

**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE:

Ingeniero Ambiental

TÍTULO DEL PROYECTO:

Caracterización Físico, Química de los Lixiviados evacuados de la Planta de Tratamiento del Relleno Sanitario del Cantón Joya de los Sachas (Provincia de Orellana).

AUTOR:

Williams Jasmany Moreira Verdesoto

DIRECTOR DEL PROYECTO:

Dra. Margarita Jara Arguello

Puyo-Ecuador

2019

Declaración de autoría y cesión de derechos

Yo, WILLIAMS JASMANY MOREIRA VERDESOTO, con C.I. N°: 220031533-7, declaro ser el autor principal del Proyecto de Investigación con tema: “CARACTERIZACIÓN FÍSICO, QUÍMICA DE LOS LIXIVIADOS EVACUADOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL RELLENO SANITARIO DEL CANTÓN JOYA DE LOS SACHAS (PROVINCIA DE ORELLANA)”, mismo que ha sido elaborado con el asesoramiento de la Dra. Margarita Jara Arguello.

Autorizo a la Universidad Estatal Amazónica hacer uso, con fines docentes e investigativos de los resultados obtenidos del mismo.

WILLIAMS JASMANY MOREIRA VERDESOTO

Certificación de culminación del Proyecto de Investigación

Por medio del presente Yo, MARGARITA JARA ARGUELLO con número de cédula 060314474-2 certifico, que el señor WILLIAMS JASMANY MOREIRA VERDESOTO, egresado de la Escuela de Ingeniería Ambiental de la Universidad Estatal Amazónica, realizó el Proyecto de Investigación titulado “CARACTERIZACIÓN FÍSICO, QUÍMICA DE LOS LIXIVIADOS EVACUADOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL RELLENO SANITARIO DEL CANTÓN JOYA DE LOS SACHAS (PROVINCIA DE ORELLANA)”, previo a la obtención del título de Ingeniero Ambiental bajo mi supervisión.

Dra. Margarita Jara Arguello

DIRECTORA DEL PROYECTO

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El proyecto de investigación y desarrollo, titulado “CARACTERIZACIÓN FÍSICO, QUÍMICA DE LOS LIXIVIADOS EVACUADOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL RELLENO SANITARIO DEL CANTÓN JOYA DE LOS SACHAS (PROVINCIA DE ORELLANA)” fue aprobado por los siguientes miembros del tribunal.

Para constancia firman:

Dr. Luis Bravo
Presidente del Tribunal

MSc. Billy Coronel
Miembro del tribunal

MSc. Jorge Bonilla
Miembro del tribunal

Agradecimientos

Al haber culminado mi carrera profesional agradezco a Dios por darme la salud, la fortaleza para superar cada ciclo a lo largo de mi carrera, por permitirme conocer a muchos docentes, compañeros y amigos que integraron parte del éxito alcanzado en el proceso de formación como profesional.

A mis padres, Rovert Willians Moreira Sanclemente y Nancy Silvana Verdesoto Olalla, por extenderme todo su apoyo (económico y moral), por enseñarme a valorar cada acción, cada consejo que plasmaron en mí, por siempre estar pendiente de mi salud y superación, por ser unas personas y padres ejemplares, por esa noble bondad al momento de extender una mano a los más necesitados, por eso y mucho más he puesto todo mi sacrificio para enorgulleclos y a la vez me siento muy orgulloso de ser hijo de ustedes mis queridos padres.

A mi tutora, docente y amiga Dra. Margarita Jara por su apoyo, tiempo y dedicación quién con su noble corazón nos ha ayudado a todos con sus conocimientos y experiencias, de esa manera me ha permitido culminar con éxito mi carrera profesional.

Al Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Joya de los Sachas y al personal que conforman el departamento de Medio Ambiente por la apertura para realización de mi investigación dentro del establecimiento.

Al Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Orellana por la favorable acogida a mi solicitud, misma que realizaba la petición para el uso del Laboratorio para la realización de los respectivos análisis.

Agradezco a mis compañeros y amigos de esta promoción que en este tiempo tuve la oportunidad de conocer, porque de cada uno de ellos he aprendido cosas nuevas, experiencias que nunca imagine conocer.

Dedicatoria

Dedico mi proyecto a mis padres han sido quienes me impulsaron y motivaron día a día a realizarlo con responsabilidad y cumplimiento, a mi tutora porque ha sido quien constantemente estuvo guiándome y exigiéndome a la realización de un excelente proyecto de investigación.

A todas la personas que depositaron su confianza en mí y han estado firmemente apoyándome durante todo este periodo de formación profesional.

Resumen

Los lixiviados componen la parte líquida que se filtra a través de los residuos sólidos, predispuestos en un vertedero y que elimina materiales disueltos o en suspensión. Estos, al mismo tiempo, se determinan en un conjunto de elementos entre los que se encuentran: la composición de los residuos sólidos, el tipo de operación del vertedero y las condiciones meteorológicas del lugar donde se encuentra ubicado el Relleno Sanitario.

El presente estudio se realizó con la finalidad de caracterizar los lixiviados que se generan producto de la degradación de los residuos en el Relleno Sanitario del Cantón Joya de los Sachas, evaluando el rendimiento de la Planta de Tratamiento en la remoción de los contaminantes y a su vez determinando si cumple con los estándares de la normativa de los Límites Máximos Permisibles (LMP), haciendo referencia con el AM 097A de los “Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce”.

Para el análisis se desarrolló un muestreo que consistió en la toma de nueve muestras en tres semanas, y los análisis se realizaron en el Laboratorio del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Orellana. Los puntos de muestreo fueron: 1. Entrada al Tanque Séptico; 2. Salida del Tanque Séptico; 3. Piscinas de Almacenamiento. El resultado de este estudio mostró altos valores de materia orgánica con valores excedentes a los LMP en varios parámetros analizados como son: Sólidos Totales 2317,01mg/L; SST 250 mg/L; DQO 497,24; DBO 223,76; Nitrógeno Total 182 mg/L; y Nitrato 248,05 mg/L. El sistema de la planta de tratamiento se encuentra en condiciones regulares con algunas deficiencias en las fases posteriores del tratamiento debido que no se lo maneja de manera correcta para la remoción de los contaminantes y su posterior descarga hacia el efluente del Río Sacha.

Palabras clave: Lixiviado, Residuos Sólidos, Relleno Sanitario, Tanque Séptico, Planta de Tratamiento

Abstract

Leachates make up the liquid part that is filtered through solid waste, predisposed in a landfill and that eliminates dissolved or suspended materials. These, at the same time, are determined in a set of elements among which are: the composition of the solid waste, the type of operation of the landfill and the meteorological conditions of the place where the Sanitary Landfill is located.

The present study was carried out with the purpose of characterizing the leachates that are generated as a result of the degradation of the waste in the Sanitary Landfill of the Canton Joya de los Sachas, evaluating the performance of the Treatment Plant in the removal of contaminants and in turn determining if it complies with the standards of the Maximum Permissible Limits (LMP) regulations, making reference with the AM 097A of the "Limits of discharge to a body of fresh water".

For the analysis, a sampling was developed consisting of the taking of nine samples in three weeks, and the analyzes were carried out in the Laboratory of the Autonomous Decentralized Government of Orellana. The sampling points were: 1. Entrance to the Septic Tank; 2. Septic tank outlet; 3. Storage Pools. The result of this study showed high values of organic matter with surplus values to the LMP in several parameters analyzed such as: Total Solids 2317.01mg / L; SST 250 mg / L; COD 497.24; BOD 223.76; Total Nitrogen 182 mg / L; and Nitrate 248.05 mg / L. The treatment plant system is in regular conditions with some deficiencies in the later phases of the treatment because it is not handled correctly for the removal of contaminants and their subsequent discharge into the Sacha River effluent.

Keywords: Leachate, Solid Waste, Sanitary Landfill, Septic Tank, Treatment Plant

ÍNDICE

CAPÍTULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN:	2
1.3 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:	3
1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.5 OBJETIVOS	3
1.5.1 Objetivo General:.....	3
1.5.2 Objetivos Específicos:	3
CAPÍTULO II	5
2. ANTECEDENTES	5
2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA:	5
2.1.1 Relleno Sanitario.....	5
2.1.2 Residuos Sólidos Urbanos	6
2.1.3 Clasificación de los Residuos Sólidos.	6
2.1.4 Generación de Residuos Sólidos Urbanos en Ecuador	7
2.1.5 Lixiviados.....	8
2.1.6 Generación de Lixiviados	8
2.1.7 Calidad de los Lixiviados.....	9
2.1.8 Cantidad de los Lixiviados	9
2.1.9 Caracterización de Lixiviados	10
2.1.9.1 Oxígeno disuelto (OD).....	10
2.1.9.2 Potencial de Hidrógeno (pH)	10
2.1.9.3 Temperatura	10
2.1.9.4 Turbiedad.....	10
2.1.9.5 Conductividad.....	11
2.1.9.6 Sólidos Suspendidos Totales (SST)	11

2.1.9.7 Sólidos Disueltos Totales (SDT)	11
2.1.9.8 Sólidos Totales (ST).....	11
2.1.9.9 Demanda Química de Oxígeno (DQO)	12
La DQO es la cantidad de oxígeno consumido por las materias existentes en el agua, que son oxidables en condiciones operatorias definidas. La medida corresponde a una estimación de las materias oxidables presentes en el agua, ya sea su origen orgánico o inorgánico.....	
2.1.9.10 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	12
2.1.9.11 Fósforo Total.....	12
2.1.9.12 Nitrógeno Total.....	12
2.1.9.13 Cadmio	12
2.1.9.14 Nitrato	12
2.1.9.15 Plomo	13
2.1.10 Tratamiento de Lixiviados	13
2.1.10.1Características de los lixiviados	13
2.1.11 Tratamiento biológico	14
2.1.11.1 Procesos Anaerobios	14
2.1.11.2 Procesos Aerobios	14
2.1.11.3 Sistemas Naturales	15
2.2 TEORÍA DE LAS ALTERNATIVAS DE MEJORAMIENTO	15
2.2.1 1era. Alternativa: Tanque Imhoff	15
2.2.2 2da Alternativa: Reactor UASB	15
2.3 MARCO LEGAL.....	16
Acuerdo Ministerial N° 097 –A-Reforma del Libro VI del TULSMA.....	17
CAPÍTULO III	18
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	18
3.1 Línea Base.....	18
3.1.1 Localización	18

3.1.2 Hidrología	19
3.1.3 Condiciones Climáticas.....	19
3.1.4 Temperatura	19
3.1.5 Precipitación	19
3.1.6 Geomorfología	20
3.1.7 Uso de suelo.....	20
3.2 Características Demográficas	20
3.2.1 Eliminación de la basura de la población del Cantón Joya de los Sachas ...	21
3.3 Proyección de la Población del Cantón para el año 2018.....	23
3.4 Identificación del Relleno Sanitario	23
3.4.1 Generación.....	23
3.5 Separación y almacenamiento de desechos de otras fuentes.....	24
3.5.1 Hotelería.....	24
3.5.2 Unidades Educativas.....	24
3.5.3 El Camal	24
3.5.4 Residuos Biopeligrosos	25
3.5.5 Barrido	26
3.6 Recolección y Transporte.....	26
3.6.1 Recolección	26
3.6.2 Ruta de recolección de residuos mixtos	28
3.6.3 Ruta de recolección de residuos orgánicos	29
3.6.4 Ruta de recolección de residuos inorgánicos	29
3.6.5 Transporte	29
3.6.6 Tiempos y movimientos	29
3.6.7 Ruta 02-03, recolector HINO	30
3.6.8 Reciclaje	30
3.6.9 Tratamiento	31

3.6.10 Metodología	31
3.6.11 Instalaciones	32
3.6.12 Preparación de las Camas de Bokashi	33
3.6.13 Manejo de las Camas	33
3.6.14 Cosecha	34
3.6.15 Comercialización.....	34
3.6.16 Equipo de Protección para la elaboración de bocashi	34
3.7 Disposición Final	34
3.7.1 Celdas	35
3.7.2 Drenaje de gases	35
3.7.3 Manejo de los líquidos lixiviados	35
3.7.4 Maquinaria	36
3.8 Tipo de Investigación:.....	36
3.9 Método de Investigación.....	37
3.10 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	37
3.10.1 Objetivo 1 Determinar las características fisicoquímicas de los lixiviados evacuados de la planta de Tratamiento del Relleno Sanitario.....	37
3.10.1.1Muestreo.....	37
3.10.2 Método de Muestreo.....	38
3.10.2.1 Muestra puntual	38
3.10.2.2 Cronograma de Muestreo.....	38
3.10.2.3 Materiales.....	39
3.10.2.4 Etiquetado	40
3.10.2.5 Parámetros Físicos y Químicos	40
3.10.2.6 Conservación y Almacenamiento.....	41
3.11 Determinación de Análisis Físicos y Químicos	42
3.12 Objetivo 2 Diagnosticar del funcionamiento de la planta de tratamiento de lixiviados.	55

3.12.2 Método volumétrico	55
3.13 Objetivo 3 Verificar el cumplimiento de la normativa vigente sobre los límites de descarga hacia un cuerpo receptor de agua dulce establecida en el Acuerdo Ministerial 097 A.....	56
3.14 Objetivo 4 Establecer alternativas de mejoramiento para la remoción de los contaminantes presentes en de la Planta de Tratamiento de Lixiviados.	56
CAPÍTULO IV.....	57
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	57
4.1 Objetivo 1: Determinar las características fisicoquímicas de los lixiviados evacuados de la planta de Tratamiento del Relleno Sanitario.....	57
4.1.1 Oxígeno Disuelto.....	57
4.1.2 Potencial de Hidrógeno (pH)	58
4.1.3 Conductividad.....	59
4.1.4 Temperatura	60
4.1.5 Turbiedad.....	61
4.1.6 Sólidos Suspendedos Totales	62
4.1.7 Sólidos Totales	64
4.1.8 Sólidos Disueltos Totales.....	65
4.1.9 Demanda Química de Oxígeno.....	66
4.1.10 Demanda Bioquímica de Oxígeno.....	67
4.1.11 Nitrógeno Total.....	69
4.1.12 Fósforo Total.....	70
4.1.13 Nitrato	71
4.1.14 Cadmio	73
4.1.15 Plomo (Pb).....	73
4.2 Objetivo 2: Diagnosticar el funcionamiento de la planta de tratamiento de lixiviados.	74
4.2.1 Avances técnicos del Relleno Sanitario	74

4.2.2 Tanque Séptico	75
4.2.3 Piscinas de Almacenamiento	77
.....	77
.....	77
4.3 Objetivo 3: Verificar el cumplimiento de la normativa vigente sobre los límites de descarga hacia un cuerpo receptor de agua dulce establecida en el Acuerdo Ministerial 097 A.....	78
4.4 Objetivo 4: Establecer alternativas de mejoramiento para la remoción de los contaminantes presentes en de la Planta de Tratamiento de Lixiviados.	82
CAPÍTULO V	85
5. CONCLUSIONES RECOMENDACIONES.....	85
5.1 Conclusiones:	85
5.2 Recomendaciones:	86
CAPÍTULO VI.....	87
6. BIBLIOGRAFÍA.....	87
CAPÍTULO VII	91
7. ANEXOS	91
.....	93
.....	93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Producción per-cápita de residuos sólidos urbanos a nivel regional.....	7
Tabla 2: Límites máximos permisibles a un cuerpo de agua dulce (tabla 9).....	17
Tabla 3: Población del Cantón Joya de los Sachas.....	20
Tabla 4: Rutas y horarios de recolección de los desechos en el Cantón	26
Tabla 5: Instalaciones y herramientas utilizadas en la planta.....	32
Tabla 6: Puntos geográficos de la zona de muestreo	37
Tabla 7: Cronograma de Muestreo para análisis Físicos y Químicos	39

Tabla 8: Materiales utilizados en el Muestreo	39
Tabla 9: Etiqueta para las muestras	40
Tabla 10: Métodos para parámetros Físicos y Químicos	40
Tabla 11: Métodos para parámetros Químicos.....	41
Tabla 12: Conservación y Almacenamiento de las muestras	41
Tabla 13: Resultados para el parámetro Oxígeno Disuelto	57
Tabla 14: Resultados para el parámetro Potencial de Hidrógeno.....	58
Tabla 15: Resultados para el parámetro Conductividad.....	59
Tabla 16: Resultados para el parámetro Temperatura	61
Tabla 17: Resultados para el parámetro Turbiedad	62
Tabla 18: Resultados para el parámetro Sólidos Suspendidos Totales	63
Tabla 19: Resultados para el parámetro Sólidos Totales.....	64
Tabla 20: Resultados para el parámetro Sólidos Disueltos Totales.....	65
Tabla 21: Resultados para el parámetro Demanda Química de Oxígeno.....	67
Tabla 22: Resultados para el parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno	68
Tabla 23: Resultados para el parámetro Nitrógeno Total.....	69
Tabla 24: Resultados para el parámetro Fósforo Total.....	70
Tabla 25: Resultados para el parámetro Nitrato	71
Tabla 26: Resultados para el parámetro Cadmio	73
Tabla 27: Resultados para el parámetro Plomo (Pb)	73
Tabla 28: Caudal y Coordenadas de los puntos de muestreo.	75
Tabla 29: Cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles para la semana 1.....	78
Tabla 30: Cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles para la semana 2.....	79
Tabla 31: Cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles para la semana 3.....	81

