
5. CONCLUSIONES .....	66
5.1. RECOMENDACIONES .....	67
CAPÍTULO VI .....	68
6. BIBLIOGRAFÍA .....	68
CAPÍTULO VII .....	74
7. ANEXOS .....	74

## INDICE DE TABLAS

N°	CONTENIDO	PÁG
Tabla 1.	Caracterización de Residuos Sólidos en Ecuador.....	7
Tabla 2.	Vectores generados por el mal manejo de residuos sólidos. ....	9
Tabla 3.	Comparación de las Características de un Relleno Sanitario. ....	12
Tabla 4.	Clasificación de los lixiviados según su edad. ....	17
Tabla 5.	Características de los lixiviados. ....	17
Tabla 6.	Composición general de los lixiviados ....	18
Tabla 7.	A.M 097-A, (Tabla 9) Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.....	19
Tabla 8.	Distribución de la población del Cantón Pastaza por Parroquias. ....	26
Tabla 9.	Coordenadas Geografías del Relleno Sanitario del Cantón Pastaza.....	30
Tabla 10.	Coordenadas del punto de muestreo, antes de ingresar al la Planta de tratamiento de aguas residuales.....	30
Tabla 11.	Coordenadas del punto de muestreo, salida de la planta de tratamiento de aguas residuales.....	30
Tabla 12.	Rutas de Recolección de basura del Cantón Pastaza. ....	32
Tabla 13.	Horarios y Rutas de recolección en barrios y sectores de la ciudad de Puyo. ....	32
Tabla 14.	Áreas del Relleno Sanitario.....	33
Tabla 15.	Métodos mediante los cuales se realizan los análisis.....	38
Tabla 16.	Muestreo de caudal de lixiviado.....	40
Tabla 17.	(P1) lixiviado puro, previo al ingreso a la planta de tratamiento. ....	41
Tabla 18.	(P2) Lixiviado puro, después de haber pasado por la planta de tratamientos.....	41
Tabla 19.	Composición del bagazo de caña de azúcar.....	42
Tabla 20.	Composición de la ceniza de cascarilla de arroz.....	43
Tabla 21.	Resultados análisis lixiviado filtrado por bagazo de caña de azúcar (P3) y ceniza de cascarilla de arroz (P4). ....	46
Tabla 22.	Comparación de Aceites y Grasas. ....	46
Tabla 23.	Comparación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno. ....	48
Tabla 24.	Comparación de la Demanda Química de Oxígeno. ....	49
Tabla 25.	Comparación de Fenoles. ....	50
Tabla 26.	Comparación de Coliformes Fecales. ....	51
Tabla 27.	Comparación del Nitrógeno Total. ....	52
Tabla 28.	Comparación de Tensoactivos Aniónicos. ....	53
Tabla 29.	Comparación del Potencial de Hidrogeno. ....	54
Tabla 30.	Comparación de Sólidos Suspendidos. ....	55
Tabla 31.	Comparación de los Sólidos Totales. ....	56
Tabla 32.	Comparación del Mercurio. ....	57
Tabla 33.	Comparación del Plomo. ....	58
Tabla 34.	Comparación del Fósforo Total. ....	59
Tabla 35.	Comparación de Arsénico. ....	60
Tabla 36.	Comparación del Cianuro Total. ....	61
Tabla 37.	Comparación % de eficiencia de la materia, Bagazo de caña de azúcar y Ceniza de cascarilla de arroz.....	62
Tabla 38.	Coste adquisición del Bagazo de caña de azúcar.....	63
Tabla 39.	Coste adquisición de Ceniza de cascarilla de arroz.....	64

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

N°	CONTENIDO	PÁG
<b>Gráfico 1.</b>	Tipos de Desechos Generados anualmente a nivel mundial. ....	5
<b>Gráfico 2.</b>	Generación de Desechos a Nivel Regional Anualmente.....	5
<b>Gráfico 3.</b>	Comparación de los porcentajes entre los sistemas de disposición final de los Residuos Sólidos Urbanos en las Regiones del Ecuador .....	7
<b>Gráfico 4.</b>	Comparación de Aceites y Grasas. ....	47
<b>Gráfico 5.</b>	Comparación del DBO. ....	48
<b>Gráfico 6.</b>	Comparación del DQO. ....	49
<b>Gráfico 7.</b>	Comparación de Fenoles. ....	50
<b>Gráfico 8.</b>	Comparación de Coliformes Fecales. ....	51
<b>Gráfico 9.</b>	Comparación del Nitrógeno Total. ....	52
<b>Gráfico 10.</b>	Comparación del Tensoactivos. ....	53
<b>Gráfico 11.</b>	Comparación de pH. ....	54
<b>Gráfico 12.</b>	Comparación del Sólidos Suspendedos. ....	55
<b>Gráfico 13.</b>	Comparación de los Sólidos Totales. ....	56
<b>Gráfico 14.</b>	Comparación del Mercurio. ....	57
<b>Gráfico 15.</b>	Comparación del Plomo. ....	58
<b>Gráfico 16.</b>	Comparación del Fosforo Total. ....	59
<b>Gráfico 17.</b>	Comparación del Arsénico.....	60
<b>Gráfico 18.</b>	Comparación del Cianuro Total. ....	61

## ÍNDICE DE FIGURAS

N°	CONTENIDO	PÁG
<b>Figura 1.</b>	Barreras de un Relleno Sanitario .....	10
<b>Figura 2.</b>	Fases de descomposición en un Relleno Sanitario.....	13
<b>Figura 3:</b>	Mapa de ubicación del Relleno Sanitario.....	31

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

N°	CONTENIDO	PÁG
<b>Fotografía 1.</b>	Hangares.....	33
<b>Fotografía 2.</b>	Garita.....	33
<b>Fotografía 3.</b>	Oficinas.....	33
<b>Fotografía 4.</b>	Mecánica.....	34
<b>Fotografía 5.</b>	Albergue canino.....	34
<b>Fotografía 6.</b>	Área de descanso.....	34
<b>Fotografía 7.</b>	Área de jornaleros.....	34
<b>Fotografía 8.</b>	Separación de residuos.....	35
<b>Fotografía 9.</b>	Báscula.....	35
<b>Fotografía 10.</b>	Área de compostaje.....	35
<b>Fotografía 11.</b>	Celda de disposición final de residuos sólidos.....	35
<b>Fotografía 12.</b>	Planta de tratamiento de aguas residuales.....	36
<b>Fotografía 13.</b>	Columnas de vidrio.....	44
<b>Fotografía 14.</b>	Bagazo de caña y ceniza de arroz en columnas de vidrio.....	44
<b>Fotografía 15.</b>	Cambio de color del lixiviado al pasar por el bagazo de caña.....	45

## ÍNDICE DE ANEXOS

N°	CONTENIDO	PÁG
<b>Anexo 1.</b>	Recolección del bagazo de caña de azúcar.....	74
<b>Anexo 2.</b>	Proceso de lavado de desmechado del bagazo de caña de azúcar.....	74
<b>Anexo 3.</b>	Inicio de secado del bagazo de caña de azúcar.....	74
<b>Anexo 4.</b>	Oficio para la aceptación del desarrollo de la tesis en el relleno sanitario de la ciudad de Puyo, dirigido al Sr. alcalde del cantón Pastaza.....	75
<b>Anexo 5.</b>	Oficio dirigido al INAMHI, para solicitar la facilitación de datos meteorológicos de la ciudad de Puyo.....	76
<b>Anexo 6.</b>	Oficio dirigido al director de servicios municipales que permita el ingreso al relleno sanitario.....	77
<b>Anexo 7.</b>	Filtrado del lixiviado utilizando el material seleccionado (bagazo de caña de azúcar y ceniza de cascarilla de arroz).....	78
<b>Anexo 8.</b>	Resultado de los análisis de laboratorio de las muestras de lixiviado puro, tomados previo a su ingreso a la planta de tratamiento de aguas residuales.....	79
<b>Anexo 9.</b>	Resultado de los análisis de laboratorio de las muestras de lixiviados, tomados en el punto de descarga de la planta de tratamiento de aguas residuales.....	81
<b>Anexo 10.</b>	Resultado de los análisis de laboratorio de las muestras de lixiviados, después de haber sido filtradas a través del bagazo de caña de azúcar.....	83
<b>Anexo 11.</b>	Resultado de los análisis de laboratorio de las muestras de lixiviados, después de haber sido filtrados a través de la ceniza de cascarilla de arroz.....	85

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

En varios países de América Latina y el Caribe la generación constante de residuos sólidos es provocada por la gran demanda de la sociedad consumista, que a su vez no tiene una adecuada disposición o conocimiento para el tratamiento de dichos desechos, los mismos que generan contaminación en los rellenos sanitarios. Por la falta de información de la sociedad, estos residuos son desechados en lugares que no están adaptados para realizar su tratamiento; la acumulación de dichos residuos genera lixiviados.

Si bien es cierto que la estructura de los rellenos sanitarios ha mejorado, aún no se da un tratamiento adecuado a estas aguas, lo que genera contaminación en su descarga al momento de llegar a fuentes hídricas.

Colombia es ejemplo de un país que ha tratado de mejorar el tratamiento de dichos contaminantes logrando la purificación de los lixiviados en un 90% gracias a su planta de tratamiento eco amigable ubicada en Medellín (Acurio, 2009).

En el Ecuador, hay ciudades como Quito, Cuenca, Guayaquil y Loja que han logrado manejar y tratar los desechos sólidos y lixiviados resultantes de una manera aceptable, pero la mayoría de las ciudades del Ecuador no cuentan con un tratamiento adecuado. Por otra parte, los ciudadanos no cuentan con el conocimiento para desechar los residuos sólidos en lugares adecuados, por lo que los desechan en botaderos, incluso en ríos, quebradas, terrenos baldíos, esteros, acequias, lagunas, incluso en la vía pública (Ger, 2017).

En la ciudad de Puyo se ha podido evidenciar de manera palpable el mal manejo de los desechos sólidos por parte de los ciudadanos ya que desechan los desperdicios en lugares que no son adecuados, a pesar de que se han realizados capacitaciones y charlas por parte de la alcaldía, así como el mal manejo en el relleno sanitario, y de manera especial de los lixiviados resultantes, ya que, no cuentan con el proceso adecuado para lograr la descontaminación de este desecho, y al momento de finalizar el tratamiento, es decir en la descarga se puede evidenciar que el agua de los lixiviados aún contienen carga contaminante.

La presente investigación se enfoca en el desarrollo de métodos alternativos para complementar el tratamiento de los lixiviados que se da en la planta de depuración de

agua residual del relleno sanitario de la ciudad de Puyo, se plantea utilizar biomasa residual como el bagazo de la caña de azúcar y la ceniza de la cascarilla del arroz, como métodos complementarios en la planta de tratamiento de aguas, para la depuración de las mismas, buscando así disminuir la carga contaminante existente, y así evitar que estos desperdicios se sigan acumulando en la celda del relleno sanitario.

Los beneficiarios directos de esta investigación son la ciudadanía en general, ya que se busca minimizar la contaminación que causa la descarga de estos desechos en los efluentes, así como el Municipio ya que se busca una alternativa económica y a su vez efectiva para solucionar dicho problema.

## **1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Carencia de tratamientos efectivos que garanticen la calidad del vertido, luego del proceso de depuración de los lixiviados provenientes de la celda en donde se disponen residuos en el relleno sanitario, tanto materia orgánica e inorgánica.

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1. Objetivo general**

- Demostrar la eficacia de tratamientos alternativos, utilizando biomasa residual, para la depuración del lixiviado proveniente del relleno sanitario de la ciudad de Puyo.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Caracterizar desde el punto de vista físico-químico y microbiológico de los materiales a usar: bagazo de caña (*Saccharum officinarum* L.) y ceniza de cascarilla de arroz (*Oryza sativa* L.), con vistas a su utilización en un proceso para complementar la depuración de los lixiviados.
- Evaluar la eficacia de los sustratos: bagazo de caña (*Saccharum officinarum* L.) y ceniza de cascarilla de arroz (*Oryza sativa* L.) para la depuración del lixiviado en condiciones dinámicas.
- Comparar los sustratos, y verificar cuál es el más efectivo y económico.

## CAPÍTULO II

### 2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

#### 2.1.1. Residuos sólidos.

Se define como residuo a cualquier producto en estado sólido, líquido o gaseoso procedente de un proceso de extracción, transformación o utilización, que su propietario decide abandonar. Estos residuos por sí solos carecen de un valor económico (Rischmagui, 2017).

#### 2.1.2. Aspectos sanitarios de los residuos sólidos urbanos.

Uno de los aspectos que se han evidenciado debido al mal manejo de residuos ha sido la aparición de epidemias producidas por la contaminación del agua de consumo, así como también la propagación de vectores de enfermedades; esta situación ha sido uno de motivos por el cual gobiernos han impulsado la implementación de servicios de agua potable y la recolección de residuos (Aguilar, 2016).

#### 2.1.3. Clasificación de residuos sólidos.

##### 2.1.3.1. Por su origen:

- **Residuos Sólidos Urbanos o Municipales:** su composición está dada principalmente por materiales resultantes de la limpieza de las calles, la recolección de basura proveniente de las ferias y mercados, residuos provenientes de podas con fines de mantención de parques y jardines.
- **Residuos domésticos:** son residuos resultantes de las actividades diarias que se dan en el hogar, que comúnmente se denomina como “basura”. Estos están compuestos por diversos materiales como: papel y cartón, vidrio, plástico, restos de alimentos, telas; así como también ciertos productos de mayor peligrosidad: envases con restos de diluyentes, detergentes, pesticidas e insecticidas, envases de pinturas limpiadores, barnices, y baterías (Torey, 2014).
- **Residuos comerciales:** son aquellos que se generan en actividades de comercio, al por mayor y menor, en servicios de restaurante, bares, hoteles y centros de diversión, en oficinas y en mercados.

- **Residuos industriales:** residuos resultantes de procesos de fabricación, de transformación, utilización, consumo, limpieza o de mantenimiento generador por la industria.
- **Biorresiduos:** residuos biodegradables de jardines y parques, residuos provenientes de alimentos y de cocina procedentes de hogares, restaurantes, así como residuos procedentes de plantas de procesamiento de alimentos.
- **Escombros y residuos de la construcción:** Son aquellos que se generan en una obra de construcción o demolición. Cabe recalcar que en esta categoría no se incluyen tierras de excavación que se destinan a la reutilización en la misma obra o en otra obra autorizada.
- **Residuos sanitarios:** son aquellos residuos generados en centros, servicios y establecimientos sanitarios (pueden ser de promoción de salud, atención sanitaria, de investigación biomédica y sanitaria o de veterinaria asistencial).
- **Residuos mineros:** aquellos productos ya sea en fase sólida, acuosa o pastosa que quedan tras la investigación y aprovechamiento de un recurso geológico.
- **Residuos radioactivos:** aquellos residuos que contienen elementos químicos radiactivos que no tiene un propósito práctico. Clasificados como: de baja, media y alta radioactividad (Licona, 2016).

#### 2.1.3.2. Por su composición:

- **Residuos orgánicos:** todo desecho de origen biológico (desecho orgánico), que alguna vez estuvo vivo o fue parte de un ser vivo.
- **Residuos inorgánicos:** no tiene origen biológico, provienen de la industria o de algún proceso artificial.
- **Mezcla de residuos:** hace referencia a todos los desechos mezclados resultado de una combinación de materiales orgánicos e inorgánicos.
- **Residuos peligrosos:** son aquellos residuos orgánicos o inorgánicos que tiene potencial peligroso (Recytrans, 2013).

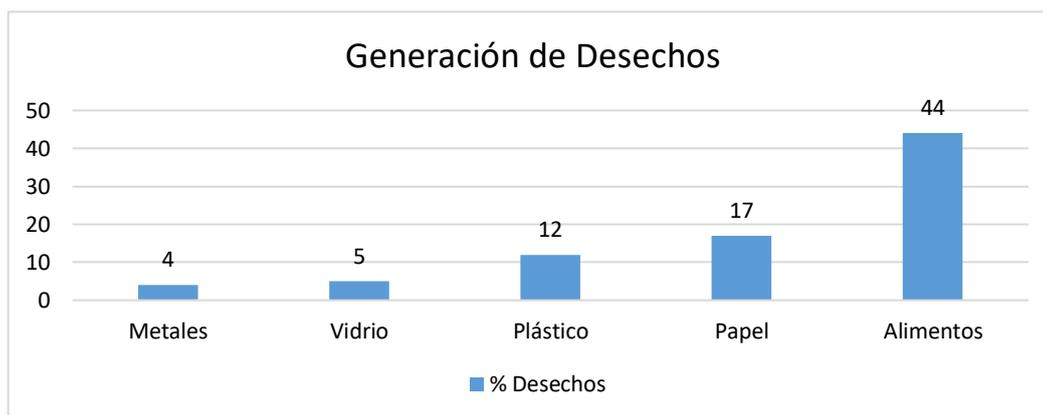
#### 2.1.4. Composición de los residuos sólidos.

Los factores que determinan la composición de los residuos sólidos son:

- **Modo y nivel de vida de la población:** dado el creciente incremento de consumo en la población, se generan grandes cantidades de residuos día a día.

- Actividad poblacional: en zonas rurales y urbanas se desarrollan un sin número de actividades en los diferentes sectores económicos.
- Climatología: se refiere al tipo de producto que se consume dependiendo de la estación del año (Alvarado, 2016).

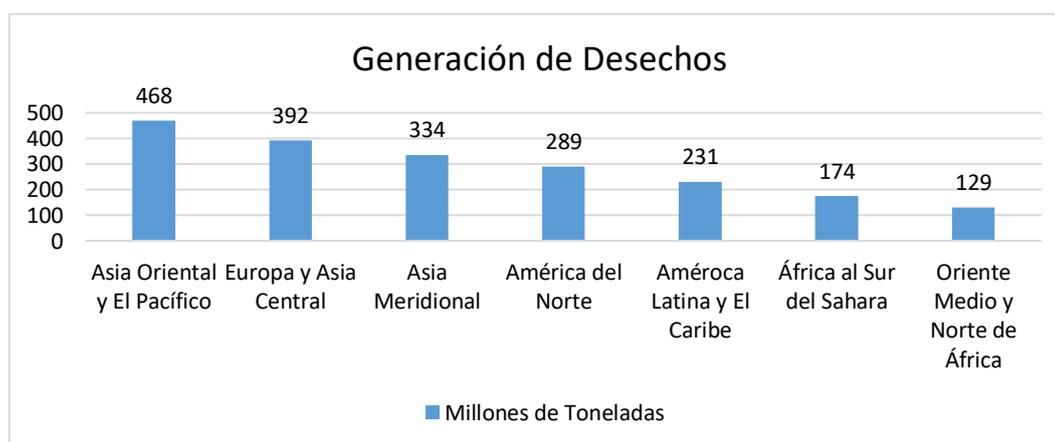
Los factores que potencializan la producción de residuos sólidos industriales y urbanos son: nuevos patrones de consumo, crecientes tasas de urbanización e industrialización, etc. (MAE & PNGIDS, 2015).



**Gráfico 1.** Tipos de Desechos Generados anualmente a nivel mundial.

**Fuente:** (Grupo Banco Mundial, 2018).

En aquellos países de bajos ingresos se recoge alrededor del 48% de los desechos en las ciudades, pero solo el 26%, en las zonas rurales, y se recicla apenas el 4% a nivel nacional. En general el 13,5% de los desechos a nivel mundial se recicla y el 5,5% se composta.



**Gráfico 2.** Generación de Desechos a Nivel Regional Anualmente.

**Fuente:** (Grupo Banco Mundial, 2018).

### ***2.1.5. Gestión integral de residuos sólidos.***

“La cadena de gestión integral de residuos sólidos involucra un impulso hacia una economía eficiente que aprovecha sus derechos para formar nuevos encadenamientos productivos. El trabajo sistematizado entre Municipios, empresa privada y ciudadanía es de vital importancia para un correcto manejo de desechos” (MAE, 2015).

Los residuos sólidos (RS) que se generan en el mundo, son subproductos del creciente desarrollo urbano y se han convertido en una fuente bastante significativa de contaminación para el suelo, agua y aire, siendo así un riesgo para la salud de la población, a corto, mediano o largo plazo (MAE & PNGIDS, 2015).

El manejo y la mitigación de los impactos ambientales está bajo la Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS), la cual está en manos de las autoridades locales. Este proceso requiere un grado elevado de especialización y un dominio del tema, así como una cooperación socio-económica, política y técnica para que se den resultados óptimos.

### ***2.1.6. Programa nacional para la gestión integral de desechos sólidos.***

El Gobierno Nacional a través del MAE, en abril del 2010 crea el “Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos (PNGIDS)”, este plan tiene como objetivo fomentar la gestión de los residuos sólidos en el país, de manera integral y sostenible; buscando el disminuir la contaminación ambiental, para así mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, y promover la conservación de los ecosistemas (MAE, 2017).

Las principales metas definidas por este programa contemplan que un 70% de la población de Ecuador disponga sus desechos en un relleno sanitario manejado bajo normas técnicas. El programa como plazo de ejecución fijó el año 2017, año para el cual el objetivo es eliminar todos los botaderos a cielo abierto de todos los municipios del país (MAE, 2017).

Hasta el momento el PNGIDS ha beneficiado a 15 GADs con la entrega de geomembranas y el financiamiento del estudio de Gestión Integral de Residuos Sólidos de 47 GADs de los que 24 han terminado dicho estudio y 23 están en proceso (MAE, 2017).

### ***2.1.7. Situación de los residuos sólidos urbanos en Ecuador.***

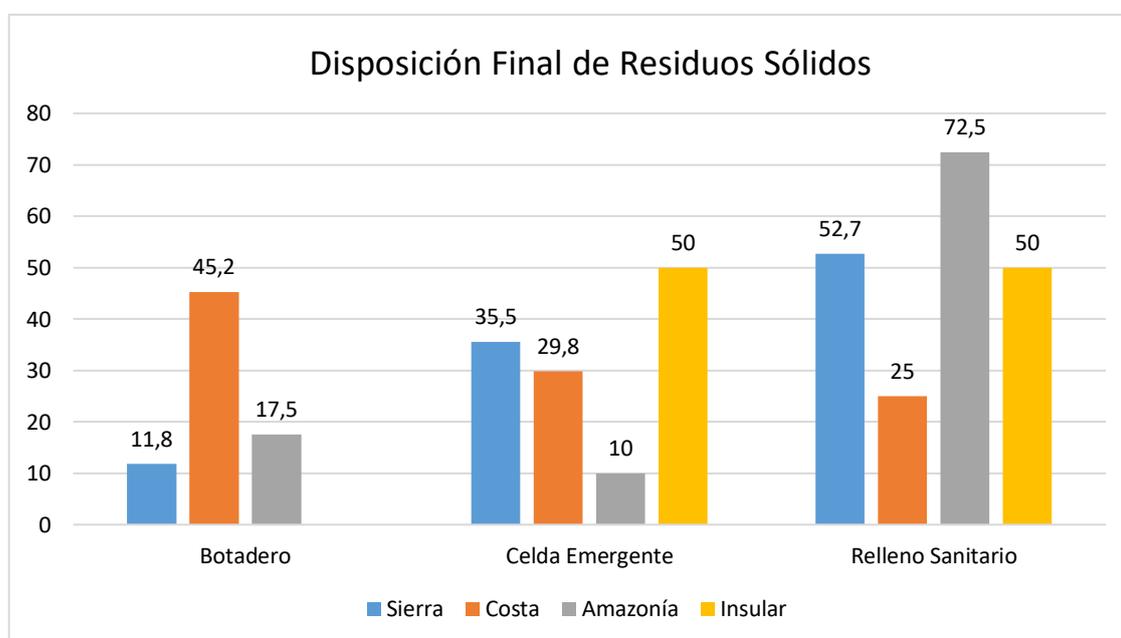
En la zona urbana se produce un promedio de 0,57 kilogramos de residuos sólidos por día, de los cuales, se puede ver su distribución en la tabla 1:

**Tabla 1.** Caracterización de Residuos Sólidos en Ecuador

TIPO DE RESIDUOS	Tonelada	%
RSO	2.504.149,7	62
Papel y Cartón	341.072,2	8
Vidrio	77.079,1	2
Plástico	335.516,1	9
Chatarra	139.853,7	3
RSNR	648.146,7	16
TOTAL	4.065.817,74	100

Fuente: (MAE & PNGIDS, 2015).