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1: Transformación de los Residuos Orgánicos	13
Gráfica 2: Distribución de la población del Cantón Joya de los Sachas	21
Gráfica 3: Distribución de frecuencia para Oxígeno Disuelto	57
Gráfica 4: Distribución de frecuencias para Potencial Hidrógeno	59
Gráfica 5: Distribución de frecuencias para la Conductividad.....	60
Gráfica 6: Distribución de frecuencias para la Temperatura	61
Gráfica 7: Distribución de frecuencias para la Turbiedad	62

Gráfica 8. Distribución de frecuencia para Sólidos Suspendidos Totales	63
Gráfica 9: Distribución de frecuencias para Sólidos Totales	64
Gráfica 10: Distribución de frecuencias para Sólidos Disueltos Totales	66
Gráfica 11: Distribución de frecuencias para Demanda Química de Oxígeno.....	67
Gráfica 12: Distribución de frecuencias para Demanda Bioquímica de Oxígeno.....	68
Gráfica 13: Distribución de frecuencias para Nitrógeno Total.....	69
Gráfica 14: Distribución de frecuencias para Fósforo Total	71
Gráfica 15: Distribución de frecuencias para Nitrato	72
Gráfica 18: Parámetros establecidos en la tabla 9 AM 097A Semana 1	78
Gráfica 19: Parámetros establecidos en la tabla 9 AM097 A semana 2.....	80
Gráfica 20: Parámetros establecidos en la tabla 9 AM097 A semana 3.....	81
Gráfica 21: Primera Alternativa Tanque Imhoff	82
Gráfica 22: 2da Alternativa Reactor UASB	83

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1: Ubicación Geográfica del Relleno Sanitario	18
Mapa 2: Área de muestreo.....	38
Mapa 3: Ubicación de los puntos de muestreo en el RS Joya de los Sachas.....	75

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1: Recipientes para la clasificación de los desechos.	24
Fotografía 2: Recipientes de almacenamiento de los desechos del camal	25
Fotografía 3: Almacenamiento temporal de los desechos del subcentro de salud	25
Fotografía 4: Vehículo recolector.....	28
Fotografía 5: Persona que realiza el reciclaje de Cartón	31
Fotografía 6: Instalaciones de la planta procesadora.....	33
Fotografía 7: Disposición final en celdas	35
Fotografía 8: Planta de Tratamiento de lixiviados.....	36
Fotografía 9: Planta de tratamiento Tanque Séptico	76
Fotografía 10: Entrada a la planta de tratamiento Tanque Séptico.....	76
Fotografía 11: Cámara de salida del Tanque Séptico	77
Fotografía 12: Piscinas de Almacenamiento	77

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Marco Legal.....	93
Anexo 2: Toma de muestra en la Entrada al Tanque Séptico.....	93
Anexo 3: Equipo multiparamétrico HANNA HI98194.....	93
Anexo 4: Toma de muestra en las Piscinas de Almacenamiento	94
Anexo 5: Toma de muestra a la salida del Tanque Séptico.....	94
Anexo 6 Anexo 6: Medición de OD y Temperatura "in-situ" (Equipo multiparamétrico). 94	
Anexo 7: Medición de OD y Temperatura "in-situ" (Equipo multiparamétrico).	94
Anexo 8: Análisis de metales mediante Absorción Atómica	94
Anexo 9: Medición de OD y Temperatura "in-situ" (Equipo multiparamétrico).	94
Anexo 10: Muestras recolectadas y etiquetadas	94
Anexo 11: Medición de OD y Temperatura "in-situ" (Equipo multiparamétrico).	94

ABREVIATURAS EMPLEADAS

MAE	Ministerio del Ambiente
AME	Asociación de Municipalidades del Ecuador
GADPO	Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Orellana
OMS	Organización Mundial de la Salud
OPS	Organización Panamericana de la Salud
COA	Código Orgánico Ambiental
TULSMA	Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente
PTL	Planta de Tratamiento de Lixiviados
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DQO	Demanda Química de Oxígeno
COOTAD	Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y
Descentralización	

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial se generan gran cantidad de residuos debido al aumento de la población y de los nuevos avances tecnológicos, desarrollando nuevos hábitos de consumo a la población y ocasionando un desequilibrio en el planeta. A inicios de la década del siglo XX la generación de residuos se ha vuelto un gran problema tanto en los países subdesarrollados como las que se encuentran en vía de desarrollo (Arrechea Pellón Alexis, Lopez Torres Matilde, Espinosa Llorens Maria del Carmen, & Gonzales Diaz Orestes, 2015).

El mal manejo de los residuos sólidos desde la fuente trae consigo efectos ambientales como la contaminación de las aguas superficiales, destrucción de la capa de ozono, proliferación de enfermedades ya que en los vertederos se tienden a mezclar los residuos sólidos urbanos con residuos industriales ocasionando una contaminación química especialmente para el recurso hídrico y el suelo (Gómez Hector et al., 2015).

En el siglo XXI los rellenos sanitarios, han venido evolucionando desde tiraderos a cielo abierto, hasta rellenos con tecnología avanzada donde se controlan las emisiones (líquidas y gaseosas) potencialmente peligrosas para el ambiente. Por tanto, en los tiraderos a cielo abierto, como en los primeros rellenos sanitarios no se controlaban las emisiones líquidas (llamadas lixiviados) y estos se escurrían a fuentes superficiales de agua, o bien, se infiltraban a las capas inferiores del terreno y en muchos casos contaminaban los acuíferos. En la actualidad existen diversas investigaciones donde se reportan ejemplos de impactos a acuíferos ocasionados por rellenos sanitarios. Este hecho ha propiciado la generación de normatividades y legislaciones nacionales y/o regionales encaminadas a proteger los cuerpos de agua de contaminantes provenientes de rellenos sanitarios o en general de sitios de disposición final de residuos sólidos (Gábor & Guillermo, 2006).

Según el (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2010) en el País se desarrolló el Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos en donde se plantea que a nivel nacional la población genera aproximadamente 10.345 toneladas diarias de residuo, es decir, un aproximado de 4'149.512 Tm/año. Hasta el año 2010 de los "221 municipios" existentes en el país, 160 disponían sus residuos sólidos a cielo abierto, los restantes depositaban sus residuos en rellenos sanitarios, los cuales no poseen la infraestructura requerida ni los

criterios técnicos, ocasionando impactos tanto para el medio ambiente como para la salud de la localidad.

Para el año 2016 mediante un modelo de gestión de residuos sólidos establecido por el AME (Asociación de Municipalidades del Ecuador), el 72,9%, correspondiente a 161 GAD Municipales, gestionaron sus residuos sólidos a través de unidades, departamentos o direcciones del GAD, el 6,3%, correspondiente a 14 GAD Municipales, lo realizaron como empresa municipal y el 20,8%, correspondiente a 46 GAD Municipales, gestionaron los residuos sólidos como mancomunidad (INEC-AME, 2016).

1.2 JUSTIFICACIÓN:

El presente trabajo de investigación tiene como objeto analizar las características físicas y químicas “ex-situ” e “in-situ” de los Lixiviados evacuados de la Planta de Tratamiento del Relleno Sanitario del Cantón Joya de los Sachas, los resultados de los análisis serán comparados haciendo referencia a la Normativa vigente, acuerdo ministerial 097A en acción a las descargas hacia los cuerpos de agua dulce.

Si se hace referencia a los datos estadísticos a nivel de la provincia sobre el manejo de los desechos Municipales, se determinó así una deficiencia del 100% en procesos de separación en la fuente, lo que produce una generación per cápita de 0,7 kg/hab/día y un total 107,5 Tn/día de residuos sólidos municipales, mismos que presentan una disposición final del 75% en Botaderos y el 25% en Rellenos Sanitarios (INEC., AME, 2016).

El Cantón Joya de los Sachas posee un Relleno Sanitario (RS) con una un área de $40000m^2$ donde se realiza la disposición final de los desechos orgánicos e inorgánicos generados por la población. Entre las principales actividades económicas aledañas al RS se encuentran fincas agrícolas las cuales generan alta cantidad de residuos, especialmente materia orgánica, desarrollando mayor cantidad de lixiviados (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Joya de los Sachas, 2012).

La investigación tiene varios beneficios, entre ellos: la mitigación de la contaminación en la Comunidad del Cantón y el Medio Ambiente que lo rodea; mediante los análisis realizados se logrará plantear el tipo de tratamiento necesario para los lixiviados y su tipo de contaminante, así se conllevará a la prevención de contaminación de las fuentes de agua subterráneas mediante la filtración de estos líquidos que a su vez desembocan a un cuerpo de agua dulce el cual actúa como suministro del líquido vital para muchas familias que habitan en los alrededores de estas cuencas.

1.3 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:

El servicio de aseo urbano de la Joya de los Sachas presenta varias deficiencias en los aspectos técnico - operativo de este servicio, debido a que la separación de residuos orgánicos e inorgánicos, por parte de la ciudadanía tanto a nivel domiciliario como comercial, así como la estandarización y mantenimiento de los recipientes por parte de la ciudadanía es deficiente. El uso de contenedores en la vía pública es incorrecto, convirtiéndose en vertederos sucios con problemas de olores y proliferación de vectores. Así mismo el manejo de residuos sólidos dentro de los centros de educación es inadecuado, pues su elevada generación y su mal manejo ponen en peligro la salud de los educandos.

El relleno sanitario es el método practicado en la Joya de los Sachas, aunque calificado como tal no cumple con todos los requerimientos de operación y mantenimiento, existe deficiencia en controlar que se cubran diariamente los residuos, no se mantiene en el relleno el manual de operación y mantenimiento, no se ha verificado el correcto funcionamiento del sistema de evacuación de lixiviados en forma periódica (por lo menos cada dos años) para realizar la limpieza de tuberías y pozos de revisión para evitar obstrucciones, no se ha realizado la limpieza del lodo depositado en el tanque séptico, que posterior a su secado se dispondrá en el relleno sanitario (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Joya de los Sachas, 2012).

1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es la efectividad de la Planta de Tratamiento de los lixiviados generados en el Relleno Sanitario del Cantón Joya de los Sachas?

La Planta de tratamiento de lixiviados requiere de previos mantenimientos para mejorar su efectividad en la remoción de los contaminantes existentes, antes de su eliminación al Río Sacha Quinchiyacu.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo General:

Determinar las características fisicoquímicas de los lixiviados evacuados de la planta de Tratamiento del Relleno Sanitario del Cantón Joya de los Sachas. (Provincia de Orellana).

1.5.2 Objetivos Específicos:

- Diagnosticar el funcionamiento de la planta de tratamiento de lixiviados.

- Verificar el cumplimiento de la normativa vigente sobre los límites de descarga hacia un cuerpo receptor de agua dulce establecida en el Acuerdo Ministerial 097 A.
- Establecer alternativas de mejoramiento para la remoción de los contaminantes presentes en de la Planta de Tratamiento de Lixiviados.

CAPÍTULO II

2. ANTECEDENTES

De acuerdo a datos del Ministerio de ambiente, el 72% de los municipios en el país dispone los desechos sólidos en botaderos a cielo abierto, quebradas y orillas de cuerpos de agua, y tan solo el 28% dispone sus desechos en rellenos sanitarios manuales, mecanizados y mancomunados que no ofrecen del todo un manejo sustentable y una gestión integral, teniendo tan solo el 12% de municipios la Licencia Ambiental otorgada por la Autoridad Ambiental Competente.

Según datos del Consorcio de Municipios Amazónicos y Galápagos se generan aproximadamente 437 ton/día de desechos en la región amazónica del país (RAE), tanto en área urbana como en área rural y estos no son técnicamente tratados ni dispuestos, con una producción per cápita regional de 0,6 kg/hab/día. Son las provincias de Sucumbíos y Orellana las de mayor generación de residuos, con aproximadamente el 44,82%, 109,1ton/día y 86,8 ton/día respectivamente (INEC-AME, 2016).

En este marco, el Programa Nacional para la Gestión Integral y Sostenible de Desechos Sólidos en el Ecuador – GIDS del Ministerio de Ambiente, si bien el Municipio de la Joya de los Sachas ha sido reconocido por diferentes logros en el área, se busca la optimización del servicio y se requiere la ubicación y diseño de un relleno sanitario con capacidad a largo plazo, por lo que en fecha 12 de octubre de 2012 se llama a Concurso Público para realizar los ESTUDIO Y DISEÑOS DEFINITIVOS PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE DESECHOS SÓLIDOS URBANOS DEL MUNICIPIO DE LA JOYA DE LOS SACHAS DE LA PROVINCIA DE ORELLANA (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Joya de los Sachas, 2012).

2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA:

2.1.1 Relleno Sanitario

El relleno sanitario, de acuerdo con la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (ASCE), es una “técnica para la disposición de la basura en el suelo sin causar perjuicio al medio ambiente y sin causar molestia o peligro para la salud y seguridad pública. Este método utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en el menor área posible, reduciendo

su volumen al mínimo practicable, y cubriendo la basura allí depositada con una capa de tierra con una frecuencia necesaria al fin de cada jornada” (Meléndez, 2004).

Básicamente consta de celdas previamente impermeabilizadas donde una vez depositados, compactados y nivelados los residuos sólidos, estos son recubiertos con tierra u otro material. El manejo de los subproductos de la descomposición de los residuos es realizado en instalaciones cercanas al relleno. Estos subproductos en su mayoría corresponden a líquidos percolados, comúnmente denominados lixiviados, y el biogás, producto de la descomposición anaerobia de los residuos. En el caso de los lixiviados estos son recolectados en fondo de la celda y enviado a lagunas donde son tratados, o recirculados al interior del relleno.

Los rellenos sanitarios, se han venido transformando desde tiraderos a cielo abierto, hasta rellenos altamente tecnificados donde se controlan las emisiones (líquidas y gaseosas) potencialmente peligrosas para el ambiente. Tanto en los tiraderos a cielo abierto, como en los primeros rellenos sanitarios no se controlaban las emisiones líquidas (llamadas lixiviados) y éstos escurrían a fuentes superficiales de agua, o bien, se infiltraban a las capas inferiores del terreno y en muchos casos contaminaban los acuíferos (Méndez et.al, 2004).

2.1.2 Residuos Sólidos Urbanos

Los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) son los que se originan en la actividad doméstica y comercial en ciudades y pueblos. En los países Subdesarrollados son en los que cada vez se generan más envases y papel, al igual que mantienen la cultura de "usar y tirar", misma que se ha optado para todo tipo de bienes de consumo; las cantidades de basura que se generan han ido creciendo hasta llegar a cifras muy altas (Pinilla, 2015).

2.1.3 Clasificación de los Residuos Sólidos.

Los residuos sólidos urbanos se pueden clasificar de diversas formas y criterios, en dependencia de la importancia que revisten, la utilidad, la peligrosidad, su fuente de producción, las posibilidades de tratamiento, los tipos de materiales, entre otros. Para una mejor comprensión de su importancia en el manejo de la clasificación de los residuos, se hace necesario integrar los distintos criterios de clasificación (Flores, 2013).

Los residuos sólidos están compuestos principalmente de: parte orgánica (65%), el conjunto del plástico, vidrio, papel, cartón, metales, (24 %), el caucho, textiles, escombros, patógenos y peligrosos, el 11% restante. De esta composición se infiere que nacionalmente el porcentaje reciclable es del 25%, cifra que difiere significativamente de las que se citan por

la OPS en el Estudio sobre el Sector para América Latina. En la misma que se deduce que la composición está dada de la siguiente forma; cartón y papel (18%), metal (1%), vidrio (4%), textiles (3%), plásticos (14%), orgánicos (52%) y otros-inertes (5%) (Rivera, 2009).

2.1.4 Generación de Residuos Sólidos Urbanos en Ecuador

Según el (INEC-AME, 2016) los ecuatorianos en el sector urbano producen un promedio de 0,58 kilogramos de residuos sólidos por día. A continuación, en la presente tabla se da a conocer la producción per-cápita por cada región del Ecuador para el año 2016.