Elaborado por: Jorge Lascano, 2019.



**Gráfico 3.** Comparación de los porcentajes entre los sistemas de disposición final de los Residuos Sólidos Urbanos en las Regiones del Ecuador.

Fuente: (INEC & AME, 2010).

### 2.1.8. Etapas de la GIRS (Bustos, 2008).

- **Generación:** acción de producir residuos, ya sean materiales orgánicos o inorgánicos por parte de la sociedad, debido a un proceso de consumo en determinado tiempo.
- **Disposición Inicial:** comprende un proceso de separación en la fuente, ya sea general o selectiva, dicho proceso se lo realiza en la fuente generadora, antes de ser llevado a su almacenamiento.

- **Almacenamiento temporal:** almacenamiento transitorio y/o acondicionamiento de los residuos para su posterior transporte y tratamiento final.
- **Recolección y transporte:** en esta etapa interviene los municipios, los cuales son los encargados de la recolección, la misma que puede ser general o diferenciada.
- **Acopio y/o transferencia:** se almacenan temporalmente los residuos, para luego ser llevados por las unidades de transporte; El objetivo en esta etapa es transportar la mayor cantidad de residuos y minimizar así el costo de viaje y aumentar la eficiencia.
- **Aprovechamiento y Transformación (tratamiento/reciclaje):** en esta etapa se involucran procesos de transformación física, química o biológica de los desechos sólidos, los cuales modifican sus características iniciales con el fin de aprovechar su potencial mediante su transformación a un nuevo producto, mismo que pueda ser utilizado y valorizado.
- **Disposición final:** conjunto de operaciones dirigidas a la disposición técnica de los desechos sólidos en un entorno adecuado, para evitar repercusiones ambientales.

#### **2.1.9. Disposición final de los residuos sólidos urbanos.**

Los residuos deben alcanzar un punto o estado “inerte” de manera tal que las emisiones del relleno sanitario sean compatibles con el ambiente por periodos a largo plazo independientemente de las capacidades de atenuación de los materiales a su alrededor.

- Se debería conseguir que cada generación maneje sus residuos, para que no afecte de ninguna forma a las generaciones futuras.
- Los rellenos sanitarios deben alcanzar un estado inerte de disposición final entre 25-30 años después de la disposición final (Martínez, 2015).

#### **2.1.10. Efectos de los residuos sólidos para la salud.**

Los residuos sólidos presentan o permiten la transmisión de algunas enfermedades, ya que los vectores infecciosos que se desarrollan en estos residuos producen una gran variedad de enfermedades que se transmiten mediante picaduras, vía mecánica (por alas, cuerpo, patas), por orina, heces, entre otros (Guerra, 2014).

Vectores, la forma en que se transmiten las diferentes enfermedades que están relacionadas al mal manejo de los RS:

**Tabla 2.** Vectores generados por el mal manejo de residuos sólidos.

<b>Vector</b>	<b>Formas de Transmisión</b>	<b>Principales Enfermedades</b>
Ratas	Mordiscos, orina y heces	Peste bubónica, tifus-murino, leptospirosis
Pulgas	Deyecciones y picaduras	Tifus-murino, peste bubónica
Arañas	Mordedura	Malestar general, espasmos y contracciones generales.
Piojos	Picadura	Tifo exantemático epidémico, fiebre recurrente cosmopolita.
Moscas	Vía mecánica (alas, patas y cuerpo)	Fiebre tifoidea, salmonelosis, cólera, amebiasis, disentería, giardiasis.
Mosquitos	Picadura de mosquito (hembra)	Malaria (paludismo), fiebre amarilla, dengue, filariasis.

**Fuente:** (Guerra, 2014).

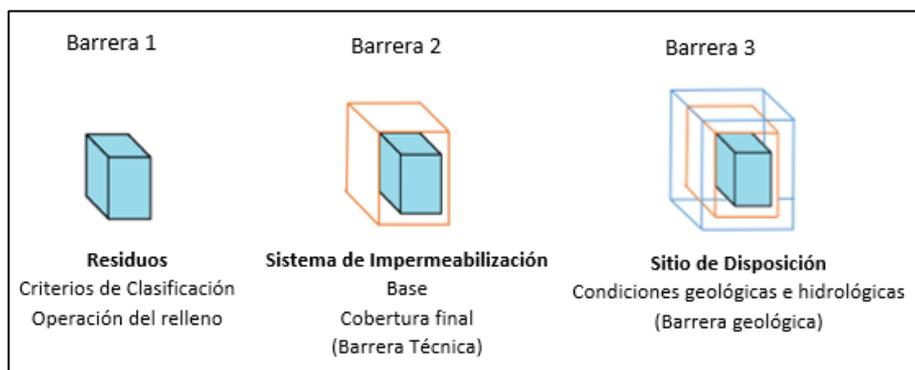
**Elaborado por:** Jorge Lascano, 2019.

## 2.2 RELLENO SANITARIO

Existen varias definiciones de lo que es un “Relleno Sanitario”, donde la mayoría lo relaciona con palabras clave como: ingeniería, control, salud y medio ambiente.

- El Reglamento de gestión de Residuos Sólidos (1995), de la Ley de Medio Ambiente N° 1333, define un Relleno Sanitario como: “*Una obra de ingeniería para la disposición final segura de residuos sólidos en sitios en sitios adecuados y bajo condiciones controladas, para evitar daños al ambiente y la salud*” (Ministerio del Medio Ambiente y Agua, 2012, pág. 11).
- Según la CEPIS/OPS en su Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales, un Relleno Sanitario es: “*una técnica de eliminación final de los desechos sólidos en el suelo, que no causa molestia ni peligro para la salud y seguridad pública; tampoco perjudica el ambiente durante su operación ni después de la misma. Esta técnica utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en un área lo más pequeña posible, cubriéndola con capas de tierra diariamente y compactándola para reducir su volumen. Además, prevé los problemas que puedan causar los líquidos y gases producidos en el Relleno, por efecto de la descomposición de materia orgánica*” (CEPIS & OPS, 2000).

- El Informe de la “Evaluación Regional del Manejo de Residuos Sólidos Urbanos en América Latina y el Caribe”, de la Organización Panamericana de Salud, el Banco Interamericano de Desarrollo y la Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (OPS/BID/AIDIS), emplea lo siguiente para definirlo: “*Técnica de ingeniería para el confinamiento de los residuos sólidos municipales. Comprende el esparcimiento, acomodo y compactación de los residuos sobre un lecho impermeable, su cobertura con tierra u otro material inerte por lo menos diariamente, para un control de la proliferación de vectores y el manejo adecuado de gases y lixiviados, con el fin de evitar la contaminación del ambiente y proteger la salud de la población*” (BID, AIDIS & OPS, 2010).
- Concepto Moderno: “*sistema de múltiples barreras donde la barrera exterior siempre protege cuando la barrera interior por alguna razón pierde su función*” (Gavilanes, 2017).



**Figura 1.** Barreras de un Relleno Sanitario

**Fuente:** (Gavilanes, 2017)

- **Primera Barrera:** depende de las características de los residuos y de la forma de operación del relleno.
- **Segunda Barrera:** encierra todas las medidas técnicas que se realizan durante la operación de los rellenos sanitarios.
- **Tercera Barrera:** constituye el sitio mismo, es decir la aptitud de la zona en que este está ubicado.

### 2.2.1. Infraestructura necesaria.

Los rellenos sanitarios deben contener por lo menos la siguiente infraestructura:

- **Sistema de impermeabilización de base:** evitan la filtración de los lixiviados y protegen las aguas subterráneas.

- **Recolección y tratamiento de lixiviados:** una capa de drenaje sobre toda el área de la celda, con una serie de tubos de drenaje, que para mayor eficiencia encima de los tubos se pone una capa de grava. El diámetro del tubo debe ser grande para poder superar y evitar posibles atascos o taponamientos.
- **Control de aguas superficiales:** para lograr la disminución de los lixiviados lo más posible, se debe evitar la entrada de aguas superficiales en especial en zonas de depresión.
- **Recolección y tratamiento de gases:** la descomposición anaerobia de los residuos sólidos genera gases.
- **Sistema de geo-membrana:** cobertura final que impermeabiliza aún más el suelo y evita filtraciones (Arias & Agudelos, 2005).

### 2.2.2. Tipos de rellenos sanitarios.

- **Relleno sanitario mecanizado.**

Es un proyecto complejo y por lo general diseñado para ciudades medianas y grandes que produzcan más de 40 toneladas de residuos sólidos. En este tipo de relleno sanitario trabajan generalmente maquinarias que realizan trabajos de colocación, compactación y cubierta de los desechos; y las excavaciones y transporte necesario para suministrar el material de cobertura (Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 2010, págs. 13-14).

- **Relleno sanitario semimecanizado.**

Posee todas las características básicas de un relleno, diseñado, construido y operado con criterios de ingeniería civil y sanitaria para ciudades con poblaciones de hasta 100,000 habitantes, que produzcan ente 20 y 40 toneladas diarias de basura. Se requiere de equipo pesado para la adecuación del lugar y la construcción de vías internas y excavación de zanjas o material de cobertura. En cuanto a los demás trabajos, tanto esparcido, compactado y cobertura de los residuos se los realiza con equipo mecánico, siendo posible la aplicación o empleo de herramientas manuales para complementar los trabajos de confinamiento de los residuos (Sandoval, 2010).

- **Relleno sanitario manual.**

Se realizan todos los procesos a mano: descarga, colocación, compactación y cubierta de los desechos, así como el mantenimiento de cunetas, construcción de chimeneas y drenajes de lixiviados, excavación de nuevas celdas, etc.

La tecnología de un relleno sanitario Manuel tiene sus límites, aquí la compactación de material es menos eficiente, por ello el cuerpo de basura no puede tener una altura elevada ya que podría colapsar. Esto se traduce en la necesidad de más espacio, esto conlleva al

aumento de producción de lixiviados. Este tipo de relleno sanitario es recomendable para municipios pequeños con bajos recursos económicos (Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 2010, págs. 13-14).

**Tabla 3.** Comparación de las características de un relleno sanitario.

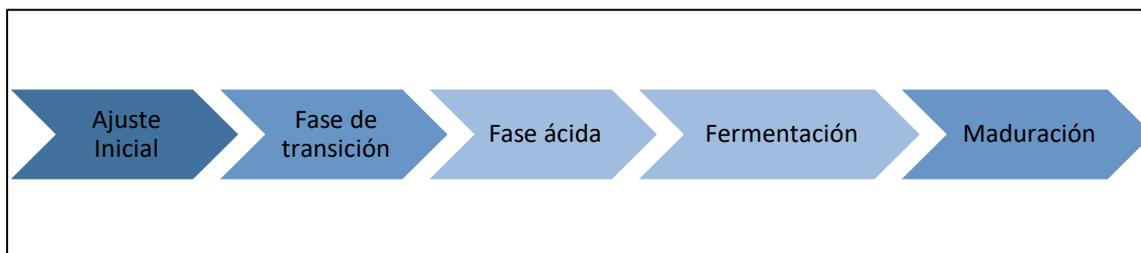
<b>Características</b>	<b>Relleno Manual</b>	<b>Relleno Mecanizado</b>	<b>Relleno Semimecanizado</b>
Producción de 20 Tm/día de residuos sólidos	SÍ	SÍ	SÍ
Producción de 40 Tm/día de residuos sólidos	NO	SÍ	SÍ
Utilización de herramientas menores (pala, carretilla, pico, rastrillo)	SÍ	SÍ	SÍ
Utilización de maquinaria adaptada (tractor agrícola, rodillos)	SÍ	SÍ	SÍ
Utilización de maquinaria pesada (tractores, orugas, retro excavadora)	NO	SÍ	SÍ
Personal calificado	NO	SÍ	SÍ
Cerco perimetral	SÍ	SÍ	SÍ
Caseta de control	NO	SÍ	SÍ
Bascula de pesaje	NO	SÍ	SÍ
Sistema de tratamiento de lixiviados	SÍ	SÍ	SÍ
Metodología para el frente de trabajo	Excavación de celdas en terrenos planos	Colina artificial sobre terreno plano	Construcción de celdas nuevas de gran capacidad
	Construcción de celdas terrazadas sobre un talud	Relleno en una quebrada seca	Movimiento de material de cobertura
		Relleno de un hueco o fosa	Construcción de celadas para residuos peligroso
Sistema de tratamiento de gases	SÍ	SÍ	SÍ

**Fuente.** (Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 2010, pág. 15)

**Elaborado por:** Jorge Lascano

### 2.2.3. Fases de descomposición de los residuos sólidos en un relleno sanitario.

La descomposición de los residuos en el relleno sanitario se da en cinco fases:



**Figura 2.** Fases de descomposición en un Relleno Sanitario

**Fuente:** (Haro, 2019)

- **Fase I: Ajuste Inicial:**

Los componentes orgánicos biodegradables existentes sufren degradación por actividad microbiana en condiciones aeróbicas, debido al aire que queda atrapado en el cuerpo del relleno. A medida en que se van cubriendo los residuos y se va precipitando la humedad presente en los residuos se comienza a disminuir la actividad microbiana.

- **Fase II: Fase de Transición:**

En esta fase hay una disminución de oxígeno, creando un ambiente anaerobio. Mientras sucede esta transición de condiciones de oxígeno, el nitrato se reduce a gas nitrógeno y el sulfato se convierte en sulfuro de hidrógeno. Subsiguiente inicia la conversión de material orgánico complejo en ácidos orgánicos y otros productos intermedios.

- **Fase III: Fase Ácida:**

En este punto se da un aceleramiento de la actividad microbiana debido a la aceleración de ácidos orgánicos y ciertas cantidades de hidrógeno. Se da la producción de compuestos de alto peso molecular en compuestos aptos para ser asimilados por microorganismos (fuentes de energía y de carbono celular).

- **Fase IV: Fermentación:**

Aquí se da la transformación del metano en ácido acético y gas de hidrógeno por microorganismos anaerobios conocidos como metanogénicos. Durante esta fase es común que la temperatura de la masa de residuos alcance temperaturas entre 40 y 60°C.

- ***Fase V: Fase de Maduración:***

Durante esta fase decae la actividad microbiana y detona debido al decrecimiento en la generación de metano y dióxido de carbono. Aquí comienzan a infiltrarse el nitrógeno y el oxígeno a través de los residuos.

La duración de las fases depende de varios factores, como: la composición de los residuos, la humedad, la presencia de contaminantes, el pH, la compactación de los residuos y la presencia de las bolsas de aire.

Es importante mencionar que cuando se habla de la degradación anaeróbica, no solo se hace referencia a la ausencia de oxígeno, sino que también es importante que exista la presencia de humedad en los residuos. Si no existe dicha humedad se disminuye la actividad microbiana hasta el punto de detenerse la degradación (Haro, 2019).

## **2.3. LIXIVIADOS**

Los residuos líquidos (lixiviados) son el problema ambiental más serio en los rellenos sanitarios. Los lixiviados son considerados como emisiones secundarias de los RS, se dan por la combinación de la parte orgánica e inorgánica de los residuos que se generan a partir de la percolación de fluidos generados por los propios residuos, el exceso de humedad y las precipitaciones.

### ***2.3.1. Definiciones.***

Según (Pérez, 2008), un lixiviado es *“cualquier líquido que se percole a través de los residuos depositados y que sea emitido o este contenido en un vertedero”*. El lixiviado se puede caracterizar como una solución acuosa de cuatro grupos de contaminantes: materia orgánica disuelta, macrocomponentes inorgánicos, metales pesados y compuestos orgánicos xenobióticos.

Los lixiviados *“son todos aquellos líquidos que han entrado en contacto con los desechos del relleno sanitario, y se producen por la disolución de uno o más compuestos de los residuos sólidos urbanos en contacto con el agua, o por la propia dinámica de descomposición de los residuos.”* (Contreras & Suárez, 2006).

En la publicación de (Eixoecología, 2016, pág. 1), explica que es un *“líquido que se forma por la reacción, arrastre o filtrado de los materiales que constituyen los residuos y que*

*contiene en forma disuelta o en suspensión, sustancias que pueden infiltrarse en los suelos o escurrirse fuera de los sitios en los que se depositan los residuos y que puede dar lugar a la contaminación del suelo y de cuerpos de agua, provocando su deterioro y representa un riesgo potencial a la salud humana y del medio ambiente.”*

Wang et al. (2003), expresa que estos son “*líquidos como aguas residuales complejas generadas cuando el contenido de humedad o de agua de los residuos sólidos en un relleno sanitario, es mucho mayor a su capacidad de campo*” (Greer, 2009).

### **2.3.2. Generación de lixiviados**

Los siguientes factores determinan el volumen de lixiviado en un relleno sanitario:

- Precipitación anual.
- Escorrentía superficial y/o infiltración subterránea.
- Evapotranspiración.
- Humedad natural de los RSU.
- Grado de compactación de los residuos.
- Capacidad de campo para retener humedad (del suelo y de residuos) (Luna, 2008).

#### *2.3.2.1. Cálculo de la generación de lixiviados.*

El volumen de los lixiviados está dado principalmente en función de la precipitación, mientras que la escorrentía influye en su aumento. Por diferentes circunstancias de operación y localización de cada relleno, los volúmenes pueden alterarse; de ahí que deben calcular dependiendo de cada relleno sanitario.

El método suizo permite estimar de manera rápida y sencilla el caudal de lixiviado o líquido Percolado, se aplica la siguiente ecuación.

#### ***Ecuación 1***

$$Q_{ux} = \frac{1}{t} P * A * K$$

**Donde:**

Q= Caudal medio de lixiviados (L/seg)

P= Precipitación media anual (mm/año)

A= Área superficial del relleno ( $m^2$ )

t= Número de segundos en un año (31,356.000 seg/año)

K= Coeficiente que depende del grado de compactación de la basura; se recomienda los siguientes valores:

- Para rellenos débilmente compactados con peso específico de 0,4 a 0,7  $Tm/m^3$ , se estima una producción de lixiviado entre 25 y 50% ( $K= 0,25$  a  $0,50$ ) de precipitación media anual correspondiente al área del relleno.
- Para rellenos fuertemente compactados con peso específico  $> 0,7 Tm/m^3$ , se estima una generación de lixiviado entre 15 y 25% ( $K= 0,15$  a  $0,25$ ) de la precipitación media anual correspondiente al área del relleno (Tibanlombo, 2014).
- La precipitación dato tomada de la estación meteorológica de la ciudad de Puyo es 4.460,6 mm/año.

### ***2.3.3. Tipos de lixiviados según la edad.***

La calidad de los lixiviados de un RS varía con el tiempo. Este factor es un punto a tomar en cuenta para la operatividad y rendimiento de los procesos de tratamiento.

Las diferencias residen principalmente en los altos contenidos de materia orgánica fácilmente biodegradable, que se tiene en los residuos sólidos en los países en vías de desarrollo (García, 2018).

- ***Lixiviado joven:*** se produce en rellenos sanitarios recién rellenos, cuyas características son altamente contaminantes, provocando problemas de toxicidad. Mientras transcurre el tiempo las concentraciones de las sustancias disminuyen continuamente con el tiempo; siempre va a haber una parte del relleno que aporta lixiviado joven. Se recomienda implementar sistemas de tratamiento biológico.
- ***Lixiviado maduro:*** se caracteriza por una baja relación entre la demanda bioquímica de oxígeno ( $DBO_5$ ) y la demanda química de oxígeno (DQO), residuos líquidos que tienen una edad entre 5 y 10 años.
- ***Lixiviado viejo:*** se considera a los lixiviados entre una edad mayor a 10 años. Tiene una baja biodegradabilidad de la materia orgánica (Martínez, 2014).

**Tabla 4.** Clasificación de los lixiviados según su edad.

	<b>Joven</b>	<b>Maduro</b>	<b>Viejo</b>
<b>Parámetro</b>	<b>I (Biodegradable)</b>	<b>II (Intermedio)</b>	<b>III (Estabilizado)</b>
<b>Edad (años)</b>	<5	5 - 10	>10
<b>pH</b>	6,5	6,5 - 7,5	>7,5
<b>DQO (mg/L)</b>	>20000	3000 - 15000	<5000
<b>DQO/COT</b>	<2,7	2,0 – 2,7	>2,0
<b>DBO<sub>5</sub>/DQO</b>	>0,5	0,1 - 0,5	<0,1
<b>AGV (%COT)</b>	>70	5 - 30	<5
<b>Metales pesados</b>	2		<50 mg/L

Fuente: (Tibanlombo, 2014)

Elaborado por: Jorge Lascano, 2019

**Tabla 5.** Características de los lixiviados.

<b>Características</b>	<b>Lixiviado joven</b>	<b>Lixiviado viejo</b>
<b>DBO</b>	Muy alto	Bajo
<b>DQO</b>	Muy alto	Alto
<b>Amoniaco</b>	Muy alto	Alto
<b>Fósforo</b>	Usualmente deficiente (desde el punto de vista de un tratamiento biológico aerobio)	Suficiente
<b>pH</b>	Muy bajo	Bajos
<b>Detergentes</b>	Muy alto	Bajos
<b>Sales Disueltas</b>	Muy alto	Bajas (relativamente)
<b>Agentes Incrustantes (Fe, Ca, Mg)</b>	Muy alto	Bajos
<b>Metales Pesados</b>	Muy alto	Bajos

Fuente: (Tibanlombo, 2014)

Elaborado por: Jorge Lascano, 2019

**2.3.4. Composición de los lixiviados.**

La composición de los lixiviados depende del tipo de RSU depositados en la celda, los componentes que se han encontrado en todo relleno sanitario corresponden a grupos de sustancias descritas en a continuación en la tabla 6:

**Tabla 6.** Composición general de los lixiviados

<b>COMPUESTO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>EFEECTO EN LA SALUD</b>
<b>Compuestos orgánicos volátiles</b>	Están formados por carbono e hidrogeno que se evaporan con facilidad. Los compuestos que más se encuentran en los lixiviados son: <i>Benceno, Cloroformo, Diclorometano, Etilbenceno, Cloruro de metileno, Tolueno, Tetracloroetileno.</i>	Cancerígeno, daños en el SNC, irritaciones en el sistema respiratorio, piel y mucosas, daños al hígado y riñón, alergias, entre otros.
<b>Metales</b>	Son elementos químicos que al entrar en contacto con el residuo lixiviado se disuelven y disipan en el medio. Entre los más comunes están: Arsénico, Cadmio, Cromo, Mercurio, Níquel, Plomo.	Cancerígeno; teratógenos, daños al corazón y SNC, efectos en el sistema reproductivo, respiratorio y renal. Desordenes genéticos y celulares, entre otras.
<b>Alcoholes</b>	Los alcoholes son compuestos químicos orgánicos caracterizados por tener un grupo hidroxilo (OH) en su estructura; se forman mediante las reacciones que se forman en la celda de residuos sólidos.	Malformaciones congénitas, mutagénicas y cancerígenas.