Tabla 1: Producción per-cápita de residuos sólidos urbanos a nivel regional

Región	Producción per-cápita	Unidad
Costa	0,61	Kg/hab/día
Sierra	0,56	Kg/hab/día
Amazonia	0,57	Kg/hab/día
Insular	0,73	Kg/hab/día

Fuente: INEC-AME 2016

Elaboración: Williams Moreira

En el Ecuador se recolectaron, durante el 2016, 12.897,98 toneladas diarias de residuos sólidos. Siendo la Costa, la región que mayor recolección registró con 7960,0, seguidamente de la Sierra con 4467,5, Amazonia 440,9 y finalmente la región insular con 29,6 toneladas diarias, El 90,3% fueron recolectados de forma diferenciada y el 9,7% de manera diferenciada (INEC-AME, 2016).

En el año 2014 el 39% de los municipios disponían los residuos sólidos en rellenos sanitarios 26% en botaderos controlados, el 23% en botaderos a cielo abierto y el 12% en celdas emergentes (INEC, 2014). Pero para el año 2016 la gestión de los residuos sólidos presenta cambios significativos ahora 85 GAD municipales disponen los residuos en rellenos sanitarios, 110 botaderos y 26 celdas emergentes y así cumpliendo con lo que establece el Acuerdo Ministerial N° 031 obligando a los GAD municipales a cerrar sus botaderos e implementar rellenos sanitarios para la disposición final de los residuos sólidos municipales (INEC-AME, 2016).

Según los datos recolectados, el 48,9 % de los GAD municipales no dan tratamiento alguno a los desechos peligrosos generados en los establecimientos de salud. El resto de municipios los disponen en celdas especiales o los tratan mediante autoclave e incineración. los municipios subsidian el 56,0 % del costo de prestación de servicio de la Gestión Integral de los Residuos Sólidos (INEC-AME, 2016).

2.1.5 Lixiviados

Son los líquidos resultantes de la descomposición de los residuos sólidos, en su mayoría de la materia orgánica, dependiendo de varios factores como son la humedad, precipitación, y el grado de compactación, el cual influye en la contaminación ambiental. Generalmente los lixiviados presentan concentraciones de materia orgánica, metales pesados, nitrógeno, entre otros componentes, de acuerdo al tipo de residuo que se deposite en el relleno, que sin un adecuado tratamiento perjudican al medio ambiente (Barradas, 2009). Los lixiviados generan compuestos orgánicos volátiles los cuales puede provocar alteraciones al sistema nervioso del ser humano (Jerez, 2013).

Según (R. Méndez et al., 2002) los lixiviados en el relleno arrastran a su paso material disuelto, en suspensión, fijo o volátil, lo que provoca que tengan elevadas cargas orgánicas y un color que varía desde café-pardo-grisáceo cuando están frescos hasta un color negro viscoso cuando envejecen, además, en los rellenos se reportan concentraciones tan elevadas como 60,000 mg/l de DQO. Los lixiviados también poseen elevadas concentraciones de sales inorgánicas y de metales pesados. Varios estudios indican que el carbono orgánico en forma coloidal tiene el potencial de adsorber altas concentraciones de metales en su superficie, por lo que actúan como transporte de metales traza en los lixiviados.

2.1.6 Generación de Lixiviados

Según (Martinez-Lopez et al., 2014) el incremento acelerado de la población ha provocado la generación excesiva de los desperdicios, transformándose estos en un fuerte problema a nivel regional y mundial. Como se puede distinguir, la combinación de los residuos genera una mezcla entre componentes orgánicos e inorgánicos, la cual se denomina lixiviados.

Desde el punto vista físico (Droppelmann & Oettinger, 2009) se manifiesta que los lixiviados se generan a partir del agua que traen los residuos, como producto de la percolación del agua de lluvia a través del relleno y por los procesos bioquímicos al interior de las células. Las características químicas de los lixiviados varían de manera significativa en función de

numerosos factores como son: el clima, la edad del relleno, la composición de la basura y la geología del terreno (Gábor & Guillermo, 2006).

Este líquido presenta un aspecto negro, olor penetrante y en zonas de estancamiento presenta espuma. La composición del líquido depende mayormente de los tipos de residuos que se encuentren depositados en el relleno, la edad del mismo; la mayor parte de los rellenos coinciden en una alta carga orgánica, en este caso demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de Oxígeno (DBO5), coliformes fecales, siendo el principal factor contaminante (Tchobanoglous et al, 1994).

2.1.7 Calidad de los Lixiviados

(Tchobanoglous et al., 1994) manifiestan que la calidad de los lixiviados depende de varios factores, como el tipo de funcionamiento del relleno sanitario, así como el estado del país, por ejemplo, en un país que se encuentra en vías de desarrollo los lixiviados poseen más componentes relacionados a la descomposición de la materia orgánica, por otro lado (Espinoza et al., 2010) en los países desarrollados o subdesarrollados presentan concentraciones de metales pesados, e hidrocarburos, es decir, contaminantes más tóxicos para el medio ambiente debido a la gran cantidad de industrias.

Para determinar la calidad del lixiviado otro componente a tomar en consideración es la edad del lixiviado, ya que según (Noeggerath & Mayra Alejandra Salinas, 2011) en su tesis de análisis comparativo de tecnologías para el tratamiento de lixiviados en rellenos sanitarios manifiestan que un lixiviado joven es más contaminante que el lixiviado viejo. El lixiviado joven es el que constantemente está ingresando al lecho o humedal, mientras que el lixiviado maduro es el que permanece latente por dos años aproximadamente y el lixiviado viejo cuando ya ha sobrepasado los cinco años (Durán, Ramírez, & Durán, 2014).

2.1.8 Cantidad de los Lixiviados

La cantidad de lixiviado va depender de tres variables: área rellenada, cantidad de infiltración y sistema de drenaje e impermeabilización del relleno. Al aumentar el área rellenada, aumenta paralelamente la cantidad de lixiviados. La cantidad de infiltración depende de numerosas variables como: la operación que se le dé al relleno, como la desviación de aguas de escorrentía, la cantidad de precipitación directa que se tenga en la zona, y la presencia de infiltraciones subterráneas. Por último, los sistemas de drenaje e impermeabilización son importantes porque son los que permiten que los lixiviados no contaminen los suelos y las

aguas subterráneas, y el lixiviado que se produce se pueda recolectar para ser adecuadamente tratado (Noeggerath & Mayra Alejandra Salinas, 2011).

2.1.9 Caracterización de Lixiviados

Estas características se componen por diferentes medidas básicas tanto físicas como al igual químicas: Oxígeno Disuelto (OD), Potencial de Hidrógeno (pH), Temperatura, Turbiedad, Conductividad, Sólidos Suspendidos Totales (SST), Sólidos Disueltos Totales (SDT), Sólidos Totales (ST), DQO, DBO, Fósforo Total, Nitrógeno Total, Cadmio, Nitrato, Plomo.

2.1.9.1 Oxígeno disuelto (OD)

La insuficiencia del oxígeno da lugar a que se generen procesos ineficientes generándose así productos intermedios con olores desagradables y reacciones incompletas. Así mismo un exceso de oxígeno da lugar a una alta pérdida de energía, dado que estos procesos de aireación representan hasta un 70% de los costos energéticos de una planta de tratamiento, por ello es importante monitorear y controlar con precisión el oxígeno para un óptimo funcionamiento de la planta (Hach, 2009).

2.1.9.2 Potencial de Hidrógeno (pH)

Las aguas utilizadas para el consumo humano que normalmente son de una vertiente presentan un pH entre 6 y 8, caso contrario para las aguas residuales o lixiviados que presentan pH muy ácido o muy básico lo que desencadena problemas de corrosión (Lapeña, 1999).

2.1.9.3 Temperatura

El factor Temperatura es muy importante para los diferentes procesos de tratamiento y análisis de laboratorio, a causa de que el oxígeno disuelto y la actividad se relacionan con la temperatura (Medina, 2014).

2.1.9.4 Turbiedad

Es el resultado de la presencia de partículas sólidas que se encuentran en suspensión lo cual impide el reflejo de la luz como se evidencia en las aguas claras. Para un lixiviado la turbidez refleja el grado de contaminación que este pueda tener, mas no del tipo de contaminante que estén presentes (Lapeña, 1999).

2.1.9.5 Conductividad

Es la propiedad que presentan las soluciones para conducir el flujo de la corriente eléctrica y depende de la presencia de iones, su concentración y la temperatura de medición.

La conductancia de una solución es el recíproco de su resistencia y se expresa en unidades mhos (recíproco de ohms).

La mayoría de los ácidos, bases y sales inorgánicos son mejores conductores de la electricidad, que las moléculas de compuestos orgánicos que no se disocian en soluciones acuosas y por lo tanto conducen muy poco la corriente.

La conductancia específica (K_s) de una solución es la conductancia de un centímetro cúbico de solución entre dos electrodos de 1 cm^2 de área, separados un cm y tiene como unidades mhos/cm en el sistema internacional de unidades (SI) se acostumbra reportarlo en micro mhos/cm.

2.1.9.6 Sólidos Suspendidos Totales (SST)

Son partículas pequeñas que poseen cargas eléctricas que les permiten tener afinidad por las moléculas de agua. El proceso de eliminación de estas partículas resulta difícil por lo cual se necesita la utilización de coagulantes y floculantes con el fin de separarlos mediante filtración (López, 2011).

2.1.9.7 Sólidos Disueltos Totales (SDT)

Los SDT comprenden las sales inorgánicas (principalmente de calcio, magnesio, potasio y sodio, bicarbonatos, cloruros y sulfatos) y cantidades pequeñas de materia orgánica que se encuentran disueltas en el agua. Las concentraciones de SDT en el agua varían considerablemente de unas zonas geológicas a otras (OMS, 2003).

2.1.9.8 Sólidos Totales (ST)

Los sólidos totales generan un aumento en la turbidez del agua y afectan en su calidad, son una representación del total de los sólidos disueltos y suspendidos. En el caso de los lixiviados representa la mitad a origen orgánico y la otra mitad a sólidos inorgánicos (López, 2011).

2.1.9.9 Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La DQO es la cantidad de oxígeno consumido por las materias existentes en el agua, que son oxidables en condiciones operatorias definidas. La medida corresponde a una estimación de las materias oxidables presentes en el agua, ya sea su origen orgánico o inorgánico.

2.1.9.10 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

Es uno de los parámetros más utilizados para la caracterización de aguas residuales y superficiales, consiste en medir la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos en el proceso de eliminación de la materia orgánica de las aguas residuales, así mismo hace referencia al oxígeno consumido en cinco días a una temperatura de 20°C. El método de eliminación de la DBO se realiza mediante procesos fisicoquímicos y biológicos aerobios o anaerobios (Lapeña, 1999).

2.1.9.11 Fósforo Total

El fósforo en las aguas residuales puede encontrarse disuelto o en partículas, ya sea en compuestos orgánicos e inorgánicos, además de ser una sustancia soluble o insoluble, entre los cuales el lodo se considera como fuente principal de fósforo, procedentes de los detergentes (Rojas, 2009).

2.1.9.12 Nitrógeno Total

Reposan en los lodos de los lixiviados en forma amoniacal y orgánica, que resulta la más abundante, las cuales son descompuestas por microorganismos (Rojas, 2009).

2.1.9.13 Cadmio

Para este parámetro se atribuyen factores naturales o antropogénicos, el cadmio presente en los lixiviados se ha producido debido a la disposición en el relleno, mismas que poseen un componente principal, el Niquel y el Cadmio, se pueden desarrollar en tuberías PVC y a causa de la meteorización de rocas por procesos naturales (Rojas, 2009).

2.1.9.14 Nitrato

Es uno de los que ocasionan la eutrofización en las aguas superficiales por contener sales de ácidos nítrico los que son utilizados como fertilizantes y estas fácilmente llegan a las aguas freáticas o superficiales (Rojas, 2009).

2.1.9.15 Plomo

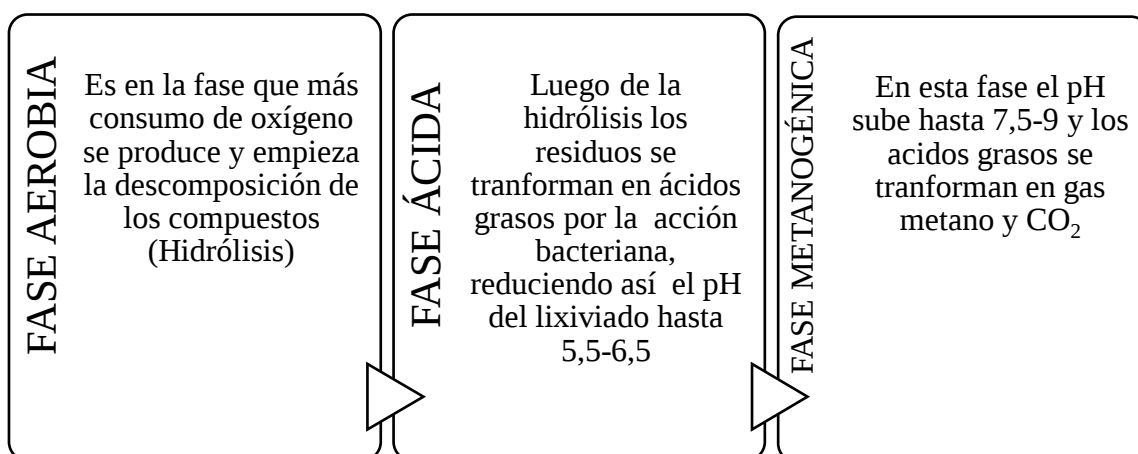
Se utiliza en procesos de fabricación de esmaltes de vidrio, pigmentos sintéticos, cerámicas que una vez terminada su vida útil son desechados a los rellenos sanitarios y por consiguiente termina siendo un componente más del lixiviado, lo que ocasiona la muerte de especies acuáticas, biocumulándose y causando afectaciones a los seres humanos (Rojas, 2009).

2.1.10 Tratamiento de Lixiviados

Para el proceso de tratamiento deben tenerse en cuenta explícitamente los siguientes aspectos:

- La toxicidad a microorganismos en caso de usarse procesos biológicos de tratamiento.
- La formación de precipitados en tuberías, canales, válvulas, bombas, tanques, en general en toda obra. Debe prevenirse la operación considerando el riesgo de incrustaciones.
- La variabilidad de las características del lixiviado en el tiempo. Se debe prever que las características físico-químicas y biológicas del líquido cambian bruscamente durante el periodo de vida útil de la planta.
- El cumplimiento de las calidades de agua al verter, garantizando los usos en el cuerpo receptor para el cual sean asignados.

2.1.10.1 Características de los lixiviados



Gráfica 1: Transformación de los Residuos Orgánicos

Fuente: (Vaquero, 2004)

Elaboración: Williams Moreira

Los lixiviados arrastran a su paso material disuelto, en suspensión, fijo o volátil, lo que conlleva a generarse elevadas cargas orgánicas y un color que varía desde café-pardo-grisáceo cuando están frescos, y un color negro viscoso cuando envejecen. Los lixiviados también contienen elevadas concentraciones de sales inorgánicas (cloruro de sodio y carbonatados) y de metales pesados.

Para el caso de los residuos inorgánicos la acción microbiológica no presente significancia debido a que la composición de los lixiviados viene dada por la lixiviablez de los residuos (Vaquero, 2004). Por efecto estos lixiviados deben pasar por un tratamiento previo, que debe adecuarse a las condiciones geomorfológicas, geológicas de donde esté situado el vertedero, entre ellas: Recirculación de lixiviados, Evacuación a instalaciones de tratamiento exterior o Depuración en el mismo vertedero.

2.1.11 Tratamiento biológico

2.1.11.1 Procesos Anaerobios

Para la remoción de materia orgánica se ha utilizado tecnologías clásicas como son los tratamientos biológicos. Para el lixiviado joven inicialmente de rellenos con altos contenidos de materia orgánica, son ideales para la aplicación de procesos anaerobios de tratamiento. Este proceso reporta una alta eficiencia en cuanto a la reducción de DBO a cargas razonables. Se usan para llegar a niveles de tratamiento secundario, pero cuando se requieren eficiencias superiores se utilizan como pretratamiento, precediendo a sistemas aerobios como los lodos activados. Las principales ventajas que tienen los procesos anaerobios en este contexto son la mayor simplicidad en el sistema de tratamiento y la menor producción de lodos. Esto se refleja en menores costos de inversión de capital y de operación y mantenimiento, y en menores requisitos técnicos en el personal que opera el sistema (Giraldo, 2001).