**Fuente:** (Tibanlombo, 2014)

**Elaborado por:** Jorge Lascano, 2019

### 2.3.5. Tratamientos.

Actualmente existe una amplia gama de sistemas de tratamientos para lixiviados, entre las que se encuentran:

- Lagunas de estabilización: anaerobias, facultativas, aerobias, de maduración.
- Lodos activados.
- Procesos de coagulación-floculación.
- Biorreactor con membrana (de ultra filtración o micro filtración).
- Oxidación avanzada con ozono.
- Adsorción on carbón activado.
- Desinfección con cloro u ozono.

- Ósmosis inversa.
- Evaporación con/sin condensación.
- Tratamiento físico químico.

#### 2.3.5.1. Biomasa.

Dentro de las nuevas tecnologías para la eliminación de contaminantes de efluentes industriales los procesos de biosorción tienen un gran potencial que se caracteriza por el uso de materiales de bajo costo, no tóxicos y biodegradables. El término “biosorción” se utiliza para referirse a la captación de contaminantes que realiza una biomasa (viva o muerta). Hay muchos antecedentes sobre el uso de plantas acuáticas, algas y biomasa microbiana para el tratamiento de aguas residuales, debido a su probada capacidad de absorción o adsorción de nutrientes, metales pesados y diversos contaminantes.

Para poder explicar los sistemas mencionados en cuanto a su elección, diseño, dimensionamiento y explotación adecuada, es necesario considerar el grado de contaminación del lixiviado, características del lugar y la disponibilidad económica del sector (Pellón, López, Espinosa, & Gonzales, 2015).

## 2.4. NORMATIVA VIGENTE

Las descargas de aguas están regidas principalmente por Acuerdo Ministerial 097-A, Norma de calidad ambiental y descarga de efluentes al recurso agua, donde se establecen los límites permisibles de descargar para un cuerpo de agua dulce, los cuales se detallan en la siguiente tabla.

**Tabla 7.** A.M 097-A, (Tabla 9) Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
<b>Aceites y Grasas</b>	Sust. Solubles en hexano	mg/L	30,0
<b>Alquil mercurio</b>		mg/L	No detectable
<b>Aluminio</b>	Al	mg/L	5,0
<b>Arsénico Total</b>	As	mg/L	0,1
<b>Bario</b>	Ba	mg/L	2,0
<b>Boro Total</b>	B	mg/L	2,0
<b>Cadmio</b>	Cd	mg/L	0,02

<b>Cianuro Total</b>	CN <sup>-</sup>	mg/L	0,1
<b>Cinc</b>	Zn	mg/L	5,0
<b>Cloro Activo</b>	Cl	mg/L	0,5
<b>Cloroformo</b>	Ext. Carbón cloroformo ECC	mg/L	0,1
<b>Cloruros</b>	Cl <sup>-</sup>	mg/L	1 000
<b>Cobre</b>	Cu	mg/L	1,0
<b>Cobalto</b>	Co	mg/L	0,5
<b>Coliformes Fecales</b>	NMP	NMP/100 mL	Remoción>al 99,9%
<b>Color real <sup>1</sup></b>	Color real	Unidades de color	Inapreciable en dilución: 1/20
<b>Compuestos Fenólicos</b>	Fenol	mg/L	0,2
<b>Cromo Hexavalente</b>	Cr <sup>+6</sup>	mg/L	0,5
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)</b>	DBO <sub>5</sub>	mg/L	50,0
<b>Demanda Química de Oxígeno</b>	DQO	mg/L	100,0
<b>Estaño</b>	Sn	mg/L	5,0
<b>Fluoruros</b>	F	mg/L	5,0
<b>Fósforo Total</b>	P	mg/L	10,0
<b>Hierro Total</b>	Fe	mg/L	10,0
<b>Hidrocarburos Totales de Petróleo</b>	TPH	mg/L	20,0
<b>Manganeso Total</b>	Mn	mg/L	2,0
<b>Materia Flotante</b>	Visibles		Ausencia
<b>Mercurio Total</b>	Hg	mg/L	0,005
<b>Níquel</b>	Ni	mg/L	2,0
<b>Nitrógeno amoniacal</b>	N	mg/L	30,0
<b>Nitrógeno Total Kjeldahl</b>	N	mg/L	50,0
<b>Compuestos Organoclorados</b>	Organoclorados totales	mg/L	0,05
<b>Compuestos Organofosforados</b>	Organofosforados totales	mg/L	0,1
<b>Plata</b>	Ag	mg/L	0,1
<b>Plomo</b>	Pb	mg/L	0,2

<b>Potencial de Hidrógeno</b>	pH		5-9
<b>Selenio</b>	Se	mg/L	0,1
<b>Sólidos Suspendidos Totales</b>	SST	mg/L	80,0
<b>Sólidos Totales</b>	ST	mg/L	1 600
<b>Sulfatos</b>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	mg/L	1000
<b>Sulfuros</b>	S <sup>-2</sup>	mg/L	0,5
<b>Temperatura</b>	°C		<35
<b>Tensoactivos</b>	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/L	0,5
<b>Tetracloruro de Carbono</b>	Tetracloruro de Carbono	mg/L	1,0
<b>Nota:</b> La apreciación del color se estima sobre 10 cm de muestra diluida.			

**Fuente:** (MAE, 2015)

**Elaborado por:** Jorge Lascano, 2019

## 2.5. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Al revisar los archivos de la Biblioteca General de la Universidad Estatal Amazónica, sobre trabajos de investigación similares a las variables investigadas no se pudo encontrar alguno, por lo que se procedió a buscar en las bibliotecas de otras universidades, encontrando la investigación de Paul Carvajal Ojeda de la Universidad Nacional de Loja con el tema: “Evaluación del grado de contaminación de las aguas provenientes de la planta de tratamiento de lixiviados del relleno sanitario de la ciudad del Puyo mediante análisis físico, químico y microbiológico, para proponer un plan de manejo ambiental” en la que el autor llega a las siguientes conclusiones:

- El nivel de caudal de la nueva celda de disposición final de desechos sólidos del relleno sanitario del cantón Pastaza es variable, dependiendo principalmente de la estación climática en la que encuentre la región y fluctúa entre los 0,161 a 0,617 L/s.
- El porcentaje de aceites y grasas se incrementa a un 38% debido a la cantidad de Residuos Sólidos que se deposita en la celda.

## **2.6. FUNDAMENTACIÓN LEGAL**

### ***2.6.1. Constitución de la República del Ecuador .***

En su artículo 12, dispone que el agua es un derecho humano fundamental e irrenunciable, que constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible y que por lo tanto es esencial para la vida; en su artículo 14, establece que uno de los objetivos del régimen de desarrollo será recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad de agua, aire y suelo; en su artículo 411, dispone que el Estado garantizara la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad del agua (Asamblea Nacional, 2008).

### ***2.6.2. Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización (COOTAD) .***

En concordancia con la Constitución, el COOTAD, entra en vigencia tras su publicación en Registro Oficial del día martes, 19 de octubre de 2010. El COOTAD tiene como objetivo impulsar la equidad a través de la organización del territorio, la conformación del régimen de gobiernos autónomos descentralizados y regímenes especiales; y, consolida la descentralización de manera obligatoria y progresiva con la asignación de competencias a cada uno de los niveles. En este código se precisa como uno de los fines de los gobiernos autónomos descentralizados - GAD “La recuperación y conservación de la naturaleza y el mantenimiento de un ambiente sostenible y sustentable”, dentro de sus respectivas circunscripciones territoriales. El ejercicio de la tutela sobre el ambiente es estatal (autoridad ambiental rectora y generadora de políticas nacionales) con la corresponsabilidad de la ciudadanía en su preservación, articulado a través de un Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental, y; “corresponde a los gobiernos autónomos descentralizados provinciales gobernar, dirigir, ordenar, disponer, u organizar la gestión ambiental, la defensoría del ambiente y la naturaleza, en el ámbito de su territorio; estas acciones se realizarán en el marco del sistema nacional descentralizado de gestión ambiental y en concordancia con las políticas ”Artículo 136. El mismo artículo en el cuarto inciso, dispone a los GAD municipales, establecer “en forma progresiva, sistemas de gestión integral de desechos, a fin de eliminar los vertidos contaminantes en ríos, lagos, lagunas, quebradas, esteros o mar, aguas residuales provenientes de redes de alcantarillado, público

o privado, así como eliminar el vertido en redes de alcantarillado.” En concordancia a lo antes mencionado, el COOTAD asigna funciones a cada nivel de gobierno, en el artículo 54, literal (k) dispone como función municipal, regular, prevenir y controlar la contaminación en el territorio cantonal de manera articulada con las políticas ambientales nacionales; y como competencia exclusiva municipal, 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 (Ministerio Coordinador de la Política y Gobiernos Autónomos Descentralizados, 2010).

### ***2.6.3. Código orgánico ambiental (COA).***

Título II: Sistema único de manejo ambiental; Capítulo V: Calidad de los componentes abióticos y estado de los componentes bióticos; Art. 196: Tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales: expresa que los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales deberán contar con la infraestructura técnica para la instalación de sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales, de conformidad con la ley. Asimismo, deberán fomentar el tratamiento de aguas residuales con fines de reutilización, siempre y cuando estas recuperen los niveles cualitativos y cuantitativos que exija la autoridad competente y no se afecte la salud pública. Si las aguas residuales no pueden llevarse al sistema de alcantarillado, su tratamiento deberá hacerse de modo que no se afecte los cuerpos receptores, suelo o vida silvestre.

### ***2.6.4. Acuerdo Ministerial No. 097-A de 06 de noviembre de 2015.***

El Acuerdo Ministerial 097-A, Anexo I; reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria TULSMA; Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua, en su tabla 9, indica las normas generales para la descarga de efluentes a cuerpos de agua dulce.

## CAPÍTULO III

### 3. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

#### 3.1. LOCALIZACIÓN

##### *3.1.1. Ubicación del área del estudio.*

El proyecto se desarrolla en el Cantón Pastaza en la ciudad de Puyo, la cual cuenta con una población de 62.016 habitante, esto según el censo poblacional del año 2010, su extensión territorial es de 19.452 Km<sup>2</sup>. Se encuentra a una altitud de 964 m.s.n.m.

Los límites provinciales son: al norte las provincias de Napo y Orellana; al sur la provincia de Morona Santiago; en el este limita con Perú; en el oeste con las provincias de Tungurahua y Morona Santiago .

##### *3.1.2. Ciudad de Puyo.*

La ciudad de Puyo es de tamaño mediano, ocupa una superficie de aproximadamente 1007.39 Ha en total en lo que corresponde a la parte urbana.

El área urbana de la ciudad de Puyo tiene un relieve ligeramente ondulado, con pendientes moderadas hacia los esteros y ríos que lo atraviesan. Por encontrarse en las estribaciones de la cordillera oriental al sur del río Pastaza, en el cantón se forman microcuencas en los causes de los ríos que forman parte de la red hídrica de Pastaza. En la cabecera cantonal, se produce el mismo fenómeno de microcuencas con el Río Puyo, que atraviesa la ciudad.

Por ser la parte baja de las estribaciones de la cordillera, existe una gran red fluvial tanto en la provincia como en el cantón; el principal río que cruza la ciudad del Puyo es el Río Puyo, que en vocablo kichwa significa nublado.

Está ubicado estratégicamente en la zona central de la Amazonia ecuatoriana. Es uno de los accesos más importantes hacia el Oriente ecuatoriano, forma parte de un eje vial que conecta la zona céntrica del país con la carretera Puyo-Baños-Ambato, y un eje transversal que lo enlaza con Macas y el Tena (Guzmán, 2017).

### **3.1.3. Aspectos Biofísicos y Climáticos del Cantón.**

#### **3.1.3.1. Aspectos Biofísicos.**

La información de aspectos físicos y climáticos citados a continuación en este ítem es proporcionada por las autoridades del GADMCP, del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Pastaza (2015 - 2020).

##### **a. Hidrología.**

El principal río es el Pastaza, se forma cerca de la ciudad de Baños por la unión del río Patate que va de norte a sur y el río Chambo que va de sur a norte, en una elevación de 1.880 msnm, luego el río comienza su descenso de 1000 msnm y recorriendo aproximadamente 20 Km. Los mayores afluentes del río Pastaza en territorio ecuatoriano, son los ríos: Bobonaza, Puyo, Palora, Pindoyacu y el tigre. Todos ellos se forman en la llanura amazónica.

El río Pastaza recoge las aguas de los ríos: Verde, Topo, Zuñac, por el margen izquierdo; recibe también las aguas del río Copataza formado por varios ríos pequeños. Por el margen derecho recoge aguas del río Lushin que está formado por los deshielos del Tungurahua y el Altar, luego el Palora que nace en el páramo de Cebadas y luego aumenta su caudal con las aguas que bajan de los volcanes: Sangay, Saraurco, Nevado y El Altar. Siendo el río Puyo principio de navegación fluvial.

La ciudad el Puyo se abastece de agua con los ríos Puyo y Pambay, estas fuentes aportan un caudal de 140 l/s, mismo que es sometido a procesos de potabilización para la provisión del servicio de agua potable a la población, este servicio es administrado por la empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado.

El servicio de provisión de agua potable de la ciudad del Puyo cuenta con 2 sistemas, uno administrado por el gobierno municipal del Cantón Pastaza que capta agua desde los ríos Pambay y Puyo, dicha planta cubre un área de 950ha.; y otra cuya administración es responsabilidad del Gobierno Provincial de Pastaza, que capta las aguas del río Pindo Grande que cubre 390ha.

La cobertura del servicio de agua potable en el cantón Pastaza es del 66.0%, existiendo registradas 9.676 conexiones domiciliarias. En complemento, el 5% se provee de agua de pozo; el 18% de ríos, vertiente, esteros, acequias; el 1% se abastece utilizando tanqueros y un 10% de otras fuentes como el agua lluvia.

**b. Geomorfología.**

El área analizada comprende parte de las estibaciones subandinas, de los Piedemontes cercanos con coberturas de cenizas volcánicas y los Paisajes fluviales de los valles con terrazas no diferenciadas.

Los caracteres fisiográficos del área se hallan determinados por eventos geológicos, tectónicos y climáticos ocurridos entre el Terciario superior y Cuaternario, así como por los agentes erosivos que aún siguen actuando a través del tiempo.

Según estudios edafológicos predominan los suelos de tipo Hydrandepts y Paralithic Hydrandepts con características sueltos y profundas, pres húmedos y esponjosos con tacto jabonoso, color pardo amarillento, arcillosos café-rojizos sobre grauvacas, muy bien drenado, de baja fertilidad con fuerte susceptibilidad a la erosión especialmente en las partes con pendientes fuertes a muy fuertes y en zonas donde el pastoreo es intensivo.

**3.1.3.2. Demografía.**

La población total del cantón Pastaza según el censo 2010 es de 62.016 habitantes (INEC, 2010).

**Tabla 8.** Distribución de la población del Cantón Pastaza por Parroquias.

PARROQUIA	HOMBRES	MUJERES	TOTAL
Puyo	17 979	18 680	36 659
Canelos	1 096	1 077	2 173
Diez de Agosto	606	538	1 144
Fátima	447	416	863
Montalvo (Andoas)	2 019	1 830	3 849
Pomona	131	106	237
Río Corrientes	111	124	235
Río Tigre	339	317	656
Sarayacu	1 271	1 285	2 556
Simón Bolívar	2 817	2 865	5 682
Tarqui	1 963	1 868	3 831
Teniente Hugo Ortiz	553	495	1 048
Veracruz	906	852	1 758
El Triunfo	685	640	1 325
<b>TOTAL:</b>	<b>30 923</b>	<b>31 093</b>	<b>62 016</b>

Fuente: (INEC, 2010).

Elaborado por: Jorge Lascano.

### 3.1.3.3. *Etnias y organizaciones sociales.*

Según la información del SIISE, la población indígena para el cantón Pastaza es de 33% y el porcentaje de población negra es el 1%, siendo la población mestiza la de mayor presencia en la ciudad con un 60%.

El porcentaje de comunidades indígenas es importante ya que en la zona de estudio se cuenta con las siguientes nacionalidades indígenas (Guzmán, 2017).

- Kichwa
- Shuar
- Achuar
- Shiwiar
- Zapara
- Huaorani
- Andoa

### 3.1.3.4. *Descripción socioeconómica.*

**Las actividades socioeconómicas influyen en la posterior producción de residuos, tanto por** que pueden aumentar su cantidad como modificar su composición. Núcleos con predominancia económica agrícola suelen producir una mayor cantidad de residuos orgánicos.

- ***Áreas de actividad y ocupación.***

Entre las actividades económica tenemos que un tercio de la población económicamente activa se dedica a actividades agrícolas, el sector de comercio, restaurantes y hoteles, por lo que la ciudad de Puyo constituye uno de los centros de referencia turística de la Amazonia ecuatoriana.

La población económicamente activa rural del cantón está relacionada en su mayoría con actividades agropecuarias, la agricultura y ganadería son sectores importantes en la generación de empleo, en menor medida el comercio y la manufactura. En los últimos años nuevos sectores de servicios públicos en áreas como telefonía y computación han experimentado un importante auge en los últimos años.

Las principales actividades económicas del Cantón son la agricultura, la ganadería, la producción de madera contrachapada, producción de té, caña de azúcar, naranjilla, café, yuca, licores y artesanías (Guzmán, 2017).

- *Turismo.*

El turismo ecológico y de aventura son fuentes de ingreso para el cantón según información de la oficina de Turismo del Municipio, se estima que en cada feriado vacacional ingresan a la ciudad más de 830 vehículos y el número de turistas puede superar los 5.000 en ese mismo periodo (GADMP, 2010).

### *3.1.3.5. Aspectos Climáticos.*

#### ***1. Precipitación.***

En el mes de septiembre se dieron la precipitación más baja con 199,9 mm y en mayo reportándose la más alta con 488,4 mm, según los datos oficiales de la Estación Meteorológica Puyo, determinándose que durante en el año 2019 la precipitación es de 4.406,4 mm.

#### ***2. Temperatura máxima.***

La temperatura máxima corresponde al mes de septiembre con un valor de 31,7°C y el mes cuya temperatura fue menor es julio con 28,3°C.

#### ***3. Heliofanía.***

En el año 2019, se determinó que el tiempo de duración de mayor brillo solar fue en el mes de septiembre con 125,1 horas, y el de menor tiempo de duración de brillo solar fue en el mes de marzo con 49,6 horas.

#### ***4. Nubosidad.***

Se determinó que las mayores nubosidades de la provincia de Pastaza fueron en los meses de enero, marzo y junio con siete octas, y la menor nubosidad, en se dio en los meses de abril, octubre y noviembre con cinco octas.

## **5. Viento.**

Según los datos proporcionados por la estación meteorológica Puyo, el valor que se obtiene de la velocidad del viento anual es de 24,1 m/s, mientras que el valor más alto fue dado en el mes de agosto con 2,6 m/s y el valor más bajo correspondió al mes de enero 1,4 m/s, todos los meses el viento fue en dirección este.

## **3.2. RELLENO SANITARIO DE LA CIUDAD DE PUYO**

El Relleno Sanitario propiedad del Municipio de Pastaza ha venido funcionando como botadero controlado por más de 18 años llegando a ocupar una superficie de 2,5 hectáreas, mismas en las que están construidas otras instalaciones que facilitan el manejo integral de residuos sólidos.

El Departamento de Higiene y Seguridad del GADM Pastaza conjuntamente con el departamento de Gestión Ambiental están a cargo del relleno sanitario; estos departamentos se encargan de dar seguimiento y control al servicio de recolección, transporte y disposición final de desechos sólidos peligrosos y no peligrosos (Guzmán, 2017).

En cuanto a sus características topográficas el terreno es ondulado, con desniveles que promedian los 5 metros desde la cota 980 msnm hasta la cota 975 msnm en promedio. La pendiente del terreno es moderada (Guzmán, 2017).

El área ocupada en el relleno sanitario es de 15 hectáreas aproximadamente sin incluir caminos e infraestructura. El tiempo de vida útil del lugar se estima en 30 años (Guzmán, 2017).

### ***3.2.1. Descripción general del área de estudio.***

El Relleno Sanitario del Cantón Pastaza se encuentra ubicado al Este de la ciudad de Puyo, dentro de un lote de aproximadamente 46 hectáreas, perteneciente al Municipio de Pastaza, se localiza en el kilómetro 6 <sup>1</sup>/<sub>2</sub> de la vía Puyo- 10 de agosto, Sector de la “10 de agosto”.

Coordenadas geográficas del Relleno Sanitario:

**Tabla 9.** Coordenadas Geografías del Relleno Sanitario del Cantón Pastaza.

<b>PUNTO</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>ZONA</b>
1	838555	9837944	17
2	838796	9837867	17
3	838761	9837714	17
4	838943	9837644	17
5	838894	9837025	17
6	838659	9837073	17
7	838636	9836810	17
8	838618	9836758	17
9	838358	9836804	17
10	838339	9837000	17
11	838434	9837531	17

**Elaborado por:** Jorge Lascano, 2019.

**Tabla 10.** Coordenadas del punto de muestreo, antes de ingresar a la Planta de tratamiento de aguas residuales.

<b>Coordenadas del punto de muestreo P1</b>		
<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Zona</b>
0170784	9837130	18

**Elaborado por:** Jorge Lascano, 2019.

**Tabla 11.** Coordenadas del punto de muestreo, salida de la planta de tratamiento de aguas residuales.

<b>Coordenadas del punto de muestreo P2</b>		
<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Zona</b>
0170825	9837121	18

**Elaborado por:** Jorge Lascano, 2019.

### 3.2.2. Mapa de ubicación del Relleno sanitario de Puyo.



**Figura 3:** Mapa de ubicación del Relleno Sanitario.

**Elaborado por:** Jorge Lascano, 2019.

### 3.2.3. Análisis de la Demanda del servicio.

El Relleno Sanitario del Cantón Pastaza presta los servicios de acopia de desechos a la población urbana, la cual está conformada por las Cabeceras parroquiales Urbanas: Puyo; Fátima, Tarqui, Veracruz, Pomona, Simón Bolívar, Canelos, 10 de agosto, El Triunfo, Teniente Hugo Ortiz. A partir de los datos del último censo realizado en el país el relleno sanitario sirve a una población de 37.938 habitantes (INEC, 2010). En el año 2017 la población base beneficiaria del servicio de recolección de residuos sólidos es de 58.814 y el servicio de recolección cubre aproximadamente el 96% de la población (Guzmán, 2017).