2.1.11.2 Procesos Aerobios

Su rango de aplicación es conocido al igual que los problemas y limitaciones que pueden surgir en su aplicación. Se utilizan cuando se requiere obtener una baja concentración de DBO en los efluentes. Vale la pena aclarar que como usualmente las concentraciones de DBO en los lixiviados son muy altas es relativamente fácil tener remociones porcentuales superiores al 90% en este parámetro. Sin embargo, la DBO remanente puede ser todavía alta. Los costos de inversión y de operación y mantenimiento son significativamente superiores a los de los procesos anaerobios cuando los lixiviados son concentrados, como es el caso de

un lixiviado joven, por lo que se logran mejores relaciones beneficio / costo cuando se utilizan para tratar lixiviados con concentraciones medias o bajas de DBO. Por esta razón, y dependiendo de las exigencias del vertimiento, se usan preferencialmente como postratamiento a los sistemas anaerobios, o para lixiviados viejos con bajos niveles de DBO (Giraldo, 2001).

2.1.11.3 Sistemas Naturales

Los sistemas naturales, lagunas y humedales artificiales, también se han propuesto como alternativas para el tratamiento de lixiviados. Tienen la ventaja de la simplicidad en su operación, y la posibilidad de lograr diferentes niveles de tratamiento, desde un pretratamiento, hasta un tratamiento terciario en caso de necesitarse (Giraldo, 2001).

2.2 TEORÍA DE LAS ALTERNATIVAS DE MEJORAMIENTO

2.2.1 1era. Alternativa: Tanque Imhoff

La finalidad del Tanque Imhoff es la remoción de grasas, sólidos suspendidos y DQO. Consta de dos cámaras superpuestas, en la interior se acumulan los sólidos para su digestión anaeróbica y en la superior se retienen espumas y grasas (Juana, 2005).

La remoción de SST puede ser de 45 a 70% y la reducción de DBO de 25 a 50% en dependencia de las características de los desechos receptados en el relleno y condiciones de diseño y operación (Gonzalez, 2014).

El Tanque Imhoff se compone de dos compartimentos: 1. Sección inferior proceso de digestión de lodos. 2.- Sección superior proceso de sedimentación (Hoffmann et al., 2011).

2.2.2 2da Alternativa: Reactor UASB

El reactor anaeróbico UASB más conocido como reactor de mando de lodos de flujo ascendente es aplicada especialmente para la remoción de material orgánico. En Latinoamérica este método es utilizado remplazando al sedimentador primario, sistema de lodos activados, ya que logran una eficiencia de 60 a 80% de remoción de DQO y DBO (Caicedo & Molina, 2004).

Para mejor funcionamiento de este tipo de tratamiento se debe disminuir el pH y el Fósforo en lo posible a 5,75 para amplificar la eficiencia hasta un 90%.

2.3 MARCO LEGAL

Se ha hecho referencia con la Constitución de la República del Ecuador 2008, en su Título II de los Derechos, capítulo segundo; Derechos del buen vivir, sección primera el artículo 12; que menciona los derechos de los seres humanos al uso del agua, que a su vez es determinado como Patrimonio Nacional Estratégico esencial para la vida. El artículo 14 en la sección segunda; Ambiente sano, derechos de las poblaciones a vivir en un ambiente sano y garantizando el buen vivir, *sumak kawsay*.

En su Título V; Organización Territorial del Estado, capítulo cuarto; Régimen de competencias, el artículo 264; De las competencias exclusivas de los de los gobiernos municipales en su numeral 4; de la prestación de servicios en cuanto a la depuración de las aguas residuales y manejo de los desechos sólidos y aquellos establecidos por la ley.

De la misma manera se hace referencia con el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD), en su artículo 136 que hace mención a las competencias de los Gobiernos Autónomo Descentralizados Municipales en sus funciones y obligaciones en el manejo integral de los desechos con la finalidad de eliminar los vertidos contaminantes en ríos, lagos o lagunas. Mencionados también en el Código Orgánico Ambiental (COA) en el Art. 231 y 233.

Determinado así también en la Ley Orgánica de Salud en el artículo 100.- sobre la responsabilidad de los gobiernos municipales en la recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los desechos. El estado entregará los recursos necesarios para el cumplimiento de este artículo.

Haciendo referencia con el Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA) Acuerdo N° 061 Reforma del Libro VI en los artículos 57, 195 y 209. Ver Anexo 1.

Acuerdo Ministerial N° 097 –A-Reforma del Libro VI del TULSMA

En base a uno de los objetivos se pretende realizar una comparación de los resultados de los análisis realizados con los límites máximos permisibles estipulados en la Normativa (MAE, 2015).

Tabla 2: Límites máximos permisibles a un cuerpo de agua dulce (tabla 9).

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite Máximo
Potencial de Hidrógeno	pH		6-9
Turbiedad		NTU	-----
Oxígeno Disuelto	OD	mg/l	-----
Conductividad		µs/cm	-----
Temperatura	°C		Condición natural $\pm$ 3
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	DQO	mg/l	200
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	DBO	mg/l	100
Fósforo Total	P	mg/l	10,0
Nitrógeno Total Kjedahl	N	mg/l	50,0
Nitratos	NO ₃	mg/l	-----
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Sólido Disueltos Totales	SDT	mg/l	-----
Sólido Suspendidos Totales	SST	mg/l	130
Sólidos Totales	ST	mg/l	1600

Fuente: (MAE, 2015)

Elaboración: Williams Moreira

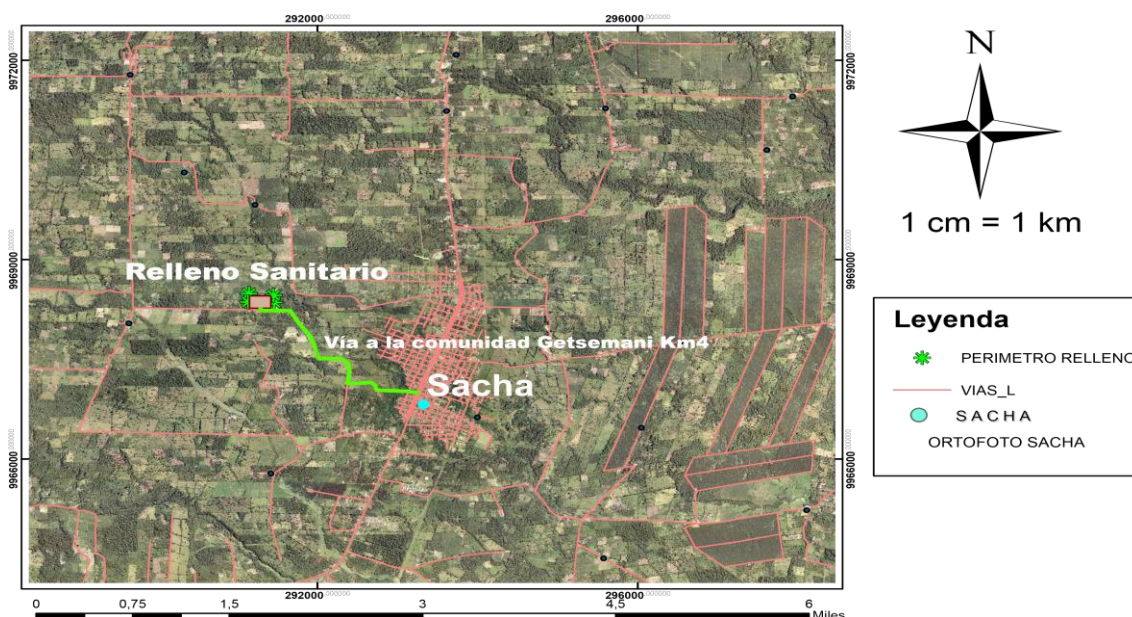
CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Línea Base

3.1.1 Localización

El Relleno Sanitario del Cantón Joya de los Sachas Provincia de Orellana, se encuentra ubicado en la vía a la comunidad Getsemaní a 4 km del casco urbano, cuenta con un área total de 13 ha de, las cuales 4 ha están ocupadas por el relleno, tiene las siguientes coordenadas: en X 0291247 y en Y 9968413; en Proyección UTM, Datum WGS-1984, Zona 18 S. El cantón La Joya de los Sachas tiene una superficie aproximada de 1.197,23 Km² (0,5% del territorio nacional). Su población alcanza aproximadamente a 40.512 habitantes, distribuidos mayoritariamente en el área rural (69,46%), La población cantonal representa el 28% del total de habitantes de la provincia de Orellana. La estructura poblacional se encuentra formada tanto por colonos provenientes de varias provincias, así como por indígenas de la región Amazónica, destacándose la nacionalidad Kichwa. El cantón se divide en parroquias urbanas y rurales, 8 de las 9 parroquias son rurales, esto se debe a que el cantón se encuentra localizado en la región del Oriente Ecuatoriano.



Mapa 1: Ubicación Geográfica del Relleno Sanitario
Elaboración: Williams Moreira

3.1.2 Hidrología

Los recursos hídricos (ríos y esteros) del área de influencia directa del proyecto forman parte de la subcuenca del río Yanaquíncha (Sacha). Los recursos de esta zona atraviesan por llanuras aluviales y terrazas medias a veces disectadas, debido al relieve topográfico del terreno y a las altas tasas de precipitación pluvial. Es importante señalar que en el área de influencia indirecta del relleno sanitario existe una extensa red hidrográfica primaria, secundaria y terciaria que son tributarios de la Cuenca del Río Napo, de los cuales se han tomado como representativos a los Ríos Huamayacu, Blanco, Sacha, Quince, Jivino Rojo y Verde y la Quebrada Basura, por ser los recursos hídricos que se hallan cerca o cruzan las distintas aéreas en donde se desarrollan diversas actividades: hidrocarburíferas, industriales, comerciales y/o domésticas (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Joya de los Sachas, 2012).

3.1.3 Condiciones Climáticas

Por extenderse en la gran llanura amazónica el clima es cálido húmedo, con brisas constantes, intensa evaporación y altas temperaturas. Nubosidad media 6 octavos, precipitaciones que oscilan entre los 2.650mm y 4.500 mm anuales, en los meses de mayo a noviembre se alcanza en promedio 1665 mm, frecuentemente con abundantes lluvias. La temperatura anual promedio es de 26°C, con una mínima media de 18° C y de hasta 42° C en los períodos más calurosos.

3.1.4 Temperatura

Por extenderse en la gran llanura amazónica el clima es cálido húmedo, con brisas constantes, intensa evaporación y altas temperaturas. Nubosidad media 6 octavos, La temperatura anual promedio es de 26°C, con una mínima media de 18° C y de hasta 42° C en los períodos más calurosos.

3.1.5 Precipitación

Las precipitaciones en el Cantón Joya de los Sachas oscilan entre los 2.650mm y 4.500 mm anuales, en los meses de mayo a noviembre se alcanza en promedio 1665 mm, frecuentemente con abundantes lluvias (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Joya de los Sachas, 2012).

3.1.6 Geomorfología

La superficie cantonal es sinuosa, colinada, con grandes extensiones de llanura, clásico de la amazonia ecuatoriana, es notoria la llanura en las zonas cercanas a la vía transamazónica que comunica San Sebastián del Coca hasta Joya de los Sachas. Los relieves son originados por la erosión milenaria de los ríos y el efecto de las placas tectónicas. En general la topografía es regular y está formado por una zona plana.

3.1.7 Uso de suelo

Muy cercano al sitio se encuentra una pequeña comunidad denominada Getsemaní, la cual está consciente del relleno sanitario y no ha presentado problemas al respecto, puesto que tiene un convenio con el Municipio para una compensación social.

Estos predios están dedicados al cultivo de pasto y árboles frutales como: cítricos y papaya, además, existe la presencia de café, cacao, palmito y cultivos de ciclo corto como zapallo. Cabe recalcar que si bien existe pasto en todos los predios, la ganadería, en particular en esos predios, no es predominante.

3.2 Características Demográficas

De acuerdo al censo de 2010 en el cantón Joya de los Sachas hay un total 37.591 habitantes, de los cuales 11.480 corresponden al sector urbano y 26.111 al sector rural, lo que representa el 30,54% de población urbana y 69.46% de población rural. El cantón tiene un importante grupo poblacional proveniente de las provincias de El Oro, Loja, Pichincha, Bolívar, Manabí, Chimborazo, Tungurahua, Cotopaxi, Imbabura, Azuay, Guayas, Azogues y Napo (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Joya de los Sachas, 2012). (Tabla 4).

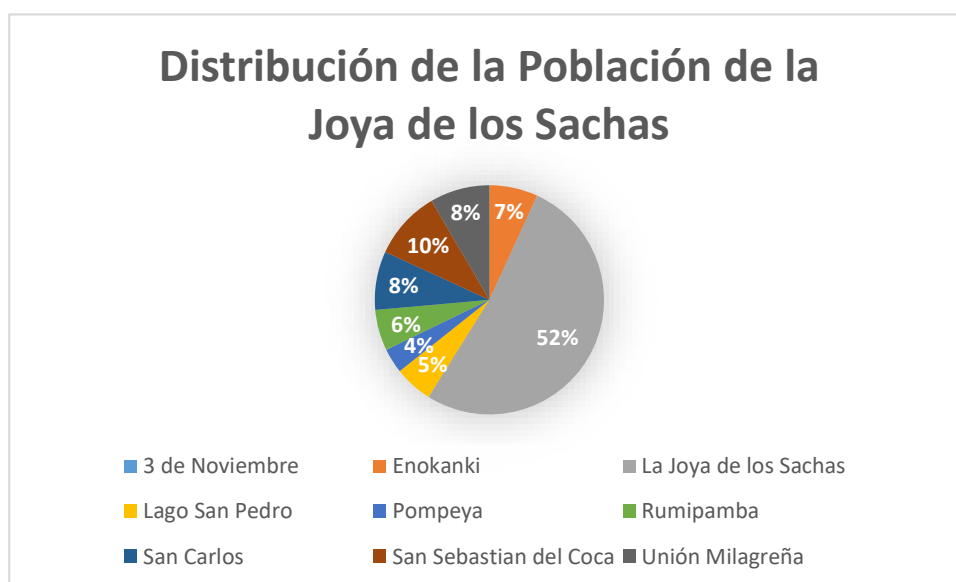
Tabla 3: Población del Cantón Joya de los Sachas

PARROQUIAS	Urbano	Rural
3 de Noviembre		3.138
Enokanki		2.362
La Joya de los Sachas	11.480	6.454
Lago San Pedro		1.861
Pompeya		1.204
Rumipamba		1.993

San Carlos		2.846
San Sebastian del Coca		3.353
Unión Milagreña		2.900
Total	11.480	26.111

Fuente: INEC – Censo de Población y Vivienda 2010

Elaboración: Williams Moreira



Gráfica 2: Distribución de la población del Cantón Joya de los Sachas

Fuente: INEC – Censo de Población y Vivienda 2010

Elaboración: Williams Moreira

3.2.1 Eliminación de la basura de la población del Cantón Joya de los Sachas

La determinación del método de trabajo consistió en la elaboración de un plano actualizado de la ciudad ubicando estratos sociales económicos a muestrear los cuales fueron considerados netamente a criterio de los encargados del muestreo, quienes solicitaron realizar en tres parroquias a las que se está prestando el servicio al tener estas mayor incidencia poblacional. Con el fin de conocer la generación de los desechos sólidos, se efectuaron visitas y sondeos al camal municipal, Patronato Cantonal, a una unidad educativa

y un hotel. Para ello se elaboraron formulario de levantamiento de información, según el origen de la muestra a ser tomada; en un domicilio, escuela, hospital, etc.

Los resultados del diagnóstico realizado al servicio de residuos sólidos que viene prestando la municipalidad de la Joya de los Sachas, son los siguientes:

Se ha determinado la siguiente generación de desechos sólidos per cápita domiciliaria:

- ✓ Producción per cápita urbana: 0,95 kg/hab/día
- ✓ Producción per cápita rural: 0,80 kg/hab/día
- ✓ Producción per cápita promedio: 0,88 kg/hab/día

Para determinar la generación en el tipo de desechos; se realizó el cuarteo, se tomaron los desechos sólidos resultados del estudio, fue vaciado un montón o pila sobre un área plana de 4m x 4m. Se traspalea hasta homogeneizarlos, se dividió en cuatro partes iguales A, B, C, D se eliminan los montones opuestos A y C o B y D, repitiendo esta actividad hasta dejar 50 kg, para clasificar según el tipo de desecho; papel, cartón, plásticos, vidrios, otros. Para posteriormente ser pesados y determinar los porcentajes promedios de los desechos sólidos medidos durante tres días.

Los porcentajes promedio de los componentes de los desechos sólidos son los siguientes:

- ✓ Desechos orgánicos: 68,66%
- ✓ Desechos inorgánicos: 18,62 %
- ✓ Desechos de baño: 12,52%

Existe un proceso de separación en la fuente, de los residuos orgánicos e inorgánicos de los desechos domiciliarios, en 14 barrios de los 21 barrios existentes.

Se evidencio que los residuos especiales generados en camales no son almacenados de forma adecuada. Los residuos biopeligrosos generados en centros de salud y laboratorios tienen un almacenamiento temporal técnicamente adecuado.

El Barrido se realiza únicamente en el centro del área Urbana, logrando una cobertura del 19,45% del total de las vías existentes y del 87,21% del total de las vías susceptibles de barrer. El servicio de barrido cuenta con siete rutas con una longitud total del barrido de 13,12 Km/día. El trabajo es realizado por nueve jornaleros, con un rendimiento promedio de 1,46 Km/jornalero/día (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Joya de los Sachas, 2012).

3.3 Proyección de la Población del Cantón para el año 2018

Para el cálculo de la proyección de la población del Cantón Joya de los Sachas se utilizó el método más conocido, el método de crecimiento geométrico en la cual la población crece una tasa constante, definida por la siguiente ecuación.

$$P_f = P_o \left(1 + \frac{r}{100}\right)^k$$

(Ecuación 1)

Donde

P_f = Población a determinar (2018)

P_o = Población del último censo

r = Tasa de crecimiento poblacional dentro del periodo

k = Tiempo en años ($P_f - P_o$)

3.4 Identificación del Relleno Sanitario

3.4.1 Generación

La generación de desechos sólidos proviene de las siguientes fuentes:

- Domiciliaria
- Comercial
- Centros educativos
- Centros de Salud, laboratorios y farmacias
- Camal Separación y almacenamiento de desechos domiciliarios

La municipalidad, en el año 2006 se planteó la tarea de disminuir la cantidad de residuos sólidos a ser confinada en el relleno sanitario del cantón, mediante la implementación de un proceso de separación en la fuente, de los residuos orgánicos e inorgánicos de los desechos domiciliarios. Con este fin se implementó un plan piloto en 14 barrios de los 21 barrios existentes, en los cuales se entregó recipientes de plástico en colores verde y negro, para el almacenamiento temporal de residuos orgánicos e inorgánicos, respectivamente.



Fotografía 1: Recipientes para la clasificación de los desechos.

Fuente: GADM Joya de los Sachas

De la observación en campo y de los datos proporcionados por los funcionarios municipales, la separación en la fuente ha sufrido un declive debido a la poca participación ciudadana. Inclusive otros generadores no domiciliarios (escuelas, colegios, hoteles, locales comerciales) que se encuentran en los barrios del plan piloto no realizan la separación correspondiente.

3.5 Separación y almacenamiento de desechos de otras fuentes

3.5.1 Hotelería

Estos establecimientos no separan los desechos, realizan el almacenamiento temporal en tachos y fundas como la mayoría de habitantes en el cantón.

3.5.2 Unidades Educativas

Estas instituciones cuentan con tachos que son recolectados por los conserjes en fundas para almacenamiento temporal.

3.5.3 El Camal

Los residuos especiales generados en camales no son almacenados de forma adecuada y son recolectados como desechos comunes:

Los desechos generados son de tipo orgánico, provenientes del faenamiento de ganado vacuno y porcino, estos contienen vísceras, cabezas y estiércol. Todos estos desechos se almacenan en tanques de plástico divididos por la mitad, ubicados junto a la sala de faenamiento.



Fotografía 2: Recipientes de almacenamiento de los desechos del camal

Fuente: GADM Joya de los Sachas

3.5.4 Residuos Biopeligrosos

En el Subcentro de salud se recolectan los desechos según la norma, pero en el almacenamiento temporal no se toma en cuenta la separación de desechos. En el Patronato Municipal tanto el manejo interno y externo de desechos es debidamente aplicado el proceso de bioseguridad. En cuanto a los desechos de Laboratorios clínicos son tratados también con el proceso de bioseguridad y se almacenan en fundas. Los residuos biopeligrosos generados en laboratorios tienen un manejo y almacenamiento temporal técnicamente adecuado, sin embargo en la recolección y disposición final, también, son tratados como desechos comunes.



Fotografía 3: Almacenamiento temporal de los desechos del subcentro de salud

Fuente: GADM Joya de los Sachas

3.5.5 Barrido

El municipio del cantón La Joya de los Sachas realiza el servicio de barrido únicamente en la zona central del casco urbano de la cabecera cantonal, su función es mantener limpias las calles y veredas de esta zona que es la más transitada por la ciudadanía, dentro de este servicio se contempla también el mantenimiento de parques y jardines.

Para brindar este servicio se ha establecido nueve rutas de barrido con un horario de 07:00 a 12:00 horas y de 13:00 a 16:30 y una frecuencia diaria de lunes a viernes, esta actividad es realizada por nueve jornaleros siete de ellos están nominados como barrenderos permanentes (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Joya de los Sachas, 2012).

3.6 Recolección y Transporte

3.6.1 Recolección

A partir del plan implementado desde el 2006, para la Gestión Integral de Residuos Sólidos, se inició un plan piloto para la recolección diferenciada de residuos orgánicos e inorgánicos en 14 barrios del área urbana, en tanto en los 7 barrios restantes la recolección es la tradicional.

En función a esta definición, las rutas de recolección planificadas son las siguientes (tabla 5):

Tabla 4: Rutas y horarios de recolección de los desechos en el Cantón

RUTA NO.	BARRIOS	RECOLECTOR	FRECUENCIA	HORA	TIPO DE DESECHO
1	Central y Amazonas	Hino	Lunes, Miércoles, Viernes y Domingo	17:30	Orgánico
		Internacional	Lunes a Domingo	18:00	Mixto
2	Jumandy, Libertad, 5 de agosto, 1 de Mayo, 25 de Diciembre, Santa	Hino	Lunes, Miércoles, Viernes y Domingo	7:30	Orgánico

	Rosa y 15 de Enero		Martes, Jueves y Sábado	7:30	Inorgánico
		NPR	Lunes, Miércoles y Viernes	7:30	Mixto
3	Machala, Jaime Roldós, Oscar Romero, 5 de Junio y Alborada	Hino	Lunes, Miércoles, Viernes y Domingo	7:30	Orgánico
			Martes, Jueves y Sábado	7:30	Inorgánico
		NPR	Lunes, Miércoles y Viernes	7:30	Mixto
4	Luz de Anérica, 9 de Octubre	Hino	Martes, Jueves y Sábado	7:30	Inorgánico
		NPR	Lunes, Miércoles y Viernes	7:30	Mixto
5	Miraflores, Santa Rita, Los Laureles, La Carolina		Martes a Sábado		Mixto

Incluye recolección de Subcentro de Salud y Camal

Fuente: Dirección de Ambiente, Municipio Joya de los Sachas

Elaboración: Williams Moreira

El recolector de marca Internacional inicia su jornada laboral a partir de las 14:00, sin embargo, para facilitar la labor de recolección de los residuos de barrido, en las mañanas, este vehículo sirve como almacenamiento temporal, por lo que permanece estacionado junto al municipio.

El servicio de recolección se inicia en el parqueadero del Municipio (ubicado en la calle Jaime Roldós) a diferentes horas, según la ruta que le corresponda al vehículo específico. Como primera actividad, el Jefe de Ambiente realiza recomendaciones a los obreros, relacionadas al uso de equipo de protección personal, renovación de dicho equipo de ser

necesario, cumplimiento de la ruta o cambio de rutas de acuerdo a las necesidades específicas.

Una vez que los vehículos salen del parqueadero se dirigen al inicio de la ruta asignada, de ser necesario van primero a la estación de servicios por combustible.

Iniciada la ruta, aun cuando esta ya está debidamente preestablecida, el conductor del vehículo recolector suele acortar camino para ingresar solo a las calles en cuyas aceras se observan tachos de basura, fundas, cartones o cajas. Se detiene, los jornaleros recogen y depositan los desechos en la caja recolectora, si los estos se encontraran dentro de los límites del predio, el vehículo no se detiene.

Dentro de las maniobras que realiza el conductor del vehículo recolector, está la de ingresar a ciertas calles en reversa.



Fotografía 4: Vehículo recolector
Fuente: GADM Joya de los Sachas

Dependiendo de la ruta y el tipo de desecho que deba recogerse (orgánico, inorgánico o mixto) se realiza el siguiente procedimiento:

3.6.2 Ruta de recolección de residuos mixtos

Los jornaleros recogen todos los desechos que encuentran en las aceras.

3.6.3 Ruta de recolección de residuos orgánicos

Los jornaleros revisan el contenido de los tachos de color verde, fundas, cajas o tanques que se encuentren en las aceras y recogen solo los desechos orgánicos. Si encuentran desechos inorgánicos no los recogen.

3.6.4 Ruta de recolección de residuos inorgánicos

Los jornaleros revisan el contenido de los tachos de color negro, fundas, cajas o tanques que se encuentren en las aceras y recogen solo los desechos inorgánicos, si encuentran desechos orgánicos no los recogen.

Si la ruta no se ha concluido en la jornada de la mañana, se realiza un descanso para la hora de almuerzo y en la tarde se continúa el trabajo.

Existen ocasiones en que los vehículos se detienen más tiempo del necesario, puesto que algunas personas suelen brindar a los obreros refrescos o fruta en agradecimiento por el servicio.

Gran parte de la población de los barrios contemplados en el plan piloto de recolección diferenciada, entrega los desechos sin la debida separación, lo que dificulta y demora el trabajo de los obreros. Tanto la recolección como el transporte de desechos sólidos de hoteles, unidades educativas, el camal y los residuos biopeligrosos se realiza en las rutas antes mencionadas según lo planificado por el Municipio, conjuntamente con los desechos comunes domésticos.

3.6.5 Transporte

Para la operación del servicio se cuenta con los vehículos ya mencionados en las rutas de recolección. Los dos recolectores cubren la parte urbana, mientras que en la zona rural, consideradas las parroquias, se utiliza principalmente al camión Chevrolet, pero los recolectores también recorren parroquias, según la ruta planificada.

3.6.6 Tiempos y movimientos

Para el cálculo de tiempos y movimientos fue necesario hacer un muestreo de una de las rutas de recorrido que tiene la ciudad de La Joya de los Sachas, con el propósito de calcular el tiempo total de recolección y las toneladas recolectadas. Este cálculo considera de manera implícita la infraestructura urbana, densidad poblacional, método de recolección, cantidad de ayudantes, tipo de almacenamiento de los residuos y velocidad promedio de recolección.

Durante el recorrido se siguió el siguiente procedimiento:

1. Se cuantificó la longitud del recorrido por kilómetros de la ruta muestreada en 40 km recorridos.
2. Se constató la vialidad (sentidos de circulación), observando calles de segundo, tercer y cuarto orden, de doble sentido de circulación.
3. Se comprobó la transitabilidad de las calles en cualquier época del año, ya que a pesar de cruzar calles de cuarto orden lastradas, en época lluviosa son completamente transitables.
4. Se verificó si dentro de la ruta muestreada existen manzanas deshabitadas y consecuentemente no necesitan servicio de recolección.
5. Se verificó los problemas de circulación, ocasionados por calles angostas, obstrucción por vehículos estacionados, calles sin salidas, etc.

Los resultados de esta evaluación se presentan a continuación:

3.6.7 Ruta 02-03, recolector HINO

- 5% de calles pavimentadas
- 90% de calles lastradas
- 5% de calles sin salida, dos ayudantes por vehículo (el rango aceptable es de tres ayudantes por vehículo con caja compactadora de 14 m³).
- El método de recolección es el de vereda.
- La velocidad promedio de recolección fue de 8,4 km/hora.
- El peso aproximado en toneladas por viaje fue de 6 toneladas (rango aceptable 6 a 7 toneladas por viaje).

3.6.8 Reciclaje

En el levantamiento de información realizado en el campo así como en el análisis de información se puede deducir que Joya de los Sachas es una ciudad principalmente de dormitorio, no existe presencia de grandes centros de acopio, sino más bien de pequeños establecimientos comerciales lo que redundará en la baja producción de materiales reciclables.

Existe gran generación de desechos plásticos especialmente botellas que son llevadas al relleno de manera conjunta en los recolectores con los otros desechos. El único indicio de reciclaje se lo realiza con el cartón ya que existe una persona que realiza esta tarea

recolectando apenas 30Kg semanales y cuya comercialización se realiza en la ciudad de Lago Agrio en forma mensual.



Fotografía 5: Persona que realiza el reciclaje de Cartón

Fuente: GADM Joya de los Sachas

3.6.9 Tratamiento

Para el tratamiento de la fracción orgánica de los residuos sólidos recolectados, se está utilizando la tecnología EM (Efficient - Microorganism) para la elaboración de bokashi, que consiste en una fermentación rápida de los desechos orgánicos, provocada al aplicar un cóctel de más de 80 microorganismos eficaces. En el proceso se generan productos como: alcohol, vitaminas, ácidos orgánicos, entre otros, y se estabiliza el pH, debido a esto y a la fermentación no existen malos olores ni presencia de moscas (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Joya de los Sachas, 2012).

3.6.10 Metodología

La planta procesadora de bokashi está diseñada para tratar 7 toneladas de desechos orgánicos /semana, para lo cual se realiza una cama cada 15 días, que rota con entrada de material nuevo y salida de abono de manera continua por los tres galpones dispuestos para el procesamiento.

La elaboración de los microorganismos que se utiliza para la fermentación: (Para 80 litros)

- 6.8 a 9 kg de tierra madre mezclada con 80L de agua limpia.
- 4 a 8 litros de melaza.
- 1 o 1½ litros de yogurt natural

- 60g de levadura

La preparación se hace dependiendo de la cantidad de basura y la cantidad de ingredientes se mide de manera empírica, sobre la de su experiencia.

La mezcla, se deja reposar en un tanque bien tapado por 4 días y en ese tiempo ya está listo para usarse con un balde, pero no se usa solo el microorganismo, si no que se mezcla en un tanque de 200 litros (4 libras de bacteria con 4 litros de melaza) mientras se va dando la vuelta a la basura/montículos.

Se coloca la mezcla en los montículos por tres días, se hace el volteo de los montones y se va dando la vuelta según como se vea la descomposición de la basura; con el tiempo se va haciendo negra y con temperatura más elevada hacia el interior (60°C a 70°C).

El tiempo que toma entre la entrada del material orgánico hasta obtener el producto final es de 5 a 6 meses, aproximadamente.

3.6.11 Instalaciones

Las instalaciones de la planta procesadora de bokashi contienen los siguientes componentes: área para la preparación de camas, cubierta con techado de Zinc, una bodega para herramientas, una oficina, vestidores y duchas. Como maquinaria se utiliza una minicargadora para la formación y manejo de las camas de abono y dos picadoras de desechos.

Tabla 5: Instalaciones y herramientas utilizadas en la planta

INSTALACIONES	ÁREA m ²
Área de Elaboración de Bokaskshi	1184
Bodega	15
Oficina Administrativa	10
Cuarto de Guardianía	10
Vestidores	8
Bomba eléctrica	-
Instalación eléctrica con corriente trifásica	-
Maquinaria y equipos	-
Minicargadora	-

2 Picadora de Desechos	-
------------------------	---

Fuente: Dirección de Ambiente, Municipio de la Joya de los Sachas



Fotografía 6: Instalaciones de la planta procesadora
Fuente: GADM Joya de los Sachas

3.6.12 Preparación de las Camas de Bokashi

Los desechos orgánicos una vez que llegan a la planta son reclasificados, y se retiran todos aquellos de origen inorgánico. En la bokashera, se forman camas con las siguientes dimensiones:

Largo: 20m a 25m Ancho: 1,5m a 2,0m Alto: 0,80cm a 1,0m

3.6.13 Manejo de las Camas

El proceso dura de veintiuno a treinta días, durante este tiempo se realiza las siguientes actividades:

Después de preparada la cama se realiza el primer volteo al tercer día de proceso. A partir de ahí se hacen volteos dos veces por semana, pasando dos días entre volteos. Se realizan aplicaciones de EM diluido una vez por semana conjuntamente con el volteo. La cantidad de EM dependerá de la humedad de los desechos, la cual debe mantenerse en un 40%.

3.6.14 Cosecha

Después de 21 a 30 días, cuando la temperatura esté por debajo de los 35°C, y el bokashi presente un olor agradable a fermento, el abono está listo para ser cosechado.

3.6.15 Comercialización

El bokashi cosechado pasa a ser tamizado, quedando partículas menores a los 3 mm, esto debido a que el mercado aún no está familiarizado con material semi descompuesto y partículas grandes, además de que un producto, uniforme comercialmente presenta un mejor aspecto físico.

Se comercializa en sacos de 45kg y se ofrece tanto, al Instituto Nacional de Investigaciones agropecuarias (INIAP) regional como al mismo municipio.