### 3.2.4. Rutas del servicio.

El Municipio de Pastaza actualmente se encuentra trabajando con las siguientes rutas de recolección, mismas que se mencionan a continuación.

**Tabla 12.** Rutas de Recolección de basura del Cantón Pastaza.

<b>RUTAS</b>
Ruta 1: Obrero
Ruta 2: Cumanda
Ruta 3: El Recreo
Ruta 4: La Merced
Ruta 5: Parroquias
Ruta 6: Centro (Nocturna)
Ruta 7: Centro Agrícola

**Fuente:** Departamento de Higiene y Salubridad del GADM de Pastaza, 2019.

**Elaborado Por:** Jorge Lascano, 2019.

**Tabla 13.** Horarios y Rutas de recolección en barrios y sectores de la ciudad de Puyo.

<b>RUTAS</b>	<b>BARRIOS/SECTORES</b>	<b>DÍAS</b>	<b>HORA</b>
Todas	Mariscal, Obrero, Nuevos Horizontes, Terminal, La Libertad, Las Palmas.	Lunes a Domingo	06H30
Todas	Ciudadela el Chofer, El recreo, Picolino, Camal, Parque Acuático, Cumanda, Intipungo, El Dorado, Sector Instituto Orellana.	Lunes a Domingo	07H30
Todas	Sto. Domingo, Coop. Eloy Alfaro 1, Coop. Sucre, Coop. Galo Plaza, Miraflores, El Dorado, Sector Hospital Militar, Vásquez Sevilla.	Lunes a Domingo	08H30
Todas	Sector Arboriente, Av. Alberto Zambrano, Picolino-redondel, La Merced, Coop. Eloy Alfaro 1, Los Ángeles, La unión, Juan Montalvo, Hospital Puyo, Vía Tarqui.	Lunes a Domingo	09H30

Todas	México, 12 de Mayo, Calle Ceslao Marín, Calle Atahualpa.	Lunes a Domingo	18H15
-------	--	-----------------	-------

Fuente: Departamento de Higiene y Salubridad del GADM de Pastaza, 2019.

Elaborado por: Jorge Lascano, 2019.

### 3.2.5. Instalaciones del Relleno Sanitario.

**Tabla 14.** Áreas del Relleno Sanitario.

ÁREA	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA
		Elaborado por: Jorge Lascano
<b>Hangares para acumulación de material no reciclable y/o desechos tecnológicos.</b>	En este lugar se almacenan los residuos inorgánicos que no pueden ser reciclados.	 <p><b>Fotografía 1.</b> Hangares.</p>
<b>Garita de guardianía</b>	Lugar que presta servicio de control de seguridad, registros de entradas y salidas de vehículos.	 <p><b>Fotografía 2.</b> Garita.</p>
<b>Oficinas</b>	En este lugar se lleva registro, bitácoras, control de los residuos, pesaje de los camiones, tanto llenos como vacíos, al igual que llevar registros fotográficos de todas las actividades que se realizan en el relleno.	 <p><b>Fotografía 3.</b> Oficinas.</p>

<p><b>Mecánica</b></p>	<p>Sitio en el que los obreros municipales elaboran basuras, canastillas para la recolección de residuos. Este lugar necesita de más espacio y EPP, la falta de estos pone en riesgo laboral al personal de las oficinas por el ruido que se genera.</p>	 <p><b>Fotografía 4.</b> Mecánica.</p>
<p><b>Albergue Canino</b></p>	<p>Lugar donde se acogen a animales caninos que no tienen un propietario, de acuerdo con la ordenanza actual del GADMP.</p> <p>Presenta las condiciones necesarias para albergar a los animales por un periodo de tiempo determinado.</p>	 <p><b>Fotografía 5.</b> Albergue canino.</p>
<p><b>Área de descanso y consumo de alimentos</b></p>	<p>Sitio donde los mineros preparan sus alimentos o toman un descanso.</p> <p>Las condiciones son regulares, necesita mantenimiento.</p>	 <p><b>Fotografía 6.</b> Área de descanso.</p>
<p><b>Áreas de descanso de personal jornalero y minero</b></p>	<p>Los trabajadores pueden tomar descansos en sus momentos libres.</p> <p>No presta las condiciones, está muy cerca de la celda, tiene la presencia de malos olores y presencia de moscas.</p>	 <p><b>Fotografía 7.</b> Área de jornaleros.</p>

<p><b>Área de clasificación de residuos</b></p>	<p>Se hace la separación de materiales reciclables para su posterior venta.</p> <p>El lugar no cuenta con las condiciones necesarias para realizar esta actividad, hay riesgo de contraer enfermedades o infecciones.</p>	 <p><b>Fotografía 8.</b> Separación de residuos.</p>
<p><b>Área de pesaje</b></p>	<p>Se utiliza para pesar los camiones recolectores tanto en su entrada como en su salida, así se sabe que cantidad de residuos entra en el relleno sanitario.</p>	 <p><b>Fotografía 9.</b> Báscula.</p>
<p><b>Área de Compostaje</b></p>	<p>En este lugar se elabora abono orgánico, este trabajo se lo realiza con herramientas manuales. El abono es destinado para las comunidades o para proyectos agrícolas que realiza el municipio.</p>	 <p><b>Fotografía 10.</b> Área de compostaje.</p>
<p><b>Celda</b></p>	<p>En este lugar se da disposición final a los residuos sólidos orgánicos e inorgánicos, una vez se depositan los residuos sólidos, se compactan y se cubren con una capa de tierra para evitar la llegada de vectores y la generación de malos olores.</p>	 <p><b>Fotografía 11.</b> Celda de disposición final de residuos sólidos.</p>

<p><b>Planta de tratamiento de aguas residuales</b></p>	<p>Se da el tratamiento a las aguas residuales (lixiviados) generadas por la descomposición de la materia existente en la celda, con el objetivo de que en su descarga cumplan con la normativa vigente.</p>	 <p><b>Fotografía 12.</b> Planta de tratamiento de aguas residuales.</p>
---	--	---

**Fuente:** Relleno Sanitario de Puyo, 2019.

**Elaborado por:** Jorge Lascano, 2019.

### ***3.2.6. Situación ambiental actual.***

El relleno sanitario no presenta un manejo ambiental adecuado a las situaciones que se expresan a continuación:

- Se observa una gran cantidad de gallinazos y moscas que son vectores de contaminación y a su vez de transmisión de enfermedades para las personas que laboran en el lugar.  
Esto se debe a que no existe un buen manejo de las celdas, ya que la basura no se cubre en su totalidad y se desborda provocando la diseminación de la misma por parte de los gallinazos.
- El mal olor presente en las celdas y sus alrededores a causa de la basura mal cubierta y diseminada por los vectores.
- El abandono de ciertas áreas y la falta de interés por dar un tratamiento de recuperación de las mismas.
- Contaminación del estero Chilcayacu debido al mal tratamiento de los lixiviados en la planta de tratamiento actual. Los lixiviados se vierten al estero sin cumplir con los parámetros permisibles para descargar a un cuerpo de agua dulce. Se puede afirmar esta situación debido a que las aguas presentan un color oscuro y a que también desprenden un mal olor, esto sumado a los resultados de laboratorio del análisis de las mismas.

### ***3.2.7. Área de Influencia del relleno sanitario de la ciudad del Puyo.***

- Área de influencia Directa

El área de influencia directa constituye todo el espacio físico, en cuya superficie se produce una alteración por la acción directa del proyecto. En este caso el radio de influencia directa viene a constituirse por las 4 hectáreas de terreno del Relleno Sanitario.

- Área de influencia Indirecta

El área de influencia indirecta hace referencia a los sitios adyacentes a la zona de influencia directa, se considera una distancia de 500m a la redonda. Esta área se determina tomando en cuenta la dinámica de las poblaciones de vectores propagadores de infecciones como aves, ratas y mosquitos presentes en la basura, debido al mal manejo de las mismas y el resultado es que las partes más afectadas son las fincas presentes en la periferia del relleno y por ende influye en las actividades agropecuarias que se realizan en el sector, así como en la calidad de vida de sus pobladores.

- Áreas Ambientales Sensibles

El conjunto y estado actual de los componentes ambientales inmersos en el radio de influencia y analizados en la línea base, han permitido determinar como elementos sensibles al suelo, componente socioeconómico y principalmente el agua.

## **3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

**Bibliográfica – documental:** Tiene como propósito detectar, ampliar y profundizar diferentes enfoques, teorías, conceptualizaciones y criterios de diversos autores sobre el tema que se está investigando. El tipo bibliográfico documental primaria se basa en documentos y fuentes secundarias tomadas de libros, revistas, periódicos e internet.

**De campo:** La investigación es de campo por cuanto su realización se llevará a cabo en el relleno sanitario del GADMP, provincia de Pastaza, Cantón Pastaza, parroquia Puyo.

**Experimental:** La investigación es de carácter experimental ya que se analizarán y caracterizarán varias muestras de lixiviados antes y después de haber pasado por la planta de tratamiento de aguas residuales, así como después de haber utilizado los materiales

(bagazo de caña de azúcar, ceniza de la cascarilla de arroz) para tratamiento y posible descontaminación.

### 3.4. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

**Exploratoria:** La investigación es exploratoria porque averigua las características y particularidades de un problema poco investigado en un contexto particular. Se realizará con el propósito de detectar aspectos fundamentales de una problemática, permitiendo determinar y encontrar los procedimientos adecuados para elaborar una investigación posterior.

**Descriptiva (analítica):** La presente investigación es descriptiva porque se va a caracterizar el contenido de los materiales tanto del bagazo de la caña de azúcar, como de la ceniza de la cascarilla de arroz, además de realizar un análisis físico-químico y microbiológico del lixiviado para determinar su nivel de contaminación.

#### 3.4.1. Procedimientos o tareas

- Se realizará la caracterización de los sustratos: bagazo de caña (*Saccharum officinarum*) y ceniza de cascarilla de arroz (*Oryza sativa*) a través de los parámetros físico químicos: carbono, hidrogeno, oxígeno, nitrógeno, azufre.
- Se evaluará la eficacia de ambos materiales para la depuración del lixiviado en condiciones dinámicas, para lo cual se determinará el volumen de ruptura para la adsorción de hidrocarburos y se evaluarán parámetros generales de calidad de los lixiviados, tales como DQO, pH, sólidos totales y contenidos de metales pesados.

**Tabla 15.** Métodos mediante los cuales se realizan los análisis de los lixiviados.

ENSAYO	MÉTODO/NORMA
Aceites y Grasa	Standard Methods Ed.23.2017 5520 B
Demanda Bioquímica de Oxígeno	Standard Methods No 5210 B
Demanda Química de oxígeno	PE-AL-05 Standard Methods Ed.23.2017 5220D
Fenoles	PE-AL-17

	EPA 200.7 ICP-AES Rev. 4.4 1994
Coliformes Fecales	Standard Methods Ed.23.2017 9222 B
Nitrógeno total kjeldahl	PE-AL-17 EPA 200.7 ICP-AES Rev. 4.4 1994
Tensoactivos aniónicos	Standard Methods Ed.23.2017 5540 C
Potencial de Hidrógeno	PE-AL-03 Standard Methods Ed.23.2017 4500 H <sup>+</sup> B
Sólidos Suspendidos totales	Standard Methods Ed.23.2017 2540 D
Sólidos Totales	Standard Methods Ed.23.2017 2540B
Mercurio	PE-AL-10 EPA 3015 A, Rev. 1 2007 EPA 245.1, Rev.3, 1994 EPA 7470 <sup>a</sup> , Rev.1, 1994
Plomo	PE-AL-17 EPA 200.7 ICP-AES Rev. 4.4 1994
Fósforo total	PE-AL-17 EPA 200.7 ICP-AES Rev. 4.4 1994
Arsénico	PE-AL-17 EPA 200.7 ICP-AES Rev. 4.4 1994
Cianuro total	PE-AL-09 Standard Methods Ed.23.2017 4500 CN-E

**Fuente:** LABCESSTA S.A, 2019.

**Elaborado por:** Jorge Lascano, 2019.

- Finalmente se compararán los resultados obtenidos para ambos sustratos, en cuanto a efectividad y economía.

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. DATOS EXPERIMENTALES OBTENIDO

##### 4.1.1. Caudal de los lixiviados.

Según el método volumétrico: (1 semana)

1. Tomar un recipiente con medida.
2. Llenar el recipiente con el lixiviado.
3. Medir y apuntar el tiempo que tardo en llenarse el recipiente con el lixiviado.
4. Con todas las medidas se puede calcular el caudal promedio.

**Tabla 16.** Muestreo de caudal de lixiviado

Muestra (8 días)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Tiempo (s)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Caudal (L/s)
1	0,022	53,35	0,000412	0,412
2	0,022	56,75	0,000388	0,388
3	0,022	57,69	0,000381	0,381
4	0,022	54,35	0,000405	0,405
5	0,022	52,41	0,000420	0,420
6	0,022	45,11	0,000488	0,488
7	0,022	53,15	0,000414	0,414
8	0,022	48,01	0,000458	0,458
<b>PROMEDIO</b>				0,420

Elaborado por: Jorge Lascano, 2019.

##### 4.1.2. Caracterización de lixiviado.

1. Identificar el punto de entrada y salida del lixiviado, antes de la descargar al cuerpo hídrico,
2. Realizar un análisis microbiológico: separar 1 L de lixiviado en frascos estériles y conservar con refrigeración.

- Analizar cada muestra, en base al Acuerdo Ministerial 097-A, Tabla 9: Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

**Tabla 17.** (P1) lixiviado puro, previo al ingreso a la planta de tratamiento.

ENSAYO	UNIDAD	RESULTADO	LÍMITE MÁXIMO	CRITERIO
Aceites y Grasa	mg/L	20,0	30,0	CUMPLE
DBO	mg/L	758,47	100	NO CUMPLE
DQO	mg/L	1968	200	NO CUMPLE
Fenoles	mg/L	0,105	0,2	CUMPLE
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	6300	10000	CUMPLE
Nitrógeno total kjeldahl	mg/L	1089,52	50,0	NO CUMPLE
Tensoactivos aniónicos	mg/L	0,115	0,5	CUMPLE
pH	UpH	7,75	6-9	CUMPLE
Sólidos Suspendidos totales	mg/L	542	130	NO CUMPLE
Sólidos Totales	mg/L	9100	1600	NO CUMPLE
Mercurio	mg/L	0,0023	0,005	CUMPLE
Plomo	mg/L	0,17	0,2	CUMPLE
Fósforo total	mg/L	14,3	10,0	NO CUMPLE
Arsénico	mg/L	0,0009	0,1	CUMPLE
Cianuro total	mg/L	0,010	0,1	CUMPLE

Fuente: LABCESTTA S.A, 2019

Elaborado por: Jorge Lascano, 2019.

### Interpretación:

Resultados de los análisis realizados, una muestra de lixiviados puro tomados en el punto previo al ingreso a la Planta de Tratamiento de aguas de la Celda Actual, donde se muestra que aceites y grasas, fenoles, coliformes fecales, tensoactivos, pH, el mercurio, el plomo, el arsénico y el cianuro cumplen lo establecido en el A.M 097-A, mientras que la DBO, la DQO el nitrógeno, los sólidos suspendidos totales, solidos totales, y el fosforo total no cumplen con lo establecido en la norma.

**Tabla 18.** (P2) Lixiviado puro, después de haber pasado por la planta de tratamientos

ENSAYO	UNIDAD	RESULTADO	LÍMITE MÁXIMO	CRITERIO
Aceites y Grasa	mg/L	7,6	30,0	CUMPLE
DBO	mg/L	407	100	NO CUMPLE
DQO	mg/L	1111	200	NO CUMPLE

Fenoles	mg/L	0,075	0,2	CUMPLE
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	4300	10000	CUMPLE
Nitrógeno total kjeldahl	mg/L	168,36	50,0	NO CUMPLE
Tensoactivos aniónicos	mg/L	0,217	0,5	CUMPLE
pH	UpH	7,33	6-9	CUMPLE
Sólidos Suspendidos totales	mg/L	190	130	NO CUMPLE
Sólidos Totales	mg/L	3568	4300	NO CUMPLE
Mercurio	mg/L	0,002	0,005	CUMPLE
Plomo	mg/L	0,160	0,2	CUMPLE
Fósforo total	mg/L	0.50	10,0	CUMPLE
Arsénico	mg/L	0,0042	0,1	CUMPLE
Cianuro total	mg/L	0,007	0,1	CUMPLE

Fuente: LABCESTTA S.A, 2019.

Elaborado por: Jorge Lascano, 2019.

### Interpretación:

Resultados de los muestreos de aguas realizado a los lixiviados después de haber pasado por la Planta de Tratamientos de aguas perteneciente a la Celda Actual, muestran que los aceites y grasas, los fenoles, coliformes fecales, tensoactivos, pH, el mercurio, el plomo, el fosforo total, arsénico y cianuro total cumplen con lo establecido en la norma, mientras que la DBO, la DQO, el nitrógeno, los sólidos suspendidos totales y los sólidos totales no cumplen con los establecido en el A.M 097-A.

#### 4.1.3. Caracterización del bagazo de caña de azúcar y la ceniza de cascarilla de arroz.

##### Bagazo de caña de azúcar:

El bagazo de caña de azúcar es el residuo que resulta después de extraer su jugo, este desecho se ha convertido en una opción para limpiar las aguas contaminadas. Se ha aprovechado este material, por ser orgánico, poroso, con una buena capacidad de retención de agua, un pH neutro, con una buena capacidad de absorción, adsorción y por último por su bajo costo.

**Tabla 19.** Composición del bagazo de caña de azúcar

Composición	Simbología	Porcentaje %
Carbono	C	43,22

Hidrógeno	H	6,097
Oxígeno	O	43,95
Nitrógeno	N	0,006
Azufre	S	0,81

Fuente: LABCESTTA S.A, 2018.

Elaborado por: Jorge Lascano, 2019.

### **Ceniza de la cascarilla del arroz:**

Es un desecho agroindustrial producido en altos volúmenes en zonas donde se siembra y procesa este cereal, este material se suele usar como fuente de silicio para obtener silicatos de calcio y en algunas ocasiones como refuerzo de un concreto.

Dado a que la cascarilla de arroz sin ningún tratamiento puede causar problemas de fraguado y endurecimiento al aglomerarse, es necesario tratarla para minimizar este problema. El método más utilizado es la calcinación de la cascarilla a temperaturas que van de los 500°C a los 700°C (punto de fusión de la cascarilla), obteniendo así la ceniza de la cascarilla de arroz (Ocampo, 2012).

**Tabla 20.** Composición de la ceniza de cascarilla de arroz.

<b>Composición</b>	<b>Simbología</b>	<b>Porcentaje %</b>
Carbono	C	42,60
Hidrógeno	H	5,10
Oxígeno	O	33,44
Nitrógeno	N	0,51
Azufre	S	0,02

Fuente: LABCESTTA S.A, 2018.

Elaborado por: Jorge Lascano, 2019.

## **4.2. Proceso de filtrado de los lixiviados por el sustrato.**

Este proceso se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad Estatal Amazónica, específicamente en el laboratorio de química.

En este punto se procede con el filtrado de los lixiviados por cada uno de los sustratos, con el objetivo de saber si estos sustratos son efectivos para remover contaminantes.

- Se prepararon dos columnas de vidrio para cromatografía, una para cada sustrato.



**Fotografía 13.** Columnas de vidrio.

- Una vez preparadas las columnas, se procedió a llenar las columnas de vidrio con el material filtrante en este caso el bagazo de caña de azúcar el cual se lavó y seco previamente y también se usa la ceniza de cascarilla de arroz.
- En cada una de las columnas se puso 30 g de material, buscando tener la misma cantidad de materia para luego poder comparar los resultados.



**Fotografía 14.** Bagazo de caña y ceniza de arroz en columnas de vidrio.

- Se preparó 2 litros de lixiviado para realizar el filtrado, una vez puesto el sustrato en las columnas, se busca un frasco esterilizado, con una medida conocida y se procede a verter el lixiviado en las columnas, intentando tener un caudal constante.
- Este proceso se repite para cada sustrato
- **Bagazo de caña de azúcar**

Se filtró 1 litro de agua sobre 30 gramos de bagazo de caña de azúcar

El lixiviado paso por este sustrato en un tiempo 45 min, en este punto se pudo observar el cambio de color del lixiviado, el líquido adquirió un color anaranjado, aquí cabe recalcar que el sustrato antes de ser utilizado paso por un proceso de lavado y secado.

Se intentó que el proceso sea lo menos complicado posible ya que se plantea una posible aplicación en el Relleno Sanitario, por ello con este sustrato no se controló la granulometría, se intentó usar el bagazo de caña lo más puro posible, solo se la lavo y puso a secar.



**Fotografía 15.** Cambio de color del lixiviado al pasar por el bagazo de caña

- **Ceniza de cascarilla de arroz**

Se filtró 1 litro de agua sobre 30 gramos de ceniza de cascarilla de arroz.

Con la ceniza de la cascarilla del arroz el lixiviado paso en un tiempo de 24,17 minutos, aquí se pudo notar que el lixiviado tomo un color grisáceo debido al propio sustrato.

#### ***4.2.1. Análisis de lixiviados después de pasar por el filtro.***

Después del proceso de filtrado se transportó las muestras de lixiviado recolectadas a un laboratorio certificado en este caso se trabajó con LABCESTTA S.A.

**Tabla 21.** Resultados análisis lixiviado filtrado por bagazo de caña de azúcar (P3) y ceniza de cascarilla de arroz (P4).

ENSAYO	UNIDAD	RESULTADO (P3)	RESULTADOS (P4)
Aceites y Grasa	mg/L	5,1	4,3
DBO	mg/L	383	267
DQO	mg/L	860	853
Fenoles	mg/L	0,159	0,184
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	3843	3687,12
Nitrógeno total kjeldahl	mg/L	138,36	131,12
Tensoactivos aniónicos	mg/L	0,239	0,253
pH	UpH	6,59	7,04
Sólidos Suspendidos totales	mg/L	164	182
Sólidos Totales	mg/L	3321	3256
Mercurio	mg/L	0,002	0,0019
Plomo	mg/L	0,137	0,134
Fosforo total	mg/L	0,33	0,37
Arsénico	mg/L	0,0039	0,0040
Cianuro total	mg/L	0,007	0,005

Fuente: LABCESSTA S.A, 2019.

Elaborado por: Jorge Lascano, 2019.