3.6.16 Equipo de Protección para la elaboración de bocashi

El personal que trabaja en el tratamiento de la basura, pertenece a la asociación de Getsemaní, son tres personas consideradas como clasificadores. Para realizar este proceso se dota al personal con equipo de protección, tales como:

- Mascarillas
- 3 paradas Jean (overol, pantalón y camisa), no algodón.
- 1 par de botas de Caucho (Cada 3 días).
- Guantes para los clasificadores (guantes anti cortes).

Además, las personas usan gorra o sombrero. La duración de los guantes es de dos días los guantes por manipulación de la basura y se prefiere que estos guantes sean hasta los codos para mayor protección. Debido a la evaporación y el olor del material con el que se trabaja, es sugerencia de los trabajadores, que del uniforme (Jean) se provea una unidad para cada día (5 días laborables).

3.7 Disposición Final

Los desechos sólidos se depositan en un relleno sanitario combinado (trinchera-área) que viene operando desde el año 2008, ubicado a 6 km del centro urbano de Joyas de los Sachas.

El área total del relleno es de 13 ha; el terreno en donde se ha construido el relleno sanitario es de propiedad del Municipio; a dicho sitio se ingresa mediante una vía lastrada en buen estado.

3.7.1 Celdas

La unidad básica de trabajo prevista para el relleno sanitario es la celda, la unión de algunas de las celdas forman los módulos o franjas y la superposición de franjas forma la celda terminada.

En la actualidad existen tres celdas terminadas y una cuarta que está a punto de ser culminada. El nivel de las celdas terminadas tiene una altura de 2,50 m.

El avance del relleno es desde abajo hacia arriba, es decir se inició, primero a través del método trinchera, en una profundidad de 4 m, y luego a través del método de área avanzar hacia arriba hasta una altura de 2,50 m.



Fotografía 7: Disposición final en celdas

Fuente: GADM Joya de los Sachas

3.7.2 Drenaje de gases

Durante la operación del relleno, simultáneamente, se han construido chimeneas para el drenaje de gases.

3.7.3 Manejo de los líquidos lixiviados

Los lixiviados producto de la degradación de los residuos, se evacuan a la planta de tratamiento.

Para el tratamiento de lixiviados se cuenta con un tanque de sedimentación, filtro y campo de infiltración, cuyos efluentes son depositados en un pantano artificial, antes de su descarga al cuerpo receptor.



Fotografía 8: Planta de Tratamiento de
lixiviados

Fuente: GADM Joya de los Sachas

3.7.4 Maquinaria

Para disposición final se cuenta con una Minicargadora, para trasportar los residuos desde el sitio donde depositan los recolectores hacia la celda, es operada por Miguel Gaona y tiene las siguientes características:

Marca: Caterpillar Color: Amarillo Modelo: Serie: CYCO1188 Año de Compra: 2006

3.8 Tipo de Investigación:

El tipo de investigación será documental, en la parte inicial del proyecto, por cuanto se deberá recopilar información sobre, estudios, informes, registros de situaciones importantes que han transcurrido durante el funcionamiento del relleno sanitario, de igual manera será de carácter exploratorio y descriptivo; desde el punto de vista exploratorio se realizarán visitas para la recopilación de la información en campo; y consecuentemente será descriptivo ya que conforme a los resultados obtenidos se podrá observar el impacto ambiental generado por los lixiviados.

Finalmente, según el lugar donde se desarrolla la investigación ya sea en campo o laboratorio, el estudio abordará los dos tipos de investigación debido a que la caracterización de los afluentes y efluentes se realizará en el laboratorio y los parámetros físico-químicos que son de análisis instantáneo se realizarán en el campo, es decir, en la Planta de Tratamiento de los lixiviados (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Joya de los Sachas, 2012).

3.9 Método de Investigación

El procedimiento más característico y acorde al presente trabajo de investigación es el método exploratorio y descriptivo en el cual se logrará recopilar información de estudios similares realizados anteriormente, en cuanto a los parámetros a evaluar y los métodos de análisis que se utilizarán para la ejecución del proyecto de investigación.

La presente investigación consiste en diagnosticar el índice de contaminación existente en la Planta de Tratamiento de Lixiviados del Relleno Sanitario del Cantón Joya de los Sachas Provincia de Orellana, a través de pruebas analíticas de tipo físico-químicas y establecer propuestas de mejoramiento para el manejo adecuado de los lixiviados.

3.10 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.10.1 Objetivo 1 Determinar las características fisicoquímicas de los lixiviados evacuados de la planta de Tratamiento del Relleno Sanitario

3.10.1.1 Muestreo

El desarrollo del muestreo se distribuyó en tres fases, la primera muestra de lixiviado se colectará en la desembocadura unión de todos los lixiviados a la entrada al Tanque Séptico, la segunda a la salida del mismo tratamiento y la tercera muestra en las piscinas donde se almacenan los lixiviados antes de su traslado mediante un vacuum a un tratamiento posterior fuera del establecimiento. Estos análisis se realizarán “in-situ” (pH, Temperatura, Conductividad, Oxígeno Disuelto, Turbiedad) y “ex-situ” (DBO, DQO), Fósforo Total, Nitratos, Sólidos Totales, Sólidos Suspendidos Totales, Sólidos Disueltos Totales, Cadmio y Plomo).

Tabla 6: Puntos geográficos de la zona de muestreo

PUNTOS	DESCRIPCIÓN	COORDENADAS	
		X	Y
PUNTO 1	Entrada al Tanque Séptico	0291381	9968426
PUNTO 2	Salida del Tanque Séptico	0291390	9968428
PUNTO 3	Piscina de almacenamiento temporal	0291420	9968440



Mapa 2: Área de muestreo

Elaboración: Williams Moreira

3.10.2 Método de Muestreo

3.10.2.1 Muestra puntual

La muestra puntual es fundamental para estudios donde se pretende analizar una posible contaminación, para lo cual se realizará un muestreo aleatorio de muestras simples, las mismas que se unirán para formar una muestra compuesta la cual será la base para la caracterización físico-química de los lixiviados evacuados de la planta de tratamiento.

3.10.2.2 Cronograma de Muestreo

El periodo de muestreo se realizó en tres semanas, los días viernes a partir del 19 de Septiembre al 5 de Noviembre, Los análisis Físicos y Químicos se realizaron en los Laboratorios del GADPO (Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Orellana).

Tabla 7: Cronograma de Muestreo para análisis Físicos y Químicos

Muestras para Análisis Químicos - Laboratorio				
Puntos	Descripción	Semana 1	Semana 2	Semana 3
		Viernes 19 de Octubre	Viernes 26 de Octubre	Viernes 2 de Noviembre
Punto 1	Entrada al sedimentador	1	1	1
Punto 2	Salida del sedimentador	1	1	1
Punto 3	Piscina de almacenamiento temporal	1	1	1
TOTAL	9 Muestras			

Elaboración: Williams Moreira

3.10.2.3 Materiales

Tabla 8: Materiales utilizados en el Muestreo

• GPS • Botas de caucho • Guantes • Mascarilla • Balde • Recipientes estériles • Cronómetro • Cámara fotográfica • Etiquetas	• Equipo multiparamétrico de medición de pH, conductividad, temperatura y OD. • “Cooler” para transporte de las muestras • Recipientes de vidrio y plástico • Botellas ámbar • Preservantes de muestras, si se requiere.
--	--

Elaboración: Williams Moreira

3.10.2.4 Etiquetado

Tabla 9: Etiqueta para las muestras

Ubicación:	
Coordenadas:	
Detalle del punto de muestreo:	
Fecha de recolección:	
Tipo de Muestra:	
Hora de recolección:	
Condiciones Atmosféricas:	
Punto:	
Preservante:	
Nombre del Proyecto:	

Elaboración: Williams Moreira

3.10.2.5 Parámetros Físicos y Químicos

Se muestran los parámetros físicos y químicos a analizarse.

Tabla 10: Métodos para parámetros Físicos y Químicos

PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS		
PARÁMETROS FÍSICOS	MÉTODOS	UNIDADES
pH	4500H+B Standard Methods 22ND Ed	-
Conductividad	SM 2510 B, 23rd Ed./ PT-02	µs/cm
Temperatura	Standard Methods 2550-B	°C
Oxígeno Disuelto	Standard Methods 4500-O A	%
Turbiedad	SM 2130 B, 23rd Ed	NTU
Sólidos Totales	SM 2540 B, 23rd Ed./ PT-03	mg/L
Sólidos Disueltos Totales	SM 2510 A, 23rd Ed	mg/L
Sólidos Suspendidos	SM 2540 D, 23rd Ed.	mg/L

Elaboración: Williams Moreira

Tabla 11: Métodos para parámetros Químicos

PARÁMETROS QUÍMICOS	MÉTODOS	UNIDADES
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	SM 5220 D, 23rd Ed./ PT-04	mg/L
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	CÁLCULO ESTEQUIOMÉTRICO	mg/L
Fósforo Total	ESPECTROFOTOMETRÍA MÉTODO HACH 8048	mg/L
Nitrógeno Total	SM 4500 C, 23rd Ed./ Kjeldahl	mg/L
Cadmio	SM 3030 B, 23rd Ed./ PT-05	mg/L
Plomo	SM 3030 B, 23rd Ed./ PT-05	mg/L
Nitrato	Espectrofotometría HACH 8192	mg/L

Elaboración: Williams Moreira

3.10.2.6 Conservación y Almacenamiento

Tabla 12: Conservación y Almacenamiento de las muestras

Parámetro a analizar	Conservación	Almacenamiento
pH	Análisis inmediato	6h
Conductividad	Refrigeración	24h
Temperatura	Análisis inmediato	0,25h/0,25h
Oxígeno Disuelto	-----	4 días máximo
Turbiedad	-----	24h
Sólidos Totales	Refrigerar entre 2°C y 5°C	24h
Sólidos Disueltos Totales	Refrigerar entre 2°C y 5°C	24h
Sólidos Suspendidos Totales	Refrigerar entre 2°C y 5°C	24h
DQO	Analizar tan pronto sea posible o Adicionar H ₂ SO ₄ a pH <2, refrigerar	7d/28d
DBO	Refrigeración	6h/48h
Fósforo Total	Analizar tan pronto sea posible o Adicionar H ₂ SO ₄ a pH <2, refrigerar	28d

Nitrógeno Total	Acidificar a pH<2 con H ₂ SO ₄ , refrigerar entre 2 y 5 °C y guardar en oscuridad	24h
Cadmio	Acidificar entre pH 1 a 2 con HNO ₃	1 mes
Plomo	Acidificar entre pH 1 a 2 con HNO ₄	1mes
Nitrato	Acidificar a pH <2 o refrigerar entre 2 y 5°C	24h

Fuente: Agrocalidad, Norma NTE INEN 2169:2103 Elaboración: Williams Moreira

3.11 Determinación de Análisis Físicos y Químicos

3.11.1 Determinación de Oxígeno Disuelto (OD)

El OD se determina mediante el equipo multiparamétrico HQ30d.

Procedimiento

Se enjuaga la sonda con agua destilada y se seca con paños absorbentes, se introduce la sonda en la muestra evitando que el mismo toque la base del envase, se mueve la sonda para evitar las burbujas. Se presiona para leer y se espera que se estabilice. La lectura registra el valor (HACH, 2015).

3.11.2 Determinación de Temperatura

Es un parámetro físico que afecta a las mediciones del pH y conductividad. Este parámetro se mide por cualquier equipo portátil, al medir ya sea el pH, OD, o conductividad, preferiblemente este método debe ser medido “in-situ” (APHA, 2012).

3.11.3 Determinación de Potencial de Hidrógeno (pH)

Se basa en la capacidad de respuesta del electrodo de vidrio ante soluciones de diferente actividad de iones H⁺. La fuerza electromotriz producida en el electrodo de vidrio varía linealmente con el pH del medio. Se debe tener en cuenta la temperatura de la muestra ya que esta fuerza electromotriz afecta al valor del pH.

Reactivos Disoluciones estándar de pH (tampones 7, 4 y 9) para la calibración del equipo (pH-metro).

Procedimiento:

- Se calibra el electrodo con disoluciones patrón (tampones) de pH conocido. - Se coloca la muestra, en la que se ha introducido una varilla agitadora teflonada (imán), en un agitador magnético, y se agita.

- Se procede a leer el valor del pH cuando la lectura se estabilice en pH-metro con compensación de temperatura (APHA, 1999).

3.11.4 Determinación de la Conductividad

La medida se basa en el principio del puente de Wheatstone, utilizándose un aparato diseñado a tal efecto, el conductímetro. Se debe tener en cuenta la temperatura de la muestra ya que la conductividad está estrechamente relacionada con la temperatura.

Procedimiento:

- En el caso de que la conductividad de la muestra sea muy elevada, habrá que diluirla hasta que la medida entre en la escala del equipo.
- Se introduce la célula de conductividad en la muestra y se espera hasta que la lectura se estabilice (pocos segundos). Si se utiliza un conductímetro de lectura digital, la medida directa de la conductividad de la muestra aparece en la pantalla. Es recomendable utilizar equipos que tengan compensación de temperatura, en el caso contrario habría que efectuar dicha compensación manualmente (APHA, 1999).

3.11.5 Determinación de Turbiedad

La turbiedad de las aguas se debe al material suspendido o coloidal como la arcilla, limo o materia orgánica e inorgánica. La turbiedad es una expresión de la propiedad óptica que hace que los rayos luminosos se dispersen y se absorban en lugar que se transmitan, el equipo que se emplea es un turbidímetro, mediante el método nefelométrico (APHA, 2012).

Procedimiento

Se realiza una homogenización a la muestra, se la coloca en el envase del turbidímetro. Se presiona el botón de medida y se espera la estabilización del valor (APHA, 2012).

3.11.6 Determinación de Sólidos Suspendidos Totales (SST)

Principio del proceso Se filtra una muestra previamente homogeneizada, mediante un filtro estándar de fibra de vidrio (Whatman 934-AH; tamaño de retención de partículas de 1.5 μm), previamente tarado en seco. El residuo retenido en el mismo se seca a peso constante a 103 - 105° C. El aumento de peso de filtro representa los sólidos totales en suspensión (APHA, 1999).

Procedimiento para Sólidos suspendidos totales a $H03^{\circ}C=105^{\circ}C$. Interferencias Se debe eliminar de la muestra las partículas gruesas flotables o los aglomerados sumergibles de materiales no homogéneos, si se decide que su inclusión no es deseable en el resultado final. Procedimiento:

1. Inserte el disco con la cara rugosa hacia arriba en el embudo de filtración, conecte el vacío y lave el disco con 20 ml de agua destilada
2. Continúe la succión hasta eliminar totalmente los residuos de agua.
3. Seque el disco en la estufa a $103^{\circ}C$ durante una hora. Si va a medir sólidos volátiles calcine en la mufla a $550^{\circ}C \pm 50^{\circ}C$ durante 20 minutos
4. Enfríe en el desecador y pese.
5. Mida 100 ml de muestra o un volumen que proporcione entre 2,5 y 200 mg de residuo. 6. Inserte el filtro en el embudo de filtración, conecte el vacío e inicie la succión
7. Filtre la muestra previamente agitada a través del filtro de fibra de vidrio.
8. Lave con tres porciones de 10 ml de agua destilada
9. Continúe la succión por cerca de tres minutos.
10. Retire del filtro del embudo y séquelo en la estufa a $103^{\circ}C-105^{\circ}C$ durante una hora
11. Enfríe en el desecador y pese.
12. Repita el ciclo de secado, enfriamiento y pesada hasta peso constante (APHA, 2005).

• Cálculos:

Sólidos suspendidos totales (SST) (mg/l): $[(B-A) * 1000] / \text{Volumen de muestra (ml)}$

(Ecuación 2).

A: Peso del filtro en mg.

B: Peso del filtro más el residuo seco en mg.

3.11.7 Determinación de Sólidos Totales (ST)

Residuo que queda después de la evaporación y el secado a una temperatura definida ($103^{\circ}C$). Los sólidos totales incluyen el residuo retenido por un filtro (sólidos suspendidos) y el residuo que pasa a través del filtro (sólidos disueltos). La medición de la conductividad

está directamente relacionada con los sólidos disueltos, y puede ser usado como un parámetro para determinar el tamaño de la muestra.

Procedimiento para Sólidos totales a 103 °C - 1105 °C:

1. Calcine la cápsula vacía en la mufla a 550 °C durante 1 hora
2. Enfríe en el desecador y pese.
3. Transfiera 100 mL de la muestra o el volumen adecuado a la cápsula pesada, elija un volumen de muestra que proporcione un residuo entre 2,5 y 200 mg.
4. Evapore en una placa de calentamiento
5. Lleve la cápsula con la muestra evaporada a una estufa a 103-105°C durante 1 hora
6. Enfríe la cápsula en el desecador y pese
7. Repita la operación hasta peso constante (APHA, 2005).

Cálculo Sólidos totales (STT) (mg/l) = [(B-A) *1000]/Volumen de muestra (ml)

(Ecuación 3).

A: Peso de la cápsula vacía en mg.

B: Peso de la cápsula más el residuo en mg.

3.11.8 Determinación de Sólidos Disueltos Totales (SDT)

Los sólidos disueltos totales, son las sustancias que permanecen después de filtrar y evaporar a sequedad una muestra bajo condiciones específicas. En los sólidos disueltos totales (SDT), se determina el incremento de peso que experimenta una cápsula tarada, tras la evaporación en ella de una alícuota de la muestra previamente filtrada y que posteriormente es secada a peso constante a 180°C, temperatura a la cual el agua de cristalización está prácticamente ausente. El contenido de sólidos disueltos puede estimarse por diferencia entre los sólidos totales y los sólidos suspendidos totales. (APHA-AWWA-WEF (2005) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21th Edition. New York, 2-55 a 2-57, método 2540 C.

Procedimiento

Las condiciones ambientales no son críticas para la realización de este ensayo. Preparación del filtro y la cápsula de porcelana:

- Encender la mufla a $180 \pm 2^\circ\text{C}$.
- Colocar el filtro (con la cara rugosa hacia arriba), en el equipo de filtración.
- Aplicar vacío y lavar con 3 porciones sucesivas de 20 ml de agua destilada
- Continuar la succión hasta remoción total de las trazas de agua. Desechar el filtrado.
- Retirar el filtro, depositarlo en la cápsula de evaporación que se va a tarar y llevarlos a la mufla por 1 hora a $180 \pm 2^\circ\text{C}$.
- Después de la hora, sacar la cápsula con el filtro y colocarla en el desecador.
- Con las pinzas, retirar el filtro y colocarlo sobre papel aluminio en el mismo desecador donde se dejará en reposo junto con la cápsula hasta el momento de usarlos.
- Pesar la cápsula inmediatamente antes de usar y registrar el dato (Peso A).

Análisis de la muestra:

- Esperar a que la muestra se encuentre a temperatura ambiente.
- Ensamblar el equipo de filtración utilizando un filtro previamente acondicionado.
- En función del aspecto de la muestra, seleccionar el volumen a filtrar.
- Mezclar bien la muestra y filtrarla.
- Lavar con tres alícuotas de 10 ml de agua destilada.
- Continuar la succión durante 3 minutos adicionales.
- Transferir el filtrado, con los lavados incluidos, a la cápsula de evaporación previamente tarada.
- Llevar casi hasta sequedad en placa calefactora evitando la ebullición.
- Introducir la cápsula en la mufla previamente acondicionada a $180 \pm 2^\circ\text{C}$ y dejarla durante una hora.
- Enfriar en desecador; pesar sin dilación la cápsula y registrar el dato (Peso B).
- Repetir hasta que la variación del peso sea $< 4\%$ ó de 0.5 mg (lo que resulte menor).

(APHA, 2005).

Cálculos:

$\text{mg sólidos disueltos totales/L} = [(B - A) \times 1000] / \text{volumen muestra (ml)}$ (Ecuación 4).

Dónde:

A: peso de la cápsula de evaporación vacía (en mg)

B: peso de la cápsula de evaporación + residuo seco (en mg).

Se empleará el promedio de los dos valores que cumplan el requisito de peso constante antes enunciado. Resultados inferiores a 10 mg/L se reportarán con una cifra decimal, los restantes se redondearán a la unidad. Para aquellas muestras que excepcionalmente presenten resultados inferiores a 5 mg/L, informe “< 5 mg/L”.

3.11.9 Determinación de Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La demanda química de oxígeno (DQO) es la cantidad de oxígeno consumido por las materias existentes en el agua, que son oxidables en condiciones operatorias definidas. La medida corresponde a una estimación de las materias oxidables presentes en el agua, ya sea su origen orgánico o inorgánico. La determinación de DQO debe realizarse rápidamente después de la toma de muestras, para evitar la oxidación natural. En caso contrario, la muestra podría conservarse un cierto tiempo si se acidifica con ácido sulfúrico hasta pH = 2- 3. Sin embargo, esta opción deja de ser fiable en presencia de cloruros.

Principio del método del dicromato potásico: En condiciones definidas, ciertas materias contenidas en el agua se oxidan con un exceso de dicromato potásico, en medio ácido y en presencia de sulfato de plata y de sulfato de mercurio. El exceso de dicromato potásico se valora con sulfato de hierro y amonio.

Procedimiento:

- Se enciende la placa calefactora.
- Se pesan 0,44 g de HgSO_4 en matraz para reflujo de 100 ml. La cantidad propuesta de HgSO_4 es suficiente en la mayoría de los casos, para eliminar las posibles interferencias por Cl en la muestra.
- Se colocan unas bolitas de vidrio en el matraz para favorecer la ebullición. - Se añaden 20 ml de muestra.
- Se añaden lentamente 30 ml de la solución de sulfato de plata en ácido sulfúrico, con una pipeta de vertido, mezclando bien para disolver el HgSO_4 , y enfriar.
- Se añaden 12,5 ml de solución de dicromato potásico 0,25 N y se mezclan bien todos los productos añadidos.

- Sobre el matraz se dispone el elemento refrigerante (condensador del reflujo), y se somete a reflujo durante 2 horas.
- El conjunto se deja enfriar; el condensador del reflujo se lava con agua destilada, y después se separa el matraz del refrigerante.
- La muestra oxidada se diluye hasta 75 ml con agua destilada y se deja enfriar hasta temperatura ambiente. - Se añaden unas 5 gotas del indicador ferroína.
- Se procede a valorar el exceso de dicromato con la sal de Mohr. El punto final de análisis se toma cuando el color varía bruscamente de azul verdoso a pardo rojizo. Este método resulta eficaz para muestras que tengan una DQO entre 50 y 800 mg/L. Para niveles superiores diluir el agua problema y para contenidos menores aplicar otro método (APHA, 1999).

• Cálculos:

$$\text{DQO (mg de oxígeno/litro)} = [(A-B) \times N \times 8000] / \text{Volumen (ml) de muestra.}$$
 A= Volumen (ml) de sal de Mohr gastado en el blanco. (Ecuación 5).

B= Volumen (ml) de sal de Mohr gastado en la muestra. N= Normalidad de la sal de Mohr.

3.11.10 Determinación de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

Esta prueba determina los requerimientos relativos de oxígeno de aguas residuales, efluentes y aguas contaminadas, para su degradación biológica. Expresa el grado de contaminación de un agua residual por materia orgánica degradable por oxidación biológica.

Procedimiento:

- Se introduce una varilla agitadora (imán) en el interior del biómetro.
- Se añade el inhibidor de la nitrificación en una proporción equivalente a 20 gotas de la disolución de alliltiurea por litro de muestra.
- Se ponen dos perlititas de OHNa en la cápsula diseñada a tal efecto.

- Se añade un volumen de muestra determinado en el biómetro. El volumen a utilizar depende del rango de DBO esperado, y está especificado en las instrucciones de uso del biómetro.
- Se coloca la cápsula conteniendo OHNa sobre la parte superior del biómetro, una vez que la muestra esté estable y no se observen burbujas de aire.
- Se cierra el biómetro con el correspondiente tapón-registrador, y se pone la lectura a cero.
- Se introduce el biómetro en cámara a 25°C y se enciende el agitador magnético. Se mantiene agitación suave constante durante todo el ensayo.
- Se realiza la lectura a los cinco días, siguiendo el procedimiento de lectura de la casa fabricante del biómetro. La DBO5 final del agua analizada, expresada en mg de O₂ por litro de muestra, será la lectura obtenida en el biómetro multiplicada por el factor de dilución del ensayo. La correspondencia: factor de dilución a volumen de muestra introducido en el biómetro se indica en las instrucciones de uso del biómetro (APHA, 1999).

3.11.11 Determinación de Nitrógeno Total

El proceso se desarrolla en tres etapas: digestión, neutralización y destilación.

Material y equipo: Digestor de nitrógeno Equipo utilizado para la destilación de nitrógeno

Reactivos: Además de los utilizados en la destilación de amonio se requiere: Reactivo de digestión: disuélvanse 134 g de K₂SO₄ y 7,3 g de CuSO₄ en 800 ml de agua. Cuidadosamente adición el 34 ml de H₂SO₄ conc. Dejar enfriar. Dilúyase la solución, hasta 1 l con agua. Manténgase a temperatura próxima a 20 °C para evitar la cristalización del ácido sulfúrico concentrado.

Procedimiento:

Digestión Tome un volumen de muestra de acuerdo con la cantidad de nitrógeno orgánico; éste se puede obtener así:

N - orgánico en la muestra mg/L	Tamaño de la muestra en ml
0-1	500
1-10	250
10-20	100
20-50	50
50-100	25

NOTA: Se puede determinar el N total y amoniacal en alícuotas diferentes de la misma muestra, el Norg. Se determinará por diferencia entre ambos resultados, o se puede hacer primero la destilación del amonio y en el residuo se le determina el N orgánico.

Si va a determinar el nitrógeno total:

1. Pase el volumen de muestra seleccionado al tubo del digestor
2. Adicione 20 ml de H₂SO₄ concentrado,
3. Adicione 2 perlas de vidrio deslizadas a través de la pared del tubo
4. Adicione 5 gr. de la mezcla catalizadora
5. Coloque el tubo en el digestor
6. Caliente la muestra hasta que esta sea de aspecto casi incoloro con un leve tono verdoso transparente.
7. Deje el calentamiento 15 minutos más.

Si va a determinar el nitrógeno orgánico:

1. Tome el volumen de alícuota seleccionado, determine el amonio por destilación como se indicó en el análisis de amonio por destilación.
2. Pase el residuo que queda después de la destilación del amonio y proceda a la digestión de igual forma.

Fases de Neutralización y destilación:

1. Enfríe la mezcla y adicione 0.5 ml de fenolftaleína.
2. Conecte el tubo al equipo de destilación
3. Diluya con agua libre de amonio hasta un volumen de 50 ml
4. Adicione suficiente NaOH hasta que la muestra se vuelva alcalina
5. Continúe el procedimiento indicado para la destilación del amonio.

Titulación del destilado:

1. La titulación se hace de la misma forma que en la determinación de amonio. Para muestras con un contenido alto de nitrógeno, titule con H₂SO₄ 0,1 N Para muestras con poco contenido de nitrógeno, titule H₂SO₄ 0,01 N 2.

Corra un blanco a través de todas las etapas para hacer corrección de los resultados (APHA, 2005).

Cálculos:

Cuando no se hace la destilación preliminar del amonio:

$$N_{TOTAL} \left(\frac{mg\ N}{l} \right) = \frac{(A - B) \times N \times 14.000}{ml_{muestra}}$$

A: ml de H₂SO₄ utilizados en la titulación de la muestra

B: ml de H₂SO₄ utilizados en la titulación del blanco

N: Normalidad de la solución de H₂SO₄

$$N_{Org.} = N_{TOTAL} - N_{Amoniacal}$$

Cuando se hace la destilación previa del amonio:

$$N_{Org.} \left(\frac{mg\ N}{l} \right) = \frac{(A - B) \times N \times 14.000}{ml_{muestra}}$$

A: ml de H₂SO₄ utilizados en la titulación de la muestra

B: ml de H₂SO₄ utilizados en la titulación del blanco

N: Normalidad de la solución de H₂SO₄

(Ecuación 6).

NOTA: Para muestras de lodos y sedimentos, pese la muestra húmeda en un crisol o botella; transfiera el contenido al tubo del digestor y continúe operando normalmente. Las determinaciones de N-orgánico y N-Kjeldahl sobre muestras de lodos y sedimentos secados no son exactos porque durante el secado se presentan pérdidas de sales de amonio. Determine el peso seco de la muestra en una porción separada.

3.11.12 Determinación de Fósforo Total

El fósforo puede encontrarse en las aguas residuales disuelto o en partículas, ya sea en compuestos orgánicos o inorgánicos. Para liberar el fósforo que está combinado en la materia orgánica, es preciso someter la muestra de agua a un proceso de digestión ácida. Tras la digestión, el fósforo está en forma de ortofosfatos, que se determinan por métodos colorimétricos.

Procedimiento:

- Se introduce 50 ml de muestra homogeneizada en un matraz erlenmeyer de 125 ml.

- Se añade 1 ml de la solución de ácido sulfúrico.
- Se añade 0,4 g de persulfato amónico. - Se lleva a ebullición, y se mantiene regularmente durante unos 45 minutos hasta tener un volumen final aproximado de 10 ml.
- Se deja enfriar, y se añaden unos 10 ml de agua destilada y unas gotas del indicador fenolftaleína. - Se añade OHNa 1N hasta el viraje a coloración rosa de la fenolftaleína; la mezcla se decolora después añadiendo una gota de una disolución diluída de ácido sulfúrico.
- Se lleva a 50 ml con agua destilada. - Se procede a la determinación de fósforo (ortofosfatos) siguiendo el método colorimétrico del vanadato-molibdato amónico. Las muestras digeridas deben diluirse convenientemente para que la concentración de fósforo final esté dentro del rango del método analítico. - Se lleva una alícuota de 5 ml de la muestra a matraz de 25 ml.
- Se añaden 5 ml del reactivo vanadato-molibdato amónico.
- Se enrasa a 25 ml con agua destilada. - Se agita bien la mezcla y se deja desarrollar el color durante 30 mn. - Se lee la absorbancia a 440 nm de longitud de onda.
- Se procede de idéntica manera con alícuotas del patrón de 20 ppm de P, a fin de hallar una recta de calibración que comprenda el rango de 2 a 10 ppm de P (APHA, 1999).
- Cálculos: $P \text{ (ppm)} = [\text{Absorbancia} \times K \times 25 \times F] / 5$ (Ecuación 7).

K: pendiente de la recta de calibración

F: factor de dilución de la muestra

3.11.13 Determinación de Nitrato

El electrodo de ión selectivo de NO_3 es un sensor selectivo que desarrolla un potencial a través de una membrana delgada, porosa, inerte, que se mantiene en posición en un intercambiador iónico en un líquido inmiscible con agua.

Procedimiento Preparación del Electrodo

1. Atornille el elemento sensor en la cabeza del electrodo y ajuste ligeramente
2. Sacuda varias veces, con el objeto de asegurar el contacto
3. Sumerja el electrodo en agua destilada por 10 minutos

4. Finalmente sumerja el electrodo en solución de KN03 0.01 M por más de 2 horas.

NOTA: Llene la cámara interna del electrodo de referencia con KCI (3 M) y la cámara externa con sulfato de amonio o de aluminio (1 M).

Calibración del equipo Transfiera 20 ml de solución ISA y calibre el equipo, teniendo en cuenta las instrucciones de manejo del equipo, iniciando la calibración con la solución patrón más diluido.

NOTA: Entre cada medición enjuague el electrodo con agua destilada y séquelo con un papel suave.

Análisis de la muestra

1. Debido a que hay varios iones que pueden causar interferencia, es necesario el pretratamiento de las muestras: a. Si existen carbonatos o bicarbonatos remuévalos por adición de ácido sulfúrico 1N hasta un pH de 4,5. b. Para remover halógenos, cianuros y fosfatos adicione sulfato de plata (0,1 gr. de Ag_2SO_4 remueven aproximadamente 22 mg Cl). c. Si existen partículas en suspensión filtre la muestra.

2. Una vez eliminadas las interferencias, y después de haber realizado la calibración del método, determine la concentración de nitratos por lectura directa en el equipo (APHA, 2005).

Cálculos:

Si desea expresar la concentración en mg de N- N03 multiplique la lectura obtenida en equipo por 0,2258.

3.11.14 Determinación de Cadmio

Preparación de la curva estándar: Se prepara un blanco y una serie de patrones de 1 a $10\mu\text{g/L}$ pipeteando disoluciones de cadmio en el matraz aforado y se diluye a 25mL. Se traza la curva de calibración (APHA, 2012).

Tratamiento de las muestras: Pipetear un volumen de muestra digerida que contenga de 1 a $10\mu\text{g}$ de Cd en un embudo de decantación y se diluye a 24mL. Se agrega tres gotas de azul de timol y NaOH 6N (APHA, 2012).

Desarrollo, extracción y medición de color: Se agrega los reactivos de la siguiente manera: 1mL de disolución de NaOH-KCN L, 1mL de NH₄OH, disolución de HCl y 15mL de disolución de ditizona (APHA, 2012).

Se agita 10mL de CHCl₃ en el primer embudo durante 1min y se drena en el segundo embudo. Se agita el segundo embudo por 2min y se desecha el CHCl₃.