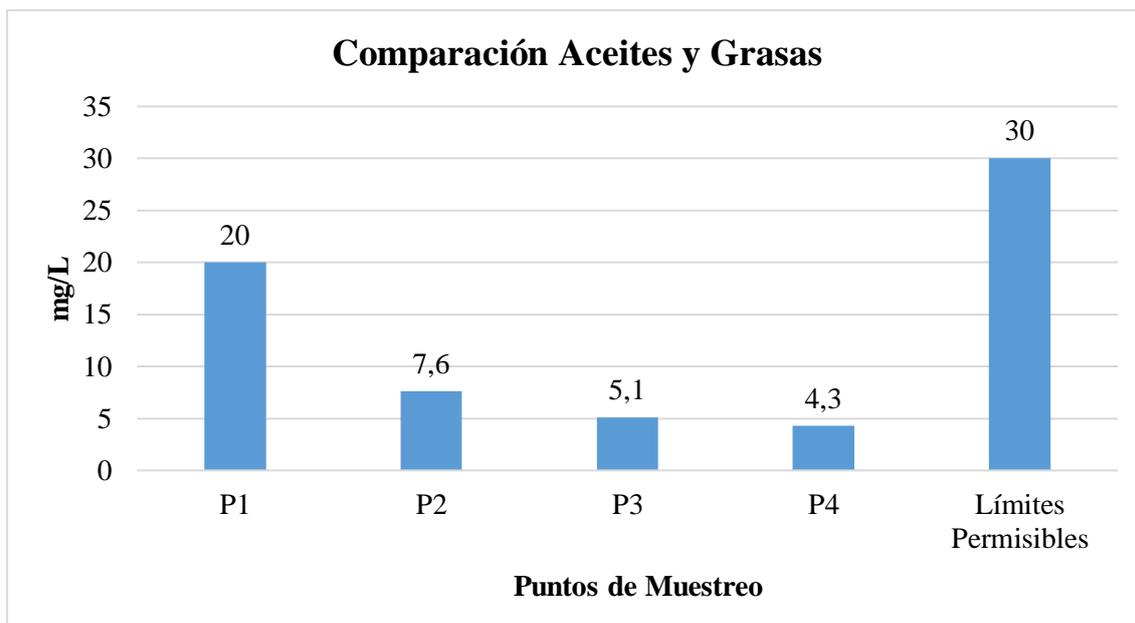
#### 4.2.2. Comparación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de los puntos de muestreo.

**Tabla 22.** Comparación de Aceites y Grasas.

**Comparación con los límites permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial N° 097 – A, Norma de Calidad Ambiental y descarga de efluentes al recurso agua, Tabla 9: Límites de descargar a un cuerpo de agua dulce.**

Parámetro	Unidades	P1	P2	P3	P4	A.M 097-A
						Límites permisibles
Aceites y Grasa	mg/L	20	7,6	5,1	4,3	30

Elaborado por: Jorge Lascano, 2019.



**Gráfico 4.** Comparación de Aceites y Grasas.

**Elaborado por:** Jorge Lascano, 2019.

**Interpretación:** En el gráfico 4, se muestra los puntos de muestreo en comparación con la normativa vigente, con los siguientes valores; en el P1 un valor de 20 mg/L; en el P2 un valor de 7,6 mg/L; en el P3 con un valor de 5,1 y en el P4 un valor de 4,3 mg/L, determinando así que todos los puntos cumplen con los límites permisibles 30 mg/L según lo establecido en el A.M 097-A.

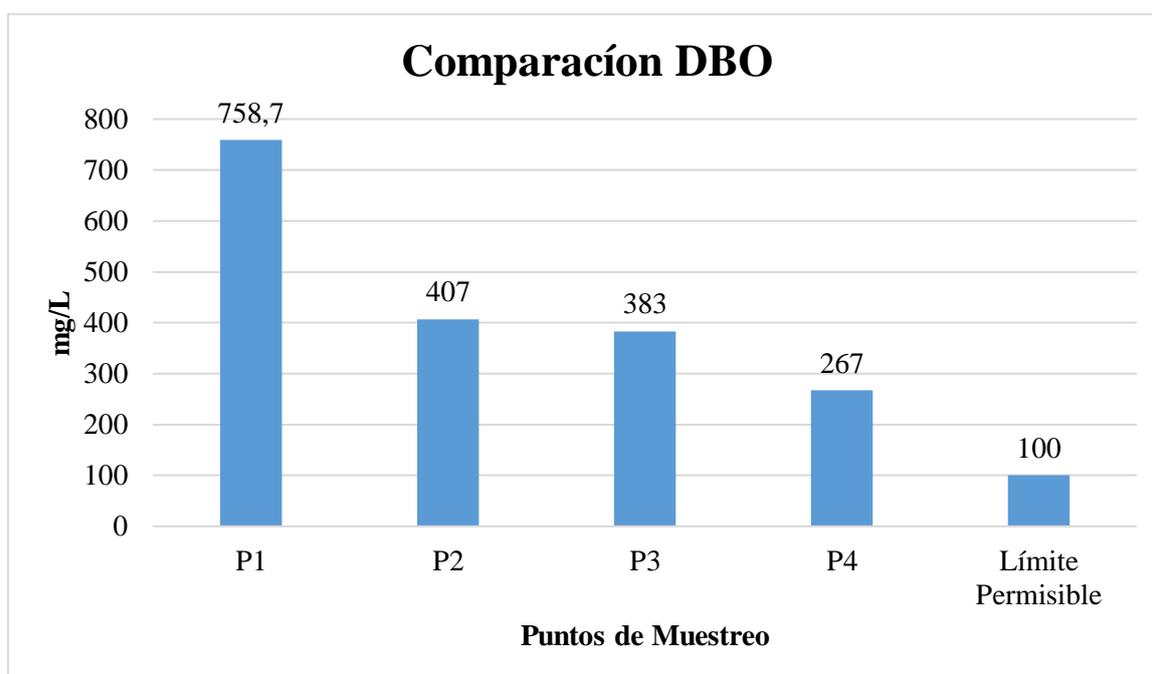
Se puede evidenciar que la el bagazo y la ceniza de cascarilla de arroz disminuyeron contribuyeron en la disminución de la concentración de Aceites y Grasas, bajando de 7,6 a 5,1 con el sustrato de bagazo de caña y a 4,3 al haber pasado por la ceniza de cascarilla de arroz respectivamente.

**Tabla 23.** Comparación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno.

**Comparación con los límites permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial N° 097 – A, Norma de Calidad Ambiental y descarga de efluentes al recurso agua, Tabla 9: Límites de descargar a un cuerpo de agua dulce.**

Parámetro	Unidades	P1	P2	P3	P4	A.M 097-A
						Límites permisibles
DBO	mg/L	758,7	407	383	267	100

Elaborado por: Jorge Lascano, 2019.



**Gráfico 5.** Comparación del DBO.

Elaborado por: Jorge Lascano, 2019.

**Interpretación:** En el gráfico 5, la Demanda Bioquímica de Oxígeno, los valores de los puntos de muestreo son; en el P1 758,7 mg/L; en el P2 un valor de 407 mg/L; en P3 con 383 mg/L y en el P4 con 267 mg/L; determinado que todos los puntos están sobre los límites permisibles 100 mg/L parámetro establecido en el A.M 097-A.

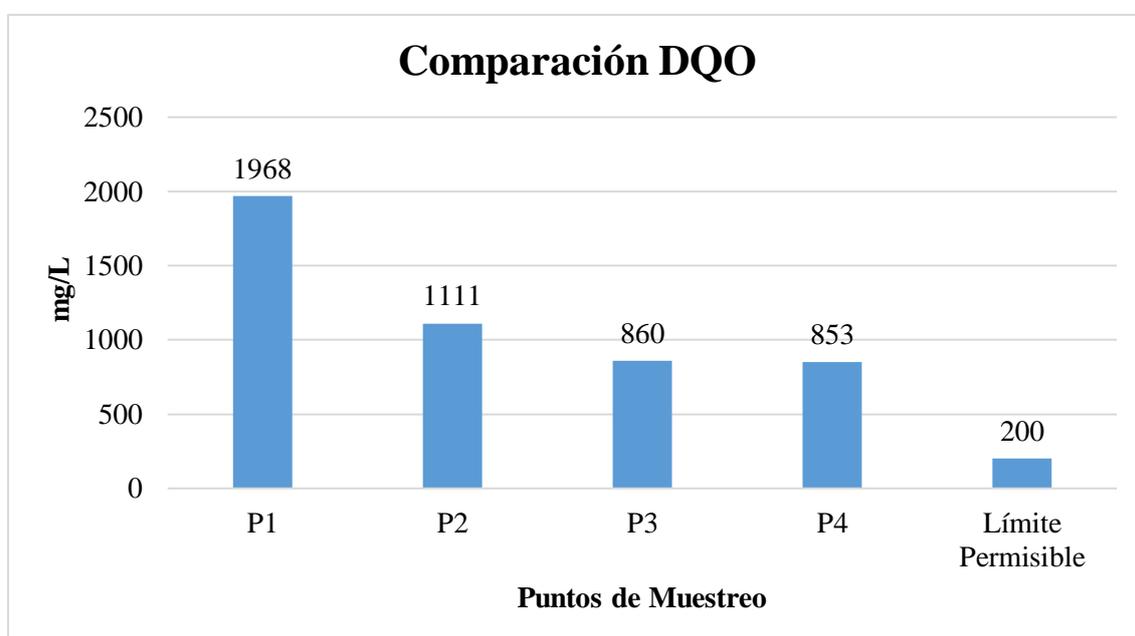
Se puede evidenciar que la DBO es menor en los dos sustratos, 383 mg/L en el bagazo de caña, y 267 con la ceniza de la cascarilla de arroz.

**Tabla 24.** Comparación de la Demanda Química de Oxígeno.

**Comparación con los límites permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial N° 097 – A, Norma de Calidad Ambiental y descarga de efluentes al recurso agua, Tabla 9: Límites de descargar a un cuerpo de agua dulce.**

Parámetro	Unidades	P1	P2	P3	P4	A.M 097-A
						Límites permisibles
DQO	mg/L	1968	1111	860	853	200

Elaborado por: Jorge Lascano, 2019.



**Gráfico 6.** Comparación del DQO.

Elaborado por: Jorge Lascano, 2019.

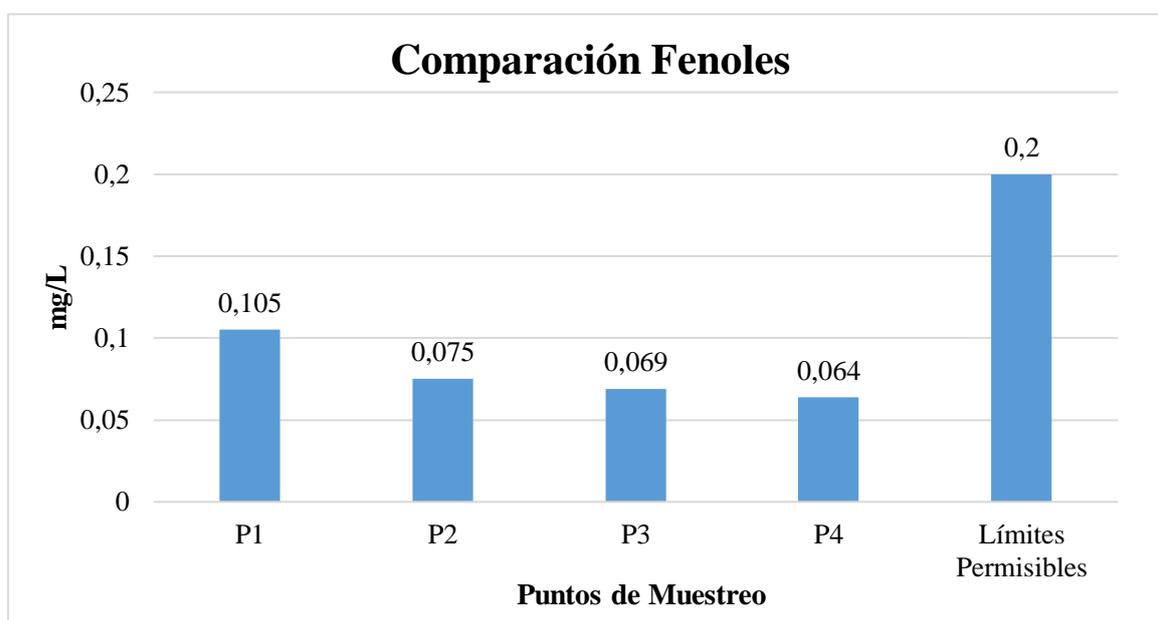
**Interpretación:** En el gráfico 6, la DQO para los puntos de muestro registro los siguientes valores; P1 con valor de 1968 mg/L; P2 con un valor de 1111 mg/L; en el P3 con un valor de 860 mg/L y el P4 con un valor de 853; determinado así que todos los puntos arrojaron datos que están fuera de los límites permisibles, es decir no cumplen con la normativa establecido en el A.M 097-A.

**Tabla 25.** Comparación de Fenoles.

**Comparación con los límites permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial N° 097 – A, Norma de Calidad Ambiental y descarga de efluentes al recurso agua, Tabla 9: Límites de descargar a un cuerpo de agua dulce.**

Parámetro	Unidades	P1	P2	P3	P4	A.M 097-A
						Límites permisibles
Fenoles	mg/L	0,105	0,075	0,069	0,064	0,2

Elaborado por: Jorge Lascano, 2019.



**Gráfico 7.** Comparación de Fenoles.

Elaborado por: Jorge Lascano, 2019.

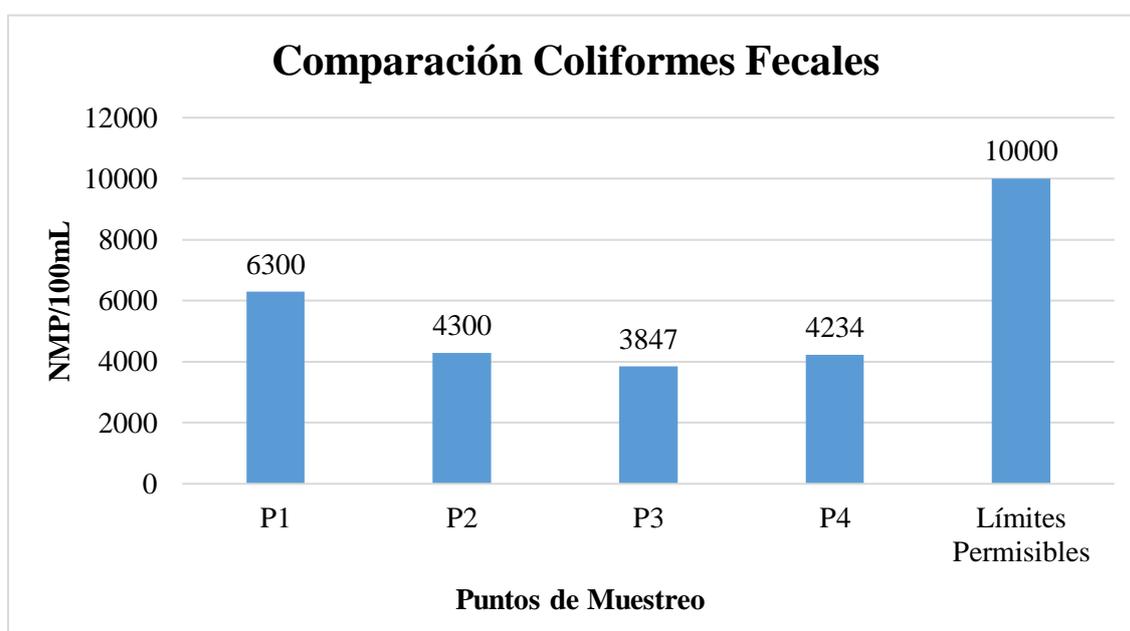
**Interpretación:** En el gráfico 7, caracterización de Los Fenoles, en el P1 se registró un valor de 0,105 mg/L; en el P2 un valor de 0,075 mg/L; en el P3 con un valor de 0,069 mg/L y en el P4 con un valor de 0,64 mg/L; todos los puntos cumplen con lo establecido en el A.M 097-A.

**Tabla 26.** Comparación de Coliformes Fecales.

**Comparación con los límites permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial N° 097 – A, Norma de Calidad Ambiental y descarga de efluentes al recurso agua, Tabla 9: Límites de descargar a un cuerpo de agua dulce.**

Parámetro	Unidades	P1	P2	P3	P4	A.M 097-A
						Límites permisibles
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	6300	4300	3847	4234	10000

Elaborado por: Jorge Lascano, 2019.



**Gráfico 8.** Comparación de Coliformes Fecales.

Elaborado por: Jorge Lascano, 2019.

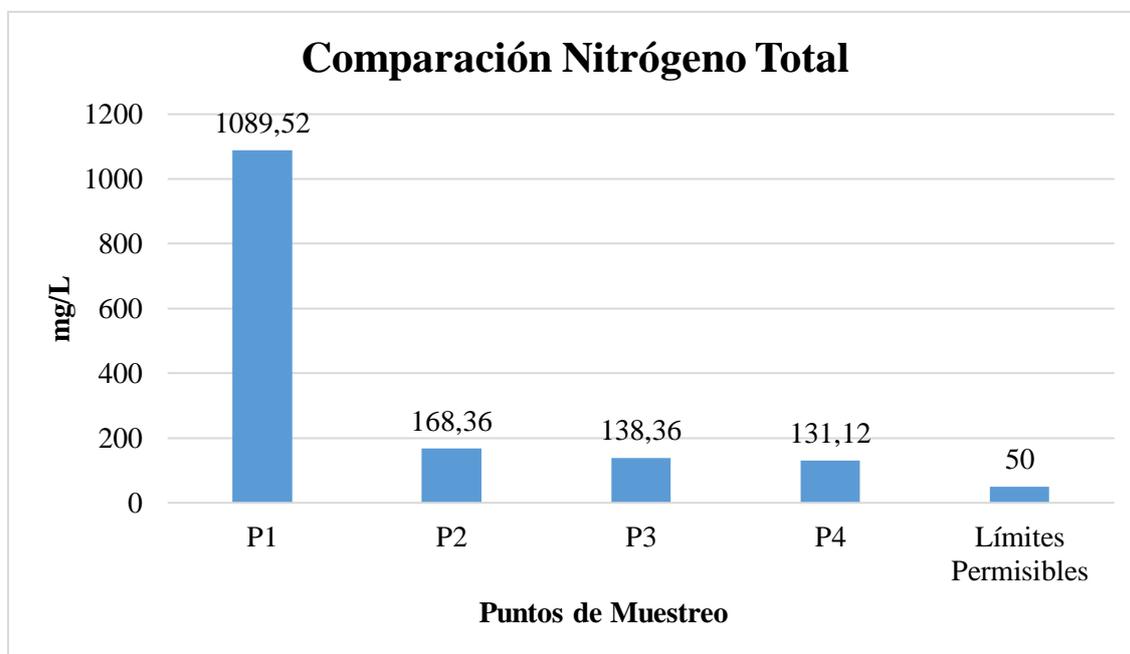
**Interpretación:** En el Grafico 8, los Coliformes Fecales, en el P1 dan un valor de 6300 NMP/100mL; en el P2 se registran 4300 NMP/100mL, en el P3 con un valor de 3847 mL; en el P4 un valor de 4234 NMP/100mL; determinando que los puntos de muestreo cumplen con los límites permisibles 10000 NMP/100mL, cumplen con los parámetros establecidos en el A.M 097-A.

**Tabla 27.** Comparación del Nitrógeno Total.

**Comparación con los límites permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial N° 097 – A, Norma de Calidad Ambiental y descarga de efluentes al recurso agua, Tabla 9: Límites de descargar a un cuerpo de agua dulce.**

Parámetro	Unidades	P1	P2	P3	P4	A.M 097-A
						Límites permisibles
Nitrógeno Total	mg/L	1089,52	168,36	138,36	131,12	50,0

Elaborado por: Jorge Lascano, 2019.



**Gráfico 9.** Comparación del Nitrógeno Total.

Elaborado por: Jorge Lascano, 2019.

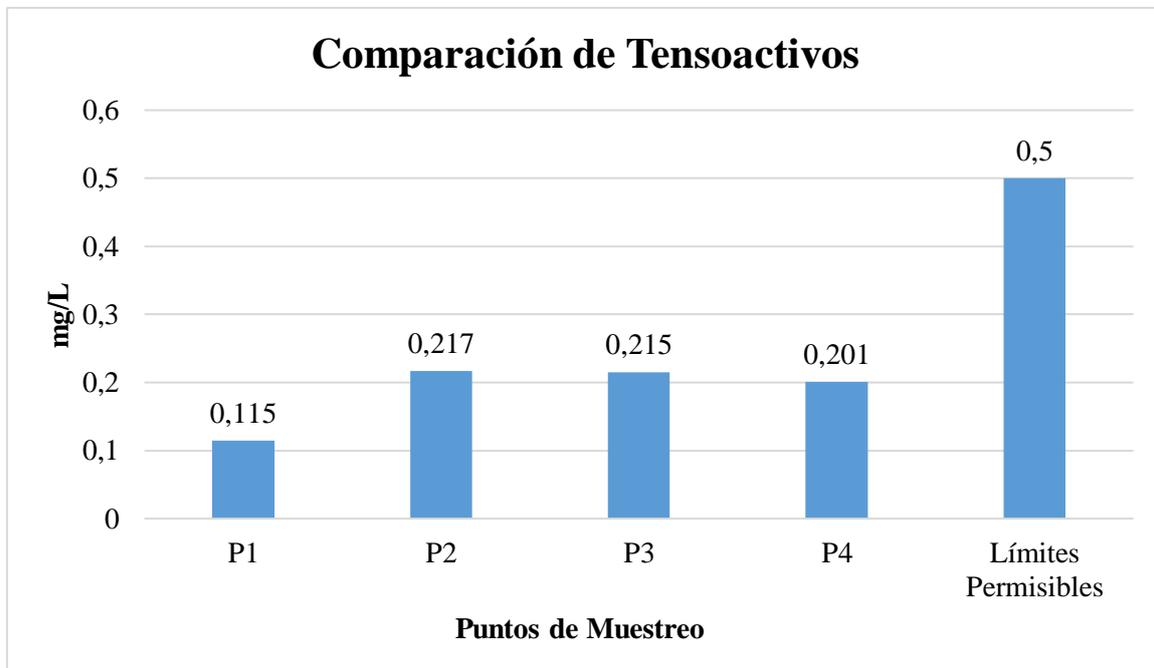
**Interpretación:** En el gráfico 9, comparación del Nitrógeno Total, se registró los siguientes valores: P1 con 1089,52 mg/L; P2 con 168,36 mg/L; en el P3 con un valor de 138,36 mg/L; en el P4 con 131,12 mg/L; determinando que en todos los puntos de muestreo no cumplen con el límite máximo permisible que es de 50 mg/L, como se estipula en el A.M 097-A.

**Tabla 28.** Comparación de Tensoactivos Aniónicos.

**Comparación con los límites permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial N° 097 – A, Norma de Calidad Ambiental y descarga de efluentes al recurso agua, Tabla 9: Límites de descargar a un cuerpo de agua dulce.**

Parámetro	Unidades	P1	P2	P3	P4	A.M 097-A
						Límites permisibles
Tenso Activos	mg/L	0,115	0,217	0,215	0,201	0,5

Elaborado por: Jorge Lascano, 2019.



**Gráfico 10.** Comparación del Tensoactivos.

Elaborado por: Jorge Lascano, 2019.

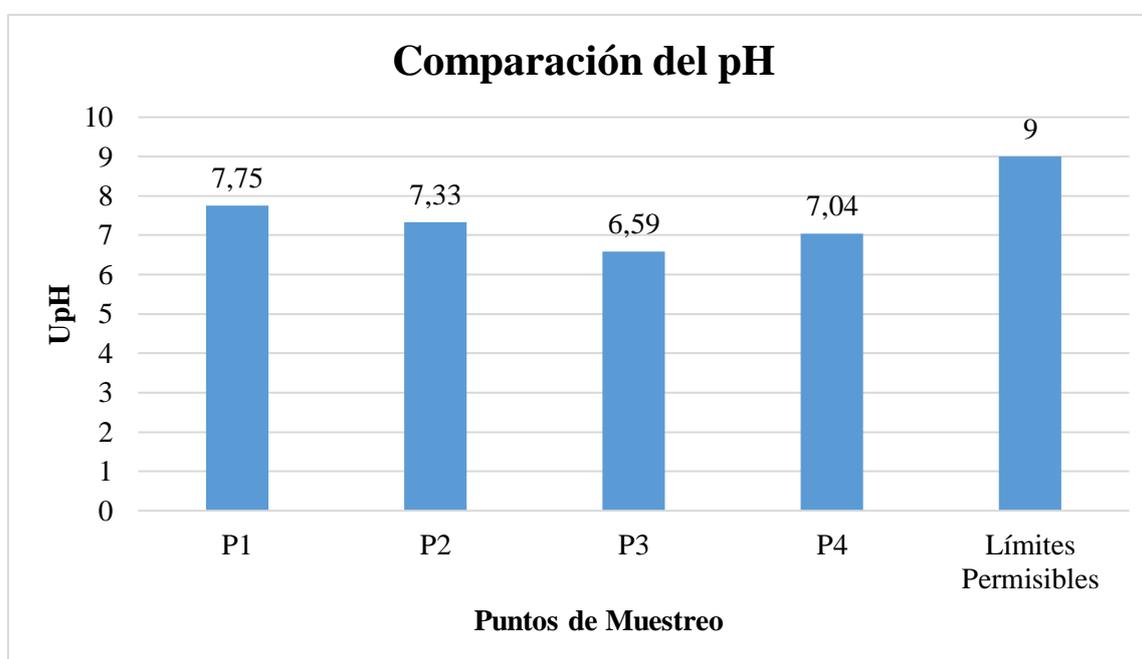
**Interpretación:** En el gráfico 10, Los tensoactivos, se registró los siguientes valores; en el punto de muestreo P1 se registró un valor de 0,115 mg/L; en el P2 con un valor de 0,217 mg/L; en el P3 un valor de 0,215 mg/L; y en el P4 con un valor de 0,201 mg/L; determinando así que todos los puntos de muestreo cumplen con el límite permisible expresado en el A.M 097-A.

**Tabla 29.** Comparación del Potencial de Hidrogeno.

**Comparación con los límites permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial N° 097 – A, Norma de Calidad Ambiental y descarga de efluentes al recurso agua, Tabla 9: Límites de descargar a un cuerpo de agua dulce.**

Parámetro	Unidades	P1	P2	P3	P4	A.M 097-A
						Límites permisibles
pH	UpH	7,75	7,33	6,59	7,04	6-9

Elaborado por: Jorge Lascano, 2019.



**Gráfico 11.** Comparación de pH.

Elaborado por: Jorge Lascano, 2019.

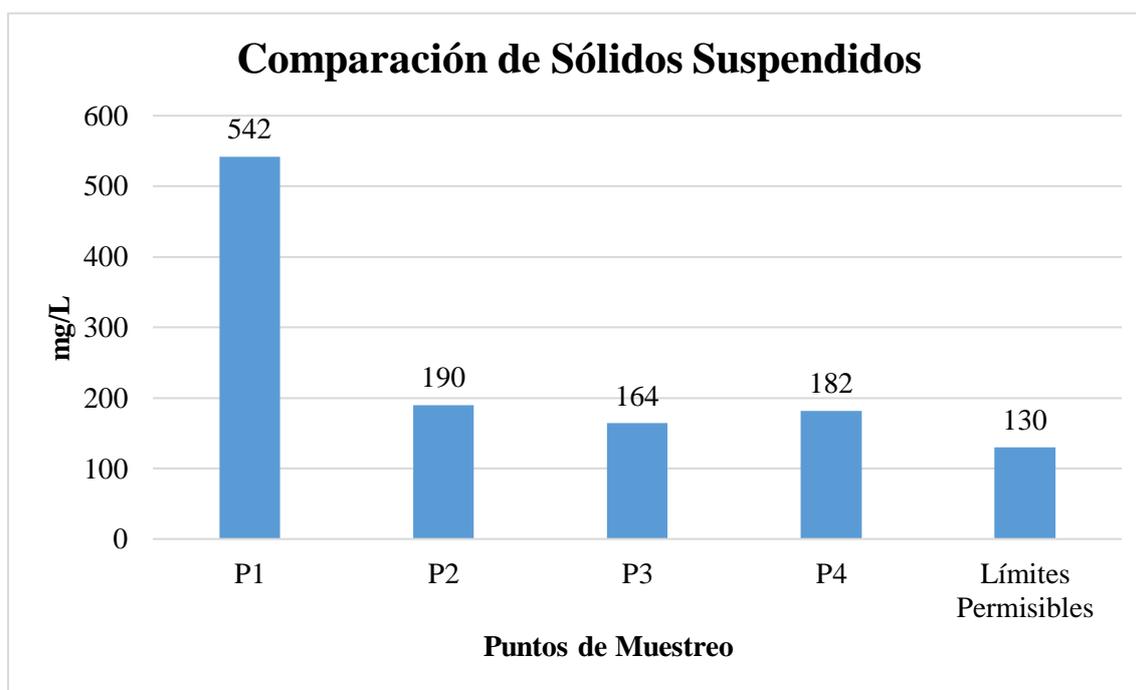
**Interpretación:** En el gráfico 11, Comparación del Potencial de Hidrogeno (pH), registro los siguientes valores; en el primer punto de muestreo P1 un valor de 7,75 UpH; en el P2 un valor de 7,33 UpH; en el P3 un valor de 6,59 UpH; y en el P3 un valor de 7,04 UpH; determinado que en todos los puntos de muestreo cumplen con el rango 6-9 UpH expresado en el A.M 097-A.

**Tabla 30.** Comparación de Sólidos Suspendidos.

**Comparación con los límites permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial N° 097 – A, Norma de Calidad Ambiental y descarga de efluentes al recurso agua, Tabla 9: Límites de descargar a un cuerpo de agua dulce.**

Parámetro	Unidades	P1	P2	P3	P4	A.M 097-A
						Límites permisibles
Sólidos Suspendidos	mg/L	542	190	164	182	130

Elaborado por: Jorge Lascano, 2019.



**Gráfico 12.** Comparación del Sólidos Suspendidos.

Elaborado por: Jorge Lascano, 2019.

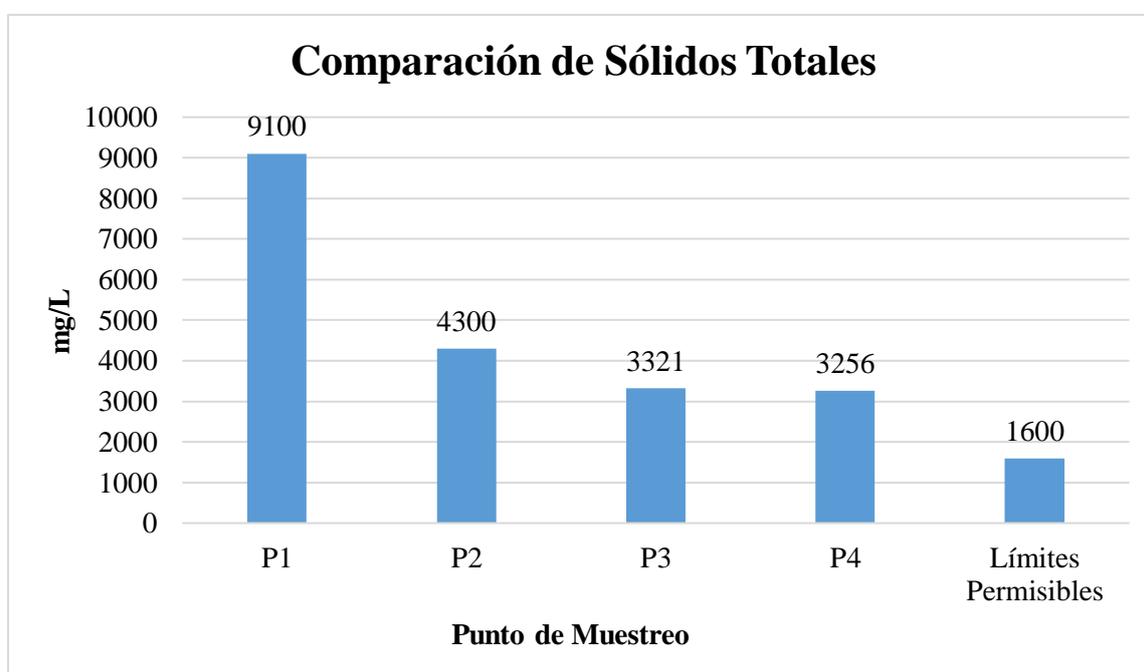
**Interpretación:** El gráfico 12, comparación de Sólidos Suspendidos, se registraron valores en el P1 con 542 mg/L; en el P2 con un valor de 190 mg/L; en el P3 con 164 mg/L; y en el P4 se registra un valor de 182 mg/L; todos los valores están dentro de lo establecido en la legislación vigente, en el A.M 097-A.

**Tabla 31.** Comparación de los Sólidos Totales.

**Comparación con los límites permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial N° 097 – A, Norma de Calidad Ambiental y descarga de efluentes al recurso agua, Tabla 9: Límites de descargar a un cuerpo de agua dulce.**

Parámetro	Unidades	P1	P2	P3	P4	A.M 097-A
						Límites permisibles
Sólidos Totales	mg/L	4300	3568	3321	3256	1600

Elaborado por: Jorge Lascano, 2019.



**Gráfico 13.** Comparación de los Sólidos Totales.

Elaborado por: Jorge Lascano, 2019.

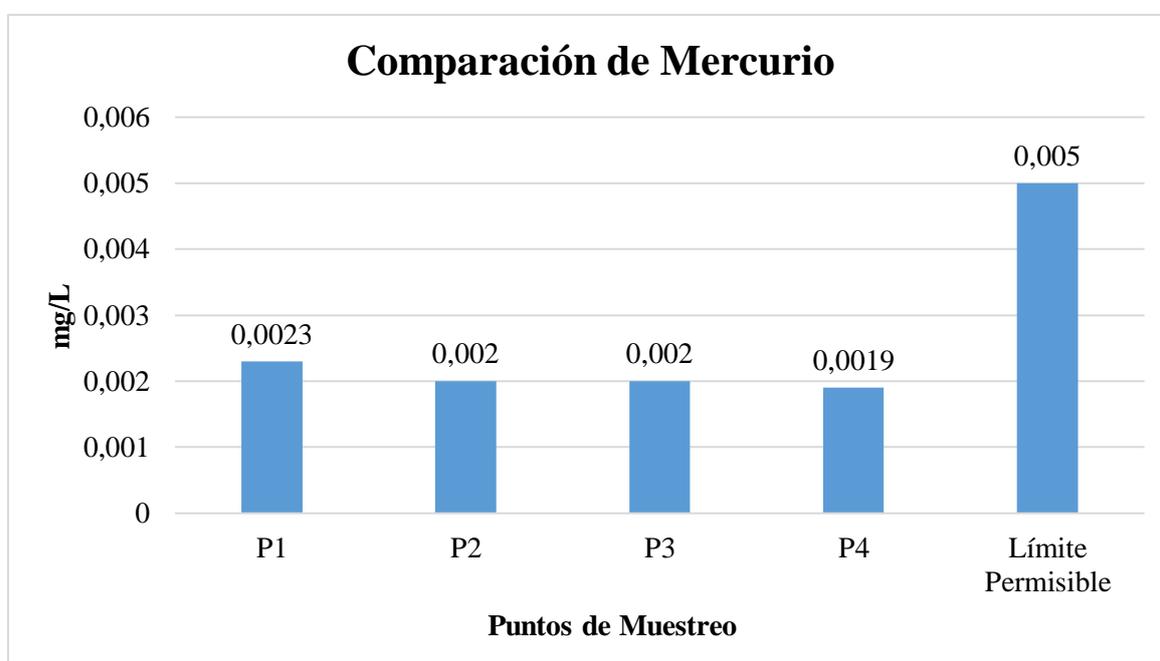
**Interpretación:** El gráfico 13, comparación de Sólidos Totales, registro los siguientes valores; en el P1 un valor de 9100 mg/L; en el P2 con valores de 4300 mg/L; en el punto de muestreo P3 un valor de 3321 mg/L; y en el punto de muestreo P4 se registraron valore de 3256 mg/L; determinado que en todos los puntos de muestreo no cumplen con el límite máximo permisible que es de 1600 mg/L, especificado dentro del A.M 097-A.

**Tabla 32.** Comparación del Mercurio.

**Comparación con los límites permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial N° 097 – A, Norma de Calidad Ambiental y descarga de efluentes al recurso agua, Tabla 9: Límites de descargar a un cuerpo de agua dulce.**

Parámetro	Unidades	P1	P2	P3	P4	A.M 097-A
						Límites permisibles
Mercurio	mg/L	0,0023	0,002	0,002	0,0019	0,005

Elaborado por: Jorge Lascano, 2019.



**Gráfico 14.** Comparación del Mercurio.

Elaborado por: Jorge Lascano, 2019.

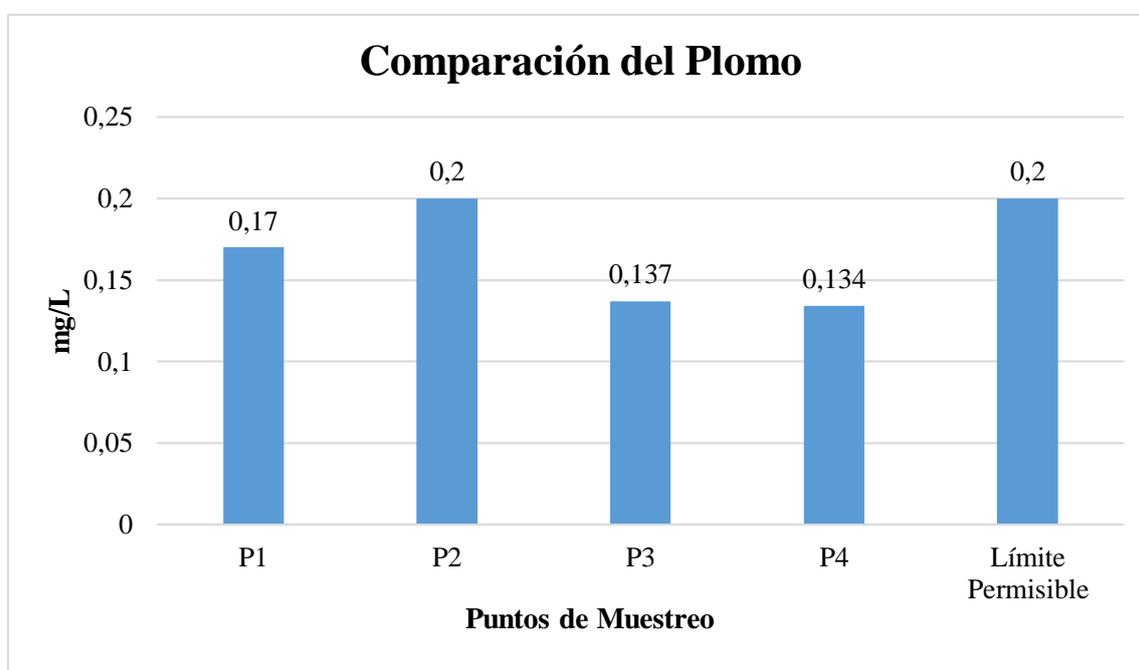
**Interpretación:** En el gráfico 22, comparación de Mercurio, registró los siguientes valores; en el punto de muestreo P1 se obtuvo un valor de 0,0023 mg/L; en el P2 con un valor de 0,002 mg/L; en el P3 con un valor de 0,002 mg/L y en el punto de muestreo P4 con valores de 0,0019 mg/L; determinado que todos los puntos de muestreo cumplen con lo establecido en el A.M 097-A.

**Tabla 33.** Comparación del Plomo.

**Comparación con los límites permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial N° 097 – A, Norma de Calidad Ambiental y descarga de efluentes al recurso agua, Tabla 9: Límites de descargar a un cuerpo de agua dulce.**

Parámetro	Unidades	P1	P2	P3	P4	A.M 097-A
						Límites permisibles
Plomo	mg/L	0,17	0,2	0,137	0,134	0,2

Elaborado por: Jorge Lascano, 2019.



**Gráfico 15.** Comparación del Plomo.

Elaborado por: Jorge Lascano, 2019.

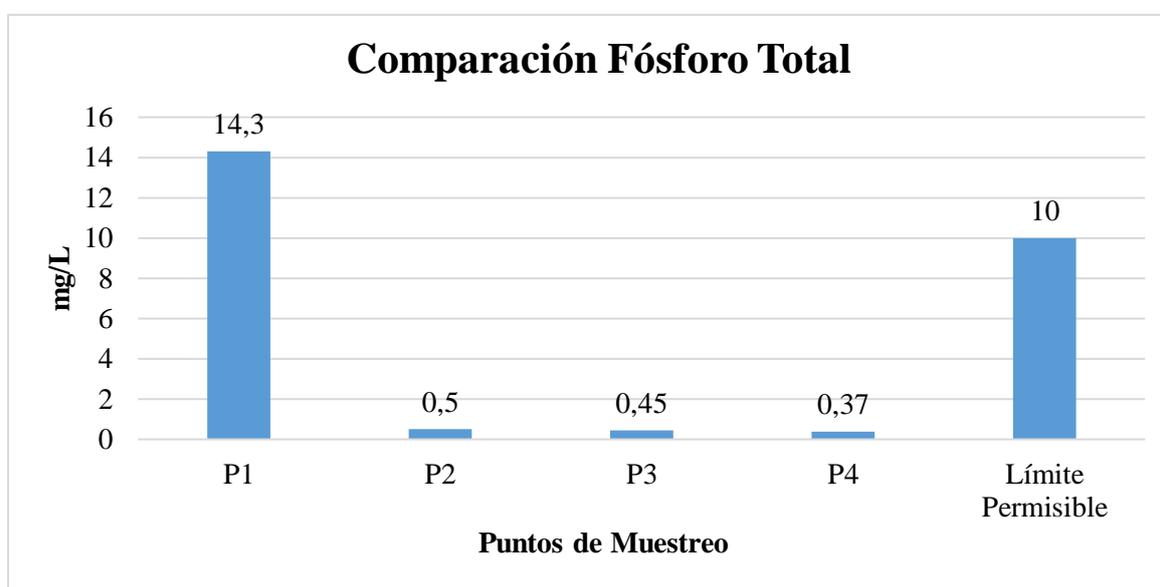
**Interpretación:** En el gráfico 23, caracterización del Plomo, registró los siguientes valores; en el P1 se obtuvo un valor de 0,17 mg/L; en el P2 se obtuvo un valor de 0,2 mg/L; en el punto de muestreo P3 se obtuvo un valor de 0,137 mg/L; y en el P4 un valor de 0,134 mg/L; determinado que todos los puntos de muestreo cumplen con los límites máximos permisibles 0,2 mg/L establecidos en el A.M 097-A.

**Tabla 34.** Comparación del Fósforo Total.

**Comparación con los límites permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial N° 097 – A, Norma de Calidad Ambiental y descarga de efluentes al recurso agua, Tabla 9: Límites de descargar a un cuerpo de agua dulce.**

Parámetro	Unidades	P1	P2	P3	P4	A.M 097-A
						Límites permisibles
Fosforo Total	mg/L	14,3	0,50	0,45	0,37	10,0

Elaborado por: Jorge Lascano, 2019.



**Gráfico 16.** Comparación del Fosforo Total.

Elaborado por: Jorge Lascano, 2019.

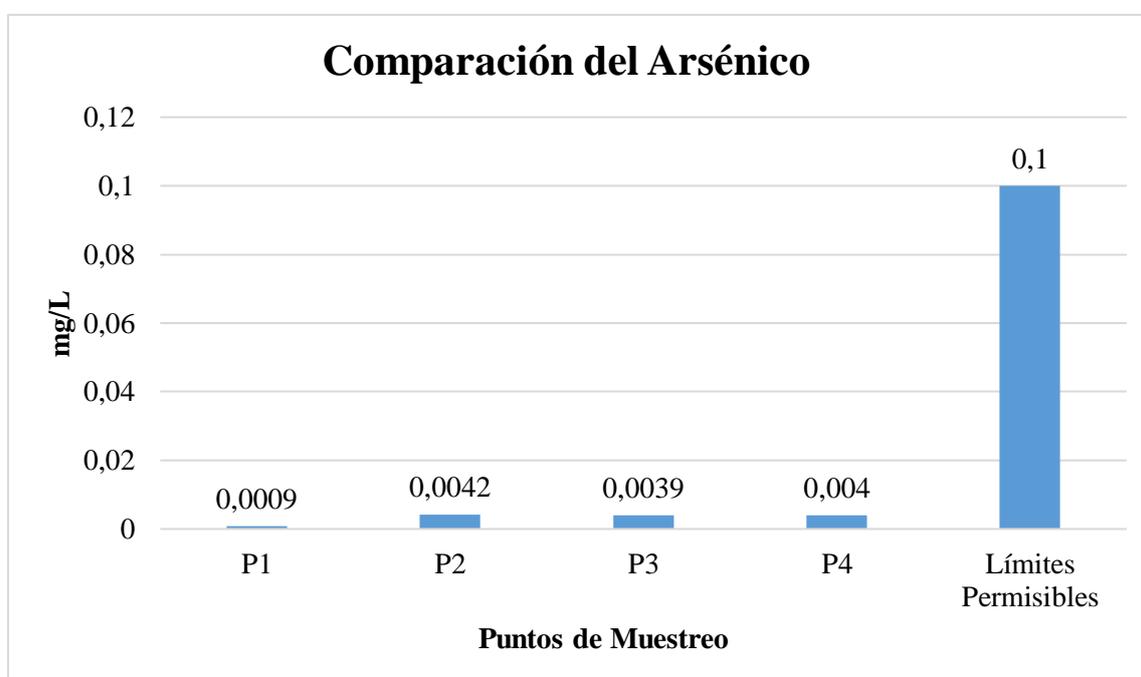
**Interpretación:** En el gráfico 24, comparación del Fósforo Total, se registró los siguientes valores, en el punto de muestreo P1 con un valor de 14,3 mg/L; en el punto de muestreo P2 un valor de 0,5 mg/L; en el P3 con un valor de 0,45 mg/L; y en el punto P4 un valor de 0,37 mg/L; determinando que P2, P3 y P4 están dentro del límite máximo permisible 10 mg/L, mientras que el P1 no cumple con lo establecido en el A.M 097-A.

**Tabla 35.** Comparación de Arsénico.

**Comparación con los límites permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial N° 097 – A, Norma de Calidad Ambiental y descarga de efluentes al recurso agua, Tabla 9: Límites de descargar a un cuerpo de agua dulce.**

Parámetro	Unidades	P1	P2	P3	P4	A.M 097-A
						Límites permisibles
Arsénico	mg/L	0,0009	0,0042	0,0039	0,004	0,1

Elaborado por: Jorge Lascano, 2019.



**Gráfico 17.** Comparación del Arsénico.

Elaborado por: Jorge Lascano, 2019.

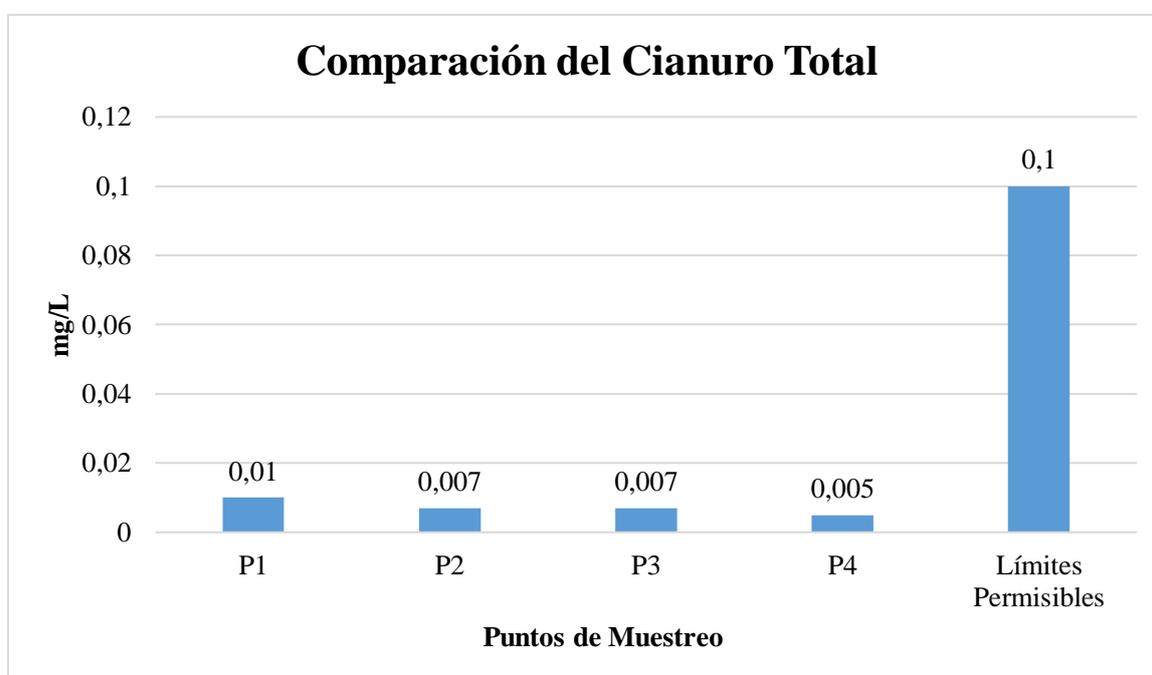
**Interpretación:** En el gráfico 25, comparación del Arsénico, registró los siguientes datos de muestreos, en el P1 con un valor de 0,0009 mg/L; en el P2 con un valor de 0,0042 mg/L; en el P3 con 0,0039 mg/L; y en el P4 con 0,004 mg/L; determinando que los puntos de muestreo cumplen con lo establecido en el A.M 097-A.

**Tabla 36.** Comparación del Cianuro Total.

**Comparación con los límites permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial N° 097 – A, Norma de Calidad Ambiental y descarga de efluentes al recurso agua, Tabla 9: Límites de descargar a un cuerpo de agua dulce.**

Parámetro	Unidades	P1	P2	P3	P4	A.M 097-A
						Límites permisibles
Cianuro Total	mg/L	0,01	0,007	0,007	0,005	0,1

Elaborado por: Jorge Lascano, 2019.



**Gráfico 18.** Comparación del Cianuro Total.

Elaborado por: Jorge Lascano, 2019.

**Interpretación:** En el gráfico 26, comparación de Cianuro, se registró los siguientes valores en las diferentes muestras; en el P1 se obtuvo un valor de 0,01; en el P2 un valor de 0,007; en el punto de muestreo P3 un valor de 0,007 mg/L; y en el punto P4 un valor de 0,005 mg/L; determinado que los puntos de muestreo cumplen con el límite máximo permisible que es de 0,1 mg/L, según el A.M 097-A.

### 4.3. Comparación de eficiencia de la materia

**Tabla 37.** Comparación % de eficiencia de la materia, Bagazo de caña de azúcar y Ceniza de cascarilla de arroz

ENSAYO	UNIDAD	RESULTADO Lixiviado (P2)	RESULTADO Caña de Azúcar (P3)	RESULTADO Ceniza de cascarilla de arroz (P4)	EFICIENCIA Remoción caña de azúcar %	EFICIENCIA Remoción ceniza de cascarilla de arroz %
Aceites y Grasa	mg/L	7,6	5,1	4,3	0,33	0,43
DBO	mg/L	407	383	267	0,06	0,34
DQO	mg/L	1111	860	853	0,23	0,23
Coliformes Totales	NMP/100 mL	4300	3843	4234	0,11	0,02
Nitrógeno total kjeldahl	mg/L	168,36	138,36	131,12	0,18	0,22
pH	mg/L	7,33	6,59	7,04	0,10	0,04
Sólidos Suspendidos totales	mg/L	190	164	182	0,14	0,14
Sólidos Totales	mg/L	4300	3321	3256	0,23	0,24
Mercurio	mg/L	0,002	0,002	0,0019	0	0,05
Plomo	mg/L	0,16	0,137	0,134	0,14	0,16
Fosforo total	mg/L	0,50	0,45	0,37	0,10	0,26
Arsénico	mg/L	0,0042	0,0039	0,004	0,07	0,05
Cianuro total	mg/L	0,007	0,007	0,005	0	0,28
<b>Promedio</b>					<b>0,15</b>	<b>0,19</b>

Elaborado por: Jorge Lascano, 2019.

**Interpretación:** Tomando al P2 como un punto de inicio, se lo interpreta como el 100%, a partir de esto se procede a sacar el porcentaje de contaminante depurado por cada material usado, en el caso del Bagazo de caña de azúcar  $P3 \cdot 100 / P2 = \%$ ; y para la Ceniza de la cascarilla de arroz  $P4 \cdot 100 / P2$ ; así sucesivamente se hizo con todos los parámetros

analizados, luego se procedió hacer un promedio de los porcentajes obtenidos, para así saber de manera general que sustrato fue el que más contaminante elimino; Bagazo de caña de azúcar con 0.15% y la Ceniza de la cascarilla de arroz elimino un 0,19%, siendo esta ultima la que más contaminante elimino.

#### 4.3.1. Determinar que sustrato es el más económico.

- **Bagazo de Caña de azúcar**

El Bagazo de caña de azúcar es factible para su aplicación en el proceso de filtración de aguas.

El Bagazo de caña de azúcar fue adquirido en el Barrio el Dorado, de los puestos donde se elabora el jugo de caña, las señoras que trabajan allí fueron muy amables y se pudo adquirir el bagazo gratis, más el gasto del transporte del material, salió relativamente barato la adquisición de este material. Puesto que en la ciudad de Puyo se elaboran varios productos de la caña de azúcar y ya que es propia de la zona, es muy fácil la adquisición del mismo para ser usado como sustrato.

**Tabla 38.** Coste adquisición del Bagazo de caña de azúcar.

<b>Producto</b>	<b>Costo</b>
Bagazo de caña de azúcar (20 kg)	Gratis
Transporte del producto	0,90 ctvs.
<b>Coste Total:</b>	<b>0,90 ctvs.</b>

Elaborado por: Jorge Lascano, 2019.

- **Ceniza de cascarilla de arroz**

Conseguir la ceniza de carrarilla de arroz fue difícil en principio ya que en la zona no hay producción de arroz ni de sus derivados, como cascara de arroz o la ceniza de cascara de arroz.

El lugar donde se pudo conseguir la cascarilla de arroz fue la ciudad de Guayaquil, con un coste de 17 dólares por las 2 Libras más el transporte, así que se puede decir que resulto un poco caro la adquisición del material.

**Tabla 39.** Coste adquisición de Ceniza de cascarilla de arroz

<b>Producto</b>	<b>Costo</b>
Ceniza de cascarilla de arroz (2 kg)	17 dólares
Trasporte del producto	11 dólares
<b>Costo Total:</b>	<b>28 dólares</b>

**Elaborado por:** Jorge Lascano, 2019.

Es económicamente viable adquirir la caña de azúcar como sustrato para filtrar aguas, ya que al ser la caña un producto propio de la zona es mucho más fácil de conseguir, a diferencia de la ceniza de cascarilla de arroz, que hay que comprarla y traerla desde la ciudad de Guayaquil, que es el único lugar donde se la pudo conseguir. Por ello es más factible trabajar con la caña de azúcar.

## **4.4. DISCUSIÓN.**

*4.4.1. Caracterizar desde el punto de vista físico-químico y microbiológico los materiales: bagazo de caña (*Saccharum officinarum*) y ceniza de cascarilla de arroz (*Oryza sativa*), con vistas a su utilización en un proceso para complementar la depuración de los lixiviados.*

- Los análisis de aguas se realizaron en base al Acuerdo Ministerial 097-A, Anexo 1, Libro VI, Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes al recurso aguas, Tabla 9: Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce, los resultados de los análisis realizados en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Relleno Sanitario, tanto en el punto (P1) antes de que el lixiviado ingrese en la PTAR, como en el punto (P2), después de que pasa por todos los procesos de la PTAR, dio como resultado que el DBO, DQO, Nitrógeno total, los Sólidos Suspendidos, Sólidos Totales, no se encuentran dentro de lo establecido en los límites permisibles. Según (Jacome,2014), señala que los análisis físico-químicos y microbiológico a las aguas permiten determinar la calidad del lixiviado para así evitar y prevenir un impacto ambiental.
- En cuanto a la caracterización físico química de los sustratos utilizados, en este caso en bagazo de caña de azúcar y la cascarilla de arroz, se determinaron parámetros de su composición química como el C.H.O.N.S, esto para saber si los sustratos son aptos para realizar papel de material filtrante, en este caso para depurar lixiviados. En el trabajo de (Toapanta, 2017), se utiliza la el bagazo de la cala de azúcar para filtrar aguas residuales provenientes de una industria láctea, en otros. Mientras que el en trabajo de (Demera, 2018),

utiliza la cascarilla del arroz como agregado para la construcción de bloques, a la vez que usa la ceniza de la cascarilla de arroz para plantaciones, debido a su alto contenido de silicio.

#### ***4.4.2. Evaluar la eficacia de los materiales: bagazo de caña (*Saccharum officinarum*) y ceniza de cascarilla de arroz (*Oryza sativa*) para la depuración del lixiviado en condiciones dinámicas.***

- Los análisis de laboratorio realizados a las aguas residuales que fueron filtradas por los sustratos demuestran que, si ayudan a retener contaminantes en cierta medida, la caña de azúcar fue un poco menos efectiva que la ceniza de la cascarilla de arroz que al estar calcinada y contener átomos de carbono y ser porosa retiene mejor los contaminantes presentes en el agua, la ceniza de cascarilla de arroz tiene muchos usos en diferentes campos de la agricultura por su contenido alto en silicio, lo que la hace perfecta para dar nutrientes a los suelos, y en este caso retener contaminantes.

#### ***4.4.3. Comparar los sustratos, y verificar cual es el más efectivo y económico.***

- En cuanto a retención de contaminantes la cascarilla de arroz se comportó mejor que el bagazo de caña de azúcar, ya que retuvo más contaminantes que esta última. Pese a esto el bagazo es muy utilizado en procesos de purificación de aguas con biomasa, debido a que es más fácil de conseguir, en este caso se utilizó el bagazo de la caña de azúcar lo más simple que se pudo, solo pasó por un proceso de lavado y secado, para su posterior uso en el filtrado del lixiviado.

- La cascarilla de arroz tiene riesgo de humedecerse, compactarse y volverse una masa dura, por ello pasó por un proceso de incineración, a temperaturas que van de los 500 a 700°C, así haciendo más fácil su empleo en el filtrado de lixiviados.

- El lixiviado a simple vista tras pasar por los sustratos en ambos casos adquirió un color más claro, esto y los análisis de laboratorio demostraron que ambos sustratos sirven de apoyo o complemento en un proceso de depuración de aguas residuales.

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES

- Al hacer la caracterización físico química de los lixiviados producidos en la nueva celda de disposición final de residuos sólidos del Relleno Sanitario de la ciudad de Puyo, se pudo determinar que los parámetros como la DBO, DQO, Nitrógeno Total, los Sólidos Suspendedos Totales, Sólidos Totales, no se encuentran dentro de lo establecido en el Acuerdo Ministerial 097-A, Norma de Calidad Ambiental y Descarga de efluentes al Recurso Agua, Tabla 9: Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.
- Según los resultados obtenidos del laboratorio LABCESSTA S.A, y al comprar con la normativa vigente, se pudo observar que parámetros como Aceites y Grasas, los Fenoles, las Coliformes Fecales, Tensoactivos, pH, Mercurio, Plomo, Fósforo Total, Arsénico y Cloruros Totales, están dentro de los intervalos establecidos en la normativa para la descarga de efluentes en el recurso agua.
- Los sustratos: Bagazo de caña de azúcar y Ceniza de cascarilla de arroz pueden utilizarse para procesos de depuración de aguas. El bagazo de caña de azúcar es muy buen sustrato para tratar aguas con contaminantes provenientes de hidrocarburos.
- La ceniza de cascarilla de arroz ayudó a descontaminar un 4% más que el bagazo de caña de azúcar, así mismo se pudo evidenciar que el bagazo de caña de azúcar fue más fácil de conseguir y menos costoso, y dado que es propio de la zona se hace más factible su empleo.

## 5.1. RECOMENDACIONES

- Realizar monitoreos permanentes sobre los lixiviados que se generan en la planta de tratamiento del relleno sanitario de la ciudad de Puyo, tanto de la nueva planta, que por arrojar lixiviados jóvenes tienen más carga contaminante, como de las plantas que ya se las ha dado un cierre técnico, ya que las mismas aún siguen produciendo lixiviados, esto en razón de que los análisis de laboratorio que se realizaron, señalaron que la mayoría de parámetros que se analizaron está fuera de los límites permisibles expuestos en el Acuerdo ministerial 097-A, Norma de calidad ambiental y descarga de efluentes al recurso agua, Tabla 9: Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.
- Implementar una nueva Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, que tenga un sistema diferenciado para la recolección del agua lluvia, esto apoyándose en los datos meteorológicos de la ciudad, en especial en los datos de la precipitación, para así conocer en qué momento estas pueden contribuir al incremento del porcentaje de lixiviados.
- Aplicar filtros a partir de biomasa residual, como un paso complementario del tratamiento de aguas residuales en la Planta de Tratamiento de aguas.

## CAPÍTULO VI

### 6. BIBLIOGRAFÍA

- A. Morgan, J. R. (2015). Malos Olores En Plantas De Tratamiento De Aguas Residuales: Su Control a través de procesos Biotecnológicos. En J. R. A. Morgan. Statew. Agric. L. Use Baseline .
- Acurio, G. R. ([Enero de 2009]). *Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe*. Obtenido de <http://www.bvsde.ops-oms.org/cdromrepi86/fulltexts/bvsacd/scan/dsm.pdf>
- Aguilar, G. K. (2016). *Los productos y los impactos de la descomposición de residuos sólidos urbanos en los sitios de disposición final*. México: Instituto Nacional de Ecología.
- Alvarado, N. (2016). *Tratamiento de lixiviados del relleno sanitario del cantón Tena Provincia de Napo mediante reacción fentón y Microorganismos eficientes (Tesis)*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Arias, S. C., & Agudelos, R. A. (2005). Seguimiento de una Celda experimental de residuos Sólidos Urbanos. *Revista EIA*. Obtenido de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1794-12372005000200004](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372005000200004)
- BID, AIDIS & OPS. (2010). *Informe de la Evaluación Regional del Manejo de Residuos Sólidos*. Obtenido de <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Informe-de-la-evaluación-regional-del-manejo-de-residuos-sólidos-urbanos-en-América-Latina-y-el-Caribe-2010.pdf>
- Bustos, M. R. (2008). *Descripción de las Etapas de Almacenamiento, Recolección y transporte de los Residuos Sólidos en el Sistema de Aseo Urbano del Municipio del Chinú-Cordoba (Tesis)*. Universidad Sucre. Obtenido de <https://repositorio.unisucre.edu.co/bitstream/001/297/2/628.44F475.pdf>

- CEPIS & OPS. (2000). *Método Sencillo del Análisis de Residuos Sólidos*. Recuperado el 25 de 11 de 2019, de <http://www.bvsde.paho.org/eswww/proyecto/repidisc/publica/hdt/hdt017.html>
- Chisag, N. M. (2014). *Diseño de un Sistema de Tratamiento de Lixiviados para el Botadero de Curguadel Cantón guaranda Provincia de Bolívar*. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Contreras, A. Á., & Suárez, J. H. (2006). *Tratamiento biológico del lixiviado generado en el relleno sanitario "El Guayabal" de la ciudad San José de Cúcuta*. San José de Cúcuta: Ingeniería y desarrollo. Recuperado el 25 de 11 de 2019, de <https://www.redalyc.org/pdf/852/85202007.pdf>
- Decologia.info. (2019). *Decologia.info*. Obtenido de <https://decologia.info/medio-ambiente/relleno-sanitario/#top>
- Demera, S. (2018). *Evaluacion de los residuos de la cascarilla de arroz como agragado en bloques para la construccion*. Escuela Superior Politécnica agropecuaria de Manabí.
- Eixoecologia. (2016). *Desarrollo de actividades innovadoras para la Gestión del Territorio*. Obtenido de <http://eixoecologia.org/?q=es/node/564>
- Eugenio, G. (2018). *Tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios*. Universidad de los Andes, 12.
- GADMP. (2010). *EStudio de factibilidad y diseños definitivos del sistema de manejo integral de desechos sólidos del cantón Pastaza. provincia de Pastaza, estudio de impacto ambiental*. 105.
- García, J. (2018). *Lixiviado joven vs Lixiviado viejo*. Universidad de Santiago de Compostela, España.
- Gavilanes, I. (2017). *Rellenos Sanitarios*. Riobamba.
- Ger, J. (08 de 2017). *Repositorio Universidad Tecnica de Ambato*. Obtenido de [uta.edu.ec](http://uta.edu.ec)
- Greer, E. (2009). *Electrochemical oxidation for landfill leachate treatment*. Waste Management.

- Grupo Banco Mundial. (20 de 9 de 2018). *Tipos de Desechos Generados*. Obtenido de <https://www.bancomundial.org/es/news/infographic/2018/09/20/what-a-waste-20-a-global-snapshot-of-solid-waste-management-to-2050>
- Guerra, E. E. (08 de 2014). Health damage due to poor disposal of solid and liquid wastes in Dili, Timor Leste. (SciELO, Ed.) *Revista Cubana de higiene y Epidemiología*. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1561-30032014000200011](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032014000200011)
- Guzmán, D. (2017). Consultoría del diseño y aprovechamiento del espacio físico del relleno sanitario para la gestión integral del manejo de los residuos sólidos de la ciudad de Puyo.
- Haro, F. (2019). *Gestión de Residuos Sólidos*. Portenix. Obtenido de <http://gestionintegralresiduos.blogspot.com/2010/05/generacion-de-biogas-en-rellenos.html>
- INAMI. (09 de 12 de 2019). Entrevista a la Estación Meteorológica de la Ciudad del Puyo para la Obtención de Datos Meteorológicos. (J. Lascano, Entrevistador)
- INEC & AME. (2010). *Estadística de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales 2010 (En línea)*. Estadístico. Recuperado el 13 de 11 de 2019, de [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas\\_Ambientales/Municipios\\_2017/Residuos\\_solidos\\_2017/Documento%20metodologico%20RESIDUOS%202017.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2017/Residuos_solidos_2017/Documento%20metodologico%20RESIDUOS%202017.pdf)
- INEC. (2010). *Población y Demografía*. En línea. Recuperado el 28 de 12 de 2019, de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manualateral/Resultados-provinciales/pastaza.pdf>
- Jaramillo, C. (2012). *Historia geológica del bosque humedo tropical*. Balboa: Smithsonian Tropical research Institute.
- Licona, E. C. (2016). *Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Honolulu, Hawai: Atlantic Intenational University.

- Luna, M. d. (2008). *Trabajo de Tratamientos para Lixiviados Generados en Rellenos Sanitarios (Tesis)*. Universidad de Sucre, Sucre, Colombia. Obtenido de <https://repositorio.unisucre.edu.co/bitstream/001/304/2/628.44564C797.pdf>
- MAE. (17 de 07 de 2015). *Hitos en la gestión integral de los residuos sólidos en Ecuador*. Obtenido de <http://www.ambiente.gob.ec/hitos-en-la-gestion-integral-de-los-residuos-solidos-en-ecuador/>
- MAE. (2015). *Reforma al Texto Unificado de Legislación Secundaria, Medio Ambiente, libro VI, Norma de Calidad Ambiental y descarga de efuentes al recurso agua*. En Línea. Obtenido de <http://www.ambiente.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2018/05/Acuerdo-097.pdf>
- MAE. (06 de 12 de 2017). *Gobierno por Resultados*. Obtenido de <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/PNGIDS-DICIEMBRE-2017.pdf>
- MAE, & PNGIDS. (2015). *Diagnóstico de la Cadena de Gestión Integral de Desechos Sólidos-Reciclaje*. Obtenido de <https://docs.google.com/viewer?url=https%3A%2F%2Fwww.vicepresidencia.gob.ec%2Fwp-content%2Fuploads%2F2015%2F08%2FResumen-Cadena-de-Gestion-deResiduos-S%25C3%25B3lidos.pdf>
- Maquinaria, A. (08 de 01 de 2016). *ARISTEGUI MAQUINARIS* . Obtenido de <https://www.aristegui.info/los-lixiviados-caracteristicas-y-actuaciones/>
- Martinez, A. (11 de 04 de 2014). Alternativas actuales del manejo de lixiviados. *Avances en Química*, 9(1), 37-47. Recuperado el 28 de 12 de 2019, de <https://www.redalyc.org/pdf/933/93330767005.pdf>
- Martínez, N. M. (2015). *Solid Waste Management in Mexico: Between the Intention and the Reality*. México. Obtenido de <file:///C:/Users/George/Downloads/1419-Texto%20del%20artículo-6131-1-10-20150320.pdf>
- Ministerio de Medio Ambiente y Agua. (2010). *Gua para la Implementación, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios*. Obtenido de <http://www.anesapa.org/wp-content/uploads/2014/12/GuiaRellenosSanitarios.pdf>

- Ministerio del Medio Ambiente y Agua. (2012). *Guía para el Diseño. Construcción, Operación, Mantenimiento y Cierre de Rellenos Sanitarios*. Bolivia.
- Ocampo, M. (11 de 10 de 2012). *Prezi.com*. Obtenido de <https://prezi.com/rqa1-j5f4wv5/ceniza-de-cascarilla-de-arroz/>
- Pellón, A. A., López, M., Espinosa, M., & Gonzales, O. (2015). Propuesta para tratamientos de lixiviados en un vertedero de residuos sólidos urbanos. (3-16, Ed.) *Ingeniería Hidráulica y ambiental*, 36(2). Recuperado el 26 de 12 de 2019
- Pérez, A. G. (2008). *Aplicabilidad de procesos de coagulación-floculación y de sistemas de biopelícula en el tratamiento de lixiviados de vertederos de residuos urbanos (tesis)*. Universidad de Granada, España. Recuperado el 15 de 12 de 2019, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=70413>
- Recytrans. (02 de 08 de 2013). *Soluciones Globales para el Reciclaje*. Obtenido de <https://www.recytrans.com/blog/clasificacion-de-los-residuos/>
- Rischmagui, G. (2017). *Manual para el manejo de Residuos Sólidos*. Tegucigalpa: Fondo Nordico de Desarrollo.
- Sandoval, I. Y. (2010). *Diseño y Factibilidad de Relleno Sanitario Manual para el Municipio de la Libertad, Departamento de la Libertad (Tesis)*. Universidad del Salvador, San Salvador. Obtenido de <http://ri.ues.edu.sv/202/1/10136390.pdf>
- SENAGUA. (2017). *SENAGUA*. Obtenido de Gestión de aguas residuales en el Ecuador : <https://es.slideshare.net/CCIFEC/20-gestin-de-aguasresiduales-en-ecuador-senagua>.
- Tibanlombo, N. M. (2014). *Diseño de una Planta de Tratamiento de Lixiviados para el Botadero de Curgua del cantón Guaranda Provincia de Bolívar. (Tesis)*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Toapanta, Á. (2017). *Análisis del bagazo de la caña de azúcar como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes del al industria de lacteos "Lácteos Valenzuela Divino Niño" de la provincia de Cotopaxi*. Universidad Técnica de Ambato, Ambato.
- Torey, S. (28 de 05 de 2014). *Nuestra Esfera*. Obtenido de <http://nuestraesfera.cl/zoom/como-se-clasifican-los-residuos/>

Ulica, J. (2006). Los Rellenos Sanitarios. (U. P. Salesiana, Ed.) *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, 2-17. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/4760/476047388001.pdf>

Vise. (01 de 11 de 2018). *vise*. Obtenido de <https://blog.vise.com.mx/que-es-un-relleno-sanitario-y-como-funciona>

# CAPÍTULO VII

## 7. ANEXOS

**Anexo 1.** Recolección del bagazo de caña de azúcar.



**Elaborado por:** Jorge Lascano

**Anexo 2.** Proceso de lavado de desmechado del bagazo de caña de azúcar.



**Elaborado por:** Jorge Lascano

**Anexo 3.** Inicio de secado del bagazo de caña de azúcar.



**Elaborado por:** Jorge Lascano

**Anexo 4.** Oficio para la aceptación del desarrollo de la tesis en el relleno sanitario de la ciudad de Puyo, dirigido al Sr. alcalde del cantón Pastaza.

Ing. Sistema r/awer

 **UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA**  
Educación de calidad en el primer nivel, para formar profesionales líderes en el campo de la cultura.



Puyo, 22 de noviembre de 2019

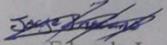
PARA:  
Ing. Oswaldo Zúñiga.  
ALCALDE DE GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN PASTAZA



De mi consideración:

Con un cordial y atento saludo me dirijo a usted para solicitarle de la manera más comedida que le otorgue los permisos correspondientes al estudiante Jorge Eduardo Lascano Garcés, con C.I. 1600875353, de la Universidad Estatal Amazónica, quien se encuentra realizando su trabajo de titulación en el tema: Depuración de Lixiviados del Relleno Sanitario de la ciudad de Puyo, perteneciente al Cantón Pastaza, provincia de Pastaza, utilizando métodos alternativos (biomasa residual), para que realice el trabajo de muestreo de las aguas en la planta de tratamiento, y su vez solicitar su colaboración para que se facilite la información de los análisis realizados a dichos lixiviados, así como viabilice la realización de los análisis correspondientes a las aguas depuradas como parte de este trabajo de investigación, de manera tal que pueda quedar evidenciada la eficacia del tratamiento no convencional aplicado. Cabe recalcar, que los resultados de esta investigación beneficiarán al relleno sanitario, al GAD y a la población de la ciudad de Puyo.

Saludos cordiales,

  
Jorge Eduardo Lascano Garcés  
Estudiante de 10 semestre  
Ingeniería Ambiental

  
Dr. Luis Ramón Bravo Sánchez, Ph.D.  
Profesor Titular Investigador. UEA  
Director del proyecto



**Anexo 5. Oficio dirigido al INAMHI, para solicitar la facilitación de datos meteorológicos de la ciudad de Puyo.**



**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA**

Puyo, 21 de noviembre de 2019

A quien pueda interesar

El objetivo de la presente comunicación es informar que el Sr. Jorge Eduardo Lascano Garcés con número de cédula: 1600875353, es estudiante del décimo semestre de la carrera de Ingeniería Ambiental y está realizando su proyecto de titulación en el tema: Depuración de Lixiviados del Relleno Sanitario de la Ciudad de Puyo, perteneciente al cantón Pastaza, provincia de Pastaza, utilizando métodos alternativos (biomasa residual).

Dicho trabajo forma parte de una investigación que se viene desarrollando en la Universidad Estatal Amazónica y que está encaminada al aprovechamiento de una biomasa residual para la eliminación de contaminantes desde matrices acuosas.

Para poder llevar a cabo con éxito las tareas del mencionado proyecto de titulación se requiere la siguiente información de los meses de enero a agosto de 2019, en los siguientes campos: precipitación, heliofonía, humedad relativa, temperatura, nubosidad y viento.

Atentamente,



Dr.C. Luis Ramón Bravo Sánchez, PhD.  
Profesor Titular. UEA.  
Director del Proyecto

**Anexo 6.** Oficio dirigido al director de servicios municipales que permita el ingreso al relleno sanitario.

Puyo, 24 de enero de 2020

Ing.  
**JIMMY GARCÉS**  
**DIRECTOR DE SERVICIOS MUNICIPALES**

Reciba un atento y cordial saludo a la vez que le deseo el mejor de los éxitos en tan delicadas funciones a usted encomendadas.

Yo, **JORGE EDUARDO LASCANO GARCÉS**, portador de la cedula de ciudadanía N° **160087535-3**, estudiante de la **UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZONICA**, la presente es para que Autorice al **Ing. HERNAN CASTRO**, responsable del relleno sanitario, me brinde las facilidades necesarias para el ingreso a las instalaciones, ya que me encuentro realizando el **PROYECTO DE TITULACION** y es necesario asistir a dichas instalaciones, para que el proyecto se realice con éxito.

Por la cordial acogida que diera a la presente, le expreso mis sinceros agradecimientos.

Atentamente;



**JORGE EDUARDO LASCANO GARCÉS**  
**C.I.: 160087535-3**  
**SOLICITANTE**

GADM. DEL CANTÓN PASTAZA  
**PASTAZA** DIRECCION SERVICIOS  
MUNICIPALES Y SOCIALES

Recibido #: 054

Fecha: 24.01.2020 Hora: 16:15

Responsable: [Handwritten Signature]

**Anexo 7.** Filtrado del lixiviado utilizando el material seleccionado (bagazo de caña de azúcar y ceniza de cascarilla de arroz).



**Elaborado por:** Jorge Lascano

**Anexo 8.** Resultado de los análisis de laboratorio de las muestras de lixiviado puro, tomados previo a su ingreso a la planta de tratamiento de aguas residuales.

**INFORME DE RESULTADOS No: L-033-19**

INFORMACIÓN DEL CLIENTE			
<b>NOMBRE CLIENTE:</b>	Ing. Jessica Duque	<b>ATENCIÓN A.</b>	Ing. Jessica Duque
<b>DIRECCIÓN:</b>	Puyo, Km 5 Vía a 10 de Agosto	<b>TELÉFONO:</b>	0984180651
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	Lixiviados	<b>PUNTO DE MUESTREO:</b>	Relleno Sanitario. Lixiviado Puro Previo Ingreso a Planta de Tratamiento Celda Actual.
<b>CÓDIGO CLIENTE:</b>	L-3	<b>FECHA DE MUESTREO, RESPONSABLE:</b>	NA

**INFORMACIÓN DEL LABORATORIO**

<b>MUESTREO REALIZADO POR:</b>	LABCESTTA S.A	<b>NÚMERO DE MUESTRAS:</b>	01
<b>FECHA Y HORA DE MUESTREO:</b>	13/11/2019 12:30	<b>ANÁLISIS SOLICITADO:</b>	Físico – Químico Microbiológico
<b>FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:</b>	14/11/2019 19:00	<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b>	14/11/2019 - 02/12/2019
<b>FECHA DE EMISIÓN DE INFORME:</b>	02/12/2019	<b>CÓDIGO LABORATORIO:</b>	AL-L-033-19
<b>RESPONSABLE DEL MUESTREO:</b>	Jhampier Gaibor	<b>COORDENADAS:</b>	18M 0170825 / 9837121
<b>CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS</b>	T máx.:25,0 °C. T min.: 15,0 °C		

**RESULTADOS ANALÍTICOS**

ENSAYO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO/NORMA	LÍMITE MÁXIMO	CRITERIO
Aceites y Grasa	mg/L	20,0	Standard Methods Ed.23.2017 5520 B	30,0	CUMPLE
*Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	758,47	Standard Methods No 5210 B	100	NO CUMPLE
*Demanda Química de oxígeno	mg/L	1968	PE-AL-05 Standard Methods Ed.23.2017 5220D	200	NO CUMPLE
Fenoles	mg/L	0,105	PE-AL-17 EPA 200.7 ICP-AES Rev. 4.4 1994	0,2	CUMPLE
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	6300	Standard Methods Ed.23.2017 9222 B	10000	CUMPLE
*Nitrógeno total kjeldahl	mg/L	1089,52	PE-AL-17 EPA 200.7 ICP-AES Rev. 4.4 1994	50,0	NO CUMPLE
Tensoactivos aniónicos	mg/L	0,115	Standard Methods Ed.23.2017 5540 C	0,5	CUMPLE
Potencial de Hidrogeno	mg/L	7,75	PE-AL-03 Standard Methods Ed.23.2017 4500 H+ B	6-9	CUMPLE
*Sólidos Suspendidos totales	mg/L	542	Standard Methods Ed.23.2017 2540 D	130	NO CUMPLE

*Sólidos Totales	mg/L	9100	Standard Methods Ed.23.2017 2540B	1600	NO CUMPLE
Mercurio	mg/L	0,0023	PE-AL-10 EPA 3015 A, Rev. 1 2007 EPA 245.1, Rev.3, 1994 EPA 7470 <sup>a</sup> , Rev.1, 1994	0,005	CUMPLE
Plomo	mg/L	0,17	PE-AL-17 EPA 200.7 ICP-AES Rev. 4.4 1994	0,2	CUMPLE
*Fosforo total	mg/L	14,3	PE-AL-17 EPA 200.7 ICP-AES Rev. 4.4 1994	10,0	NO CUMPLE
Arsénico	mg/L	0,0009	PE-AL-17 EPA 200.7 ICP-AES Rev. 4.4 1994	0,1	CUMPLE
Cianuro total	mg/L	0,010	PE-AL-09 Standard Methods Ed.23.2017 4500 CN-E	0,1	CUMPLE

**OBSERVACIONES:**

- Muestra transportada en refrigeración.
- La columna: Valor límite permisible, esta fuera del alcance de acreditación del SAE.
- Los ensayos marcados con (\*) están fuera del alcance de acreditación del SAE.

**NOTAS:**

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

**Anexo 9.** Resultado de los análisis de laboratorio de las muestras de lixiviados, tomados en el punto de descarga de la planta de tratamiento de aguas residuales.

**INFORME DE RESULTADOS No: L-033-19**

INFORMACIÓN DEL CLIENTE			
<b>NOMBRE CLIENTE:</b>	Ing. Jessica Duque	<b>ATENCIÓN A.</b>	Ing. Jessica Duque
<b>DIRECCIÓN:</b>	Puyo, Km 5 Vía a 10 de Agosto	<b>TELÉFONO:</b>	0984180651
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	Lixiviados	<b>PUNTO DE MUESTREO:</b>	Relleno Sanitario. Descarga Planta de Lixiviado Celda Actual.
<b>CÓDIGO CLIENTE:</b>	L-3	<b>FECHA DE MUESTREO, RESPONSABLE:</b>	NA

**INFORMACIÓN DEL LABORATORIO**

<b>MUESTREO REALIZADO POR:</b>	LABCESTTA S.A	<b>NÚMERO DE MUESTRAS:</b>	01
<b>FECHA Y HORA DE MUESTREO:</b>	13/11/2019 12:30	<b>ANÁLISIS SOLICITADO:</b>	Físico – Químico Microbiológico
<b>FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:</b>	14/11/2019 19:00	<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b>	14/11/2019 - 02/12/2019
<b>FECHA DE EMISIÓN DE INFORME:</b>	02/12/2019	<b>CÓDIGO LABORATORIO:</b>	AL-L-033-19
<b>RESPONSABLE DEL MUESTREO:</b>	Jhampier Gaibor	<b>COORDENADAS:</b>	18M 0170825 / 9837121
<b>CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS</b>	T máx.:25,0 °C. T min.: 15,0 °C		

**RESULTADOS ANALÍTICOS**

ENSAYO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO/NORMA	LÍMITE MÁXIMO	CRITERIO
Aceites y Grasa	mg/L	7,6	Standard Methods Ed.23.2017 5520 B	30,0	CUMPLE
*Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	407	Standard Methods No 5210 B	100	NO CUMPLE
*Demanda Química de oxígeno	mg/L	1111	PE-AL-05 Standard Methods Ed.23.2017 5220D	200	NO CUMPLE
Fenoles	mg/L	0,075	PE-AL-17 EPA 200.7 ICP-AES Rev. 4.4 1994	0,2	CUMPLE
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	4300	Standard Methods Ed.23.2017 9222 B	10000	CUMPLE
*Nitrógeno total kjeldahl	mg/L	168,36	PE-AL-17 EPA 200.7 ICP-AES Rev. 4.4 1994	50,0	NO CUMPLE
Tensoactivos aniónicos	mg/L	0,217	Standard Methods Ed.23.2017 5540 C	0,5	CUMPLE
Potencial de Hidrogeno	mg/L	7,33	PE-AL-03 Standard Methods Ed.23.2017 4500 H+ B	6-9	CUMPLE

*Sólidos Suspendidos totales	mg/L	190	Standard Methods Ed.23.2017 2540 D	130	NO CUMPLE
*Sólidos Totales	mg/L	3568	Standard Methods Ed.23.2017 2540B	1600	NO CUMPLE
Mercurio	mg/L	0,002	PE-AL-10 EPA 3015 A, Rev. 1 2007 EPA 245.1, Rev.3, 1994 EPA 7470 <sup>a</sup> , Rev.1, 1994	0,005	CUMPLE
Plomo	mg/L	0,160	PE-AL-17 EPA 200.7 ICP-AES Rev. 4.4 1994	0,2	CUMPLE
Fosforo total	mg/L	0,50	PE-AL-17 EPA 200.7 ICP-AES Rev. 4.4 1994	10,0	CUMPLE
Arsénico	mg/L	0,0042	PE-AL-17 EPA 200.7 ICP-AES Rev. 4.4 1994	0,1	CUMPLE
Cianuro total	mg/L	0,007	PE-AL-09 Standard Methods Ed.23.2017 4500 CN-E	0,1	CUMPLE

**OBSERVACIONES:**

- Muestra transportada en refrigeración.
- La columna: Valor límite permisible, esta fuera del alcance de acreditación del SAE.
- Los ensayos marcados con (\*) están fuera del alcance de acreditación del SAE.

**NOTAS:**

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

**Anexo 10.** Resultado de los análisis de laboratorio de las muestras de lixiviados, después de haber sido filtradas a través del bagazo de caña de azúcar.

**INFORME DE RESULTADOS No: L-033-19**

INFORMACIÓN DEL CLIENTE			
<b>NOMBRE CLIENTE:</b>	Ing. Jessica Duque	<b>ATENCIÓN A.</b>	Ing. Jessica Duque
<b>DIRECCIÓN:</b>	Puyo, Km 5 Vía a 10 de Agosto	<b>TELÉFONO:</b>	0984180651
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	Lixiviados	<b>PUNTO DE MUESTREO:</b>	Lixiviado filtrado Bagazo de caña de azúcar.
<b>CÓDIGO CLIENTE:</b>	L-3	<b>FECHA DE MUESTREO, RESPONSABLE:</b>	NA

**INFORMACIÓN DEL LABORATORIO**

<b>MUESTREO REALIZADO POR:</b>	LABCESTTA S.A	<b>NÚMERO DE MUESTRAS:</b>	01
<b>FECHA Y HORA DE MUESTREO:</b>	13/11/2019 12:30	<b>ANÁLISIS SOLICITADO:</b>	Físico – Químico Microbiológico
<b>FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:</b>	14/11/2019 19:00	<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b>	14/11/2019 - 02/12/2019
<b>FECHA DE EMISIÓN DE INFORME:</b>	02/12/2019	<b>CÓDIGO LABORATORIO:</b>	AL-L-033-19
<b>RESPONSABLE DEL MUESTREO:</b>	Jorge Lascano	<b>COORDENADAS:</b>	NA
<b>CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS</b>	T máx.:25,0 °C. T mín.: 15,0 °C		

**RESULTADOS ANALÍTICOS**

ENSAYO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO/NORMA
Aceites y Grasa	mg/L	5,1	Standard Methods Ed.23.2017 5520 B
*Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	383	Standard Methods No 5210 B
*Demanda Química de oxígeno	mg/L	860	PE-AL-05 Standard Methods Ed.23.2017 5220D
Fenoles	mg/L	0,069	PE-AL-17 EPA 200.7 ICP-AES Rev. 4.4 1994
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	3843	Standard Methods Ed.23.2017 9222 B
*Nitrógeno total kjeldahl	mg/L	138,36	PE-AL-17 EPA 200.7 ICP-AES Rev. 4.4 1994
Tensoactivos aniónicos	mg/L	0,215	Standard Methods Ed.23.2017 5540 C
Potencial de Hidrogeno	mg/L	6,59	PE-AL-03 Standard Methods Ed.23.2017 4500 H+ B
*Sólidos Suspendidos totales	mg/L	164	Standard Methods Ed.23.2017 2540 D

*Sólidos Totales	mg/L	3321	Standard Methods Ed.23.2017 2540B
Mercurio	mg/L	0,002	PE-AL-10 EPA 3015 A, Rev. 1 2007 EPA 245.1, Rev.3, 1994 EPA 7470 <sup>a</sup> , Rev.1, 1994
Plomo	mg/L	0,137	PE-AL-17 EPA 200.7 ICP-AES Rev. 4.4 1994
Fosforo total	mg/L	0.33	PE-AL-17 EPA 200.7 ICP-AES Rev. 4.4 1994
Arsénico	mg/L	0,0039	PE-AL-17 EPA 200.7 ICP-AES Rev. 4.4 1994
Cianuro total	mg/L	0,007	PE-AL-09 Standard Methods Ed.23.2017 4500 CN-E

**OBSERVACIONES:**

- Muestra transportada en refrigeración.
- La columna: Valor límite permisible, esta fuera del alcance de acreditación del SAE.
- Los ensayos marcados con (\*) están fuera del alcance de acreditación del SAE.

**NOTAS:**

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

**Anexo 11.** Resultado de los análisis de laboratorio de las muestras de lixiviados, después de haber sido filtrados a través de la ceniza de cascarilla de arroz.

**INFORME DE RESULTADOS No: L-033-19**

INFORMACIÓN DEL CLIENTE			
<b>NOMBRE CLIENTE:</b>	Ing. Jessica Duque	<b>ATENCIÓN A.</b>	Ing. Jessica Duque
<b>DIRECCIÓN:</b>	Puyo, Km 5 Vía a 10 de Agosto	<b>TELÉFONO:</b>	0984180651
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	Lixiviados	<b>PUNTO DE MUESTREO:</b>	Lixiviado filtrado Ceniza de cascarilla de arroz.
<b>CÓDIGO CLIENTE:</b>	L-3	<b>FECHA DE MUESTREO, RESPONSABLE:</b>	NA

**INFORMACIÓN DEL LABORATORIO**

<b>MUESTREO REALIZADO POR:</b>	LABCESTTA S.A	<b>NÚMERO DE MUESTRAS:</b>	01
<b>FECHA Y HORA DE MUESTREO:</b>	13/11/2019 12:30	<b>ANÁLISIS SOLICITADO:</b>	Físico – Químico Microbiológico
<b>FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:</b>	14/11/2019 19:00	<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b>	14/11/2019 - 02/12/2019
<b>FECHA DE EMISIÓN DE INFORME:</b>	02/12/2019	<b>CÓDIGO LABORATORIO:</b>	AL-L-033-19
<b>RESPONSABLE DEL MUESTREO:</b>	Jorge Lascano	<b>COORDENADAS:</b>	NA
<b>CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS</b>	T máx.:25,0 °C. T min.: 15,0 °C		

**RESULTADOS ANALÍTICOS**

ENSAYO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO/NORMA
Aceites y Grasa	mg/L	4,3	Standard Methods Ed.23.2017 5520 B
*Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	267	Standard Methods No 5210 B
*Demanda Química de oxígeno	mg/L	853	PE-AL-05 Standard Methods Ed.23.2017 5220D
Fenoles	mg/L	0,064	PE-AL-17 EPA 200.7 ICP-AES Rev. 4.4 1994
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	3687.12	Standard Methods Ed.23.2017 9222 B
*Nitrógeno total kjeldahl	mg/L	131.12	PE-AL-17 EPA 200.7 ICP-AES Rev. 4.4 1994
Tensoactivos aniónicos	mg/L	0,201	Standard Methods Ed.23.2017 5540 C
Potencial de Hidrogeno	mg/L	7,04	PE-AL-03 Standard Methods Ed.23.2017 4500 H+ B

*Sólidos Suspendidos totales	mg/L	182	Standard Methods Ed.23.2017 2540 D
*Sólidos Totales	mg/L	3256	Standard Methods Ed.23.2017 2540B
Mercurio	mg/L	0,0019	PE-AL-10 EPA 3015 A, Rev. 1 2007 EPA 245.1, Rev.3, 1994 EPA 7470 <sup>a</sup> , Rev.1, 1994
Plomo	mg/L	0,134	PE-AL-17 EPA 200.7 ICP-AES Rev. 4.4 1994
Fosforo total	mg/L	0.37	PE-AL-17 EPA 200.7 ICP-AES Rev. 4.4 1994
Arsénico	mg/L	0,0040	PE-AL-17 EPA 200.7 ICP-AES Rev. 4.4 1994
Cianuro total	mg/L	0,005	PE-AL-09 Standard Methods Ed.23.2017 4500 CN-E

**OBSERVACIONES:**

- Muestra transportada en refrigeración.
- La columna: Valor límite permisible, esta fuera del alcance de acreditación del SAE.
- Los ensayos marcados con (\*) están fuera del alcance de acreditación del SAE.

**NOTAS:**

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