Se lee la absorbancia a 518nm contra el blanco.

$$Cd \frac{mg}{l} = \frac{\mu g Cd (aprox 15 mL volumen final)}{volumen de la muestra (mL)}$$

(Ecuación 8).

Donde

Cd= Volumen final del Cadmio

Vm= Volumen de la muestra

3.11.15 Determinación de Plomo

Digestión de la muestra: Se toma 5mL de la muestra con una pipeta, si la muestra es demasiado concentrada se diluye para obtener un valor de 0,3 mg/L. Se coloca la muestra en un Erlenmeyer de 100-125mL. Se realiza un blanco con agua destilada (APHA, 2012).

Se agrega 5mL de HNO₃, calentarlo en una plancha calefactora hasta que presente ebullición. Evitar que la disolución se seque durante el calentamiento. Lavar el Erlenmeyer con agua, recoger el filtrado en un matraz (APHA, 2012).

Curva de calibración: Preparar disoluciones estándares 0,3 y 25 mg/L de plomo a partir de la disolución 6.3, con el agregado de HNO₃, tal que su concentración final sea del 1%.

$$Pb \left(\frac{mg}{l} \right) = (C_M * FD_M - C_B * FB_B) * FC$$

(Ecuación 9).

Donde

C_M= Concentración de Pb en la digestión de la muestra en mg/l

FD_M= Factor de dilución de la muestra

C_B= Concentración de Pb en la digestión de blanco en mg/l

FD_B = Factor de dilución e blanco

FC= Factor de concentración de la muestra, obtenido como en 8,3

3.12 Objetivo 2 Diagnosticar del funcionamiento de la planta de tratamiento de lixiviados.

Para el diagnóstico que se realizó en la PTL del Relleno Sanitario del Cantón Joya de los Sachas se utilizó la metodología descriptiva, la cual permitió que se definiera y caracterizara el sitio de estudio. Mediante el trabajo de campo se logró identificar las deficiencias en el funcionamiento de la Planta de Tratamiento.

3.12.1 Medición del Caudal a ser Tratado

- Para la medición del caudal se emplea el método volumétrico, conjuntamente con la utilización de un cronómetro y un recipiente de 10L.
- Se coloca el recipiente bajo la descarga del lixiviado (Área de captación), ingreso al tanque séptico y salida del mismo; se activa simultáneamente el cronómetro.
- Una vez realizada la medición se procede a realizar el cálculo del caudal.

3.12.2 Método volumétrico

Este método es común para caudales muy pequeños, en donde se requiere de un recipiente para coleccionar el agua. El caudal resulta de dividir el volumen de agua que se recoge en el recipiente entre el tiempo que transcurre en coleccionar dicho volumen (Hudson, 1997).

Fórmula de cálculo de caudal

$$Q = \frac{V}{t}$$

(Ecuación 10).

Donde

Q= Caudal (l/s)

V= Volumen (en litros, l)

T= tiempo (en segundos, s)

Una vez realizada la medición del caudal, mediante una investigación observacional, se registra el comportamiento actual del área de estudio, caracterizándolo en cada uno de sus

procesos con el que posee la planta, con la colaboración de la Coordinación de Medio Ambiente del Cantón.

3.13 Objetivo 3 Verificar el cumplimiento de la normativa vigente sobre los límites de descarga hacia un cuerpo receptor de agua dulce establecida en el Acuerdo Ministerial 097 A.

Sobre la base de los resultados de los análisis de los lixiviados fue necesario realizar una comparación con la normativa vigente, para identificar si el Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Joya de los Sachas cumple con los estándares de descarga hacia un cuerpo de agua dulce.

3.14 Objetivo 4 Establecer alternativas de mejoramiento para la remoción de los contaminantes presentes en de la Planta de Tratamiento de Lixiviados.

De acuerdo a los resultados de los análisis físicos químicos se plantearan alternativas adicionales al tratamiento.

El Propósito de esta investigación es en primera instancia realizar una caracterización de los lixiviados para así evaluar el funcionamiento de la planta de tratamiento. Conforme a los resultados a obtener se dará constancia que la planta se encuentre funcionando eficientemente, en caso de deficiencias se plantea dos alternativas para el mejoramiento del tratamiento: Tanque Imhoff y Reactor UASB.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Objetivo 1: Determinar las características fisicoquímicas de los lixiviados evacuados de la planta de Tratamiento del Relleno Sanitario

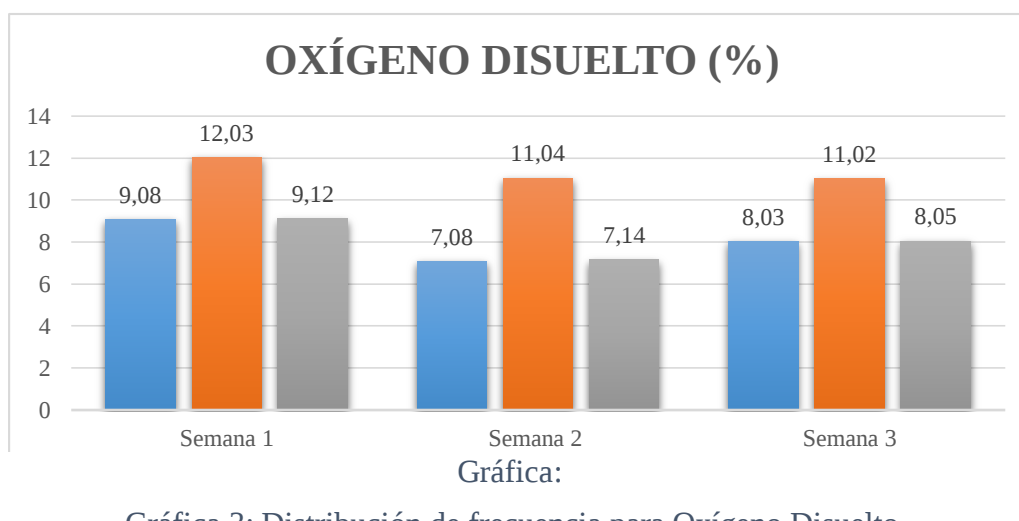
4.1.1 Oxígeno Disuelto

En la tabla 14 y gráfica 3, se observan los resultados de oxígeno disuelto durante las tres semanas de muestreo; se presenta una variación en cada uno de los tratamientos considerados en un rango de 7,08 a 12,03%, y se determinan así unos valores promedio de: 8,06% a la entrada del tanque séptico, 11,36% a la Salida del tanque séptico y 8,10% en las piscinas de almacenamiento.

Tabla 13: Resultados para el parámetro Oxígeno Disuelto

OXÍGENO DISUELTO (%)			
	Semana 1	Semana 2	Semana 3
Entrada al Tanque Séptico	9,08	7,08	8,03
Salida del Tanque Séptico	12,03	11,04	11,02
Piscinas de Almacenamiento	9,12	7,14	8,05

Elaboración: Williams Moreira



Gráfica 3: Distribución de frecuencia para Oxígeno Disuelto

El resultado de concentraciones bajas de Oxígeno Disuelto actúa como indicador de alta contaminación del Líquido Lixiviado, esto es muy evidente en los resultados obtenidos puesto que los valores en porcentaje calculados, se encuentran muy por debajo de lo establecido en la Tabla 2 de los CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA VIDA ACUÁTICA Y SILVESTRE EN AGUAS DULCES, mismo que el límite máximo permisible es del 80% de OD; la comparación se realiza con la tabla indicada, ya que este parámetro no se encuentra en la tabla 9 de Límite de descarga a un cuerpo de agua dulce.

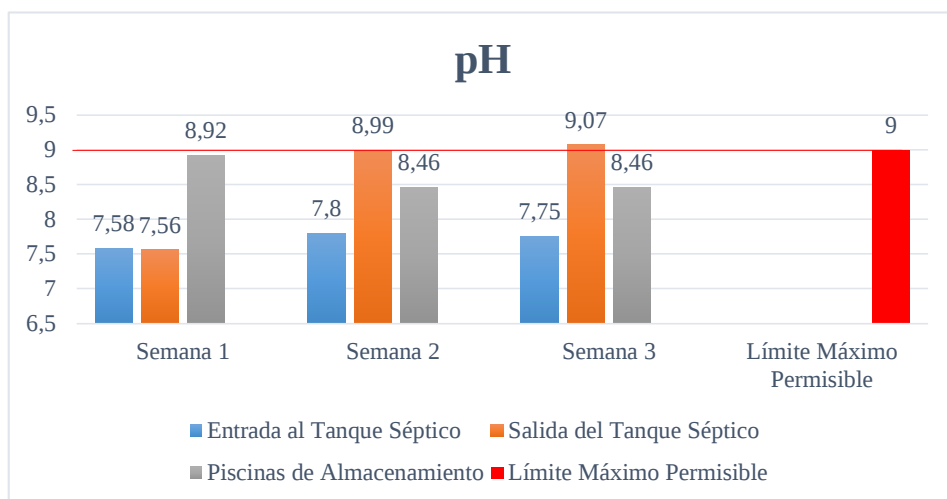
4.1.2 Potencial de Hidrógeno (pH)

En la tabla 15 y gráfica 4: se detallan los resultados para pH durante las tres semanas de muestreo, los datos presentan una variación en cada uno de los tratamientos considerados en un rango entre 7,56 y 9,07; con valores promedios en cada punto del muestreo: a la Entrada al tanque séptico de 7,71; a la Salida del Tanque Séptico 8,54; y en las Piscinas de almacenamiento 8,61; atribuyendo su alcalinidad a las altas concentraciones de Nitrógeno Amoniacal.

Tabla 14: Resultados para el parámetro Potencial de Hidrógeno

POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)				
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Límite Máximo Permisible
Entrada al Tanque Séptico	7,58	7,8	7,75	
Salida del Tanque Séptico	7,56	8,99	9,07	
Piscinas de Almacenamiento	8,92	8,46	8,46	
Límite Máximo Permisible				9

Elaboración: Williams Moreira



Gráfica 4: Distribución de frecuencias para Potencial Hidrógeno

Los resultados del análisis indican que el Relleno se encuentra en fase metanogénica donde se produce gas metano, líquido y dióxido de carbono. En cuanto a la comparación con la normativa del Acuerdo Ministerial 097A tabla 9, esta indica que los resultados obtenidos en la semana 3 en el punto de las Piscinas de almacenamiento se encuentran con un valor sobre el Límite máximo permisible, caso contrario sucede en las semanas 1 y 2.

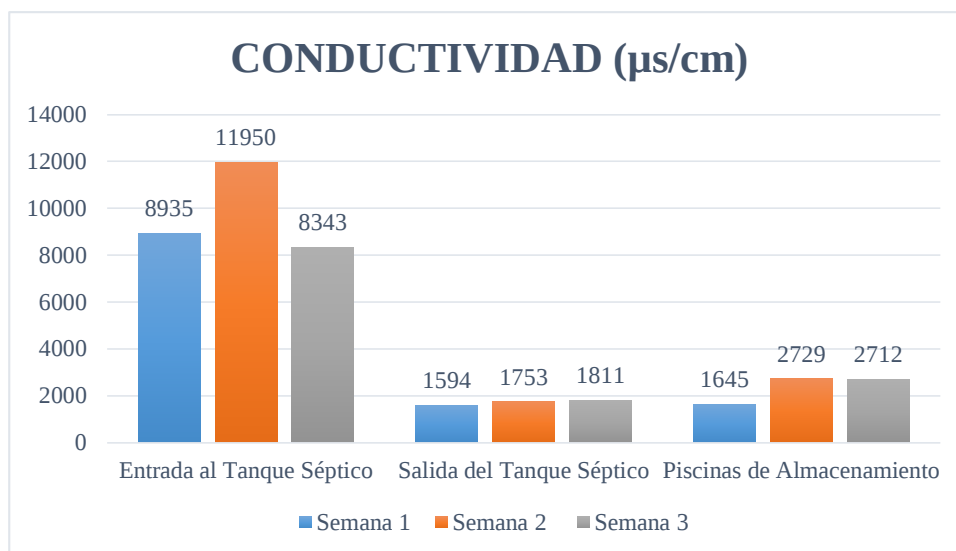
4.1.3 Conductividad

En la tabla 16 y gráfica 5: se observan los resultados para Conductividad durante las tres semanas de muestreo, estos datos muestran una variación en cada uno de los tratamientos considerados en un rango entre 1594 y 11950 $\mu\text{s}/\text{cm}$; con valores promedios en los puntos de muestreo de: 9742,6 $\mu\text{s}/\text{cm}$ a la Entrada al Tanque Séptico; 1719,3 $\mu\text{s}/\text{cm}$ a la Salida del Tanque Séptico; y 2362 $\mu\text{s}/\text{cm}$ en las Piscinas de Almacenamiento.

Tabla 15: Resultados para el parámetro Conductividad

CONDUCTIVIDAD ($\mu\text{s}/\text{cm}$)			
	Semana 1	Semana 2	Semana 3
Entrada al Tanque Séptico	8935	11950	8343
Salida del Tanque Séptico	1594	1753	1811
Piscinas de Almacenamiento	1645	2729	2712

Elaboración: Williams Moreira



Gráfica 5: Distribución de frecuencias para la Conductividad

Elaboración: Williams Moreira

Se observa claramente una variación en la semana 1 con referencia a la semana 2 y 3, los valores elevados se presentan debido a las variaciones climáticas, siendo que en la semana 1 se observó presencia de sol, lo contrario en las semanas 2 y 3 en las cuales se observaron precipitaciones, por ello la conductividad tiende a bajar, debido a la dilución de los líquidos. Lo valores más altos se presentan a la entrada del tanque séptico debido al alto contenido de sales disueltas que posee el lixiviado, y se puede observar como la conductividad disminuye al pasar a la salida del tanque séptico y piscinas de almacenamiento. Este parámetro no se encuentra establecido en la Normativa Ecuatoriana ni posee un LMP de acuerdo al TULSMA, OMS, OPS, por lo tanto, no se realiza una comparación de la misma.

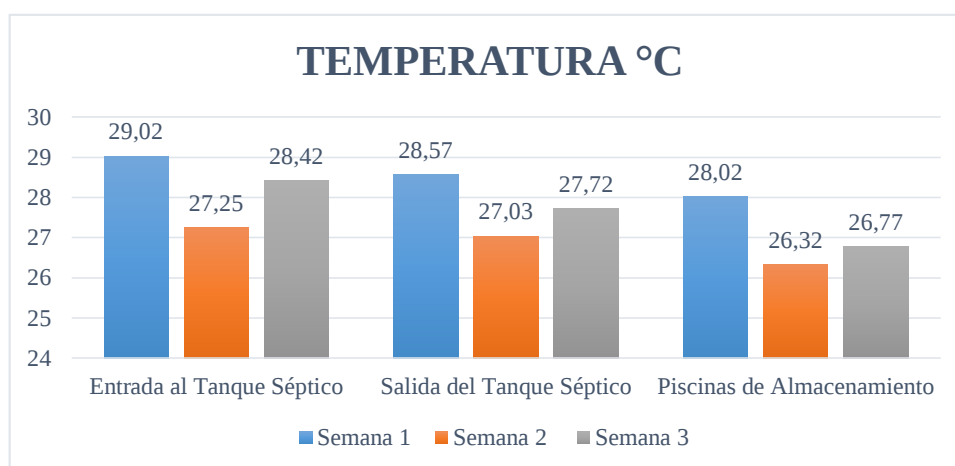
4.1.4 Temperatura

En la tabla 17 y gráfica 6: se muestran los resultados del parámetro Temperatura para las tres semanas de muestreo, estos datos muestran una variación en cada uno de los tratamientos considerados en un rango de 26,32 y 29,02 °C, con valores promedio en cada punto de: 28,23°C a la Entrada al Tanque Séptico; 27,77°C a la Salida del Tanque Séptico y 27,03°C en las Piscinas de Almacenamiento, los valores elevados de temperatura se debieron a la degradación de la materia orgánica en el Relleno.

Tabla 16: Resultados para el parámetro Temperatura

TEMPERATURA °C			
	Semana 1	Semana 2	Semana 3
Entrada al Tanque Séptico	29,02	27,25	28,42
Salida del Tanque Séptico	28,57	27,03	27,72
Piscinas de Almacenamiento	28,02	26,32	26,77

Elaboración: Williams Moreira



Gráfica 6: Distribución de frecuencias para la Temperatura
Elaboración: Williams Moreira

Como se muestra en la gráfica los valores de temperatura no fluctuaron a lo largo de los muestreos realizados; y en comparación con la temperatura media anual del lugar (28°C) y de acuerdo al límite máximo permisible que se establece la tabla 9 del Acuerdo Ministerial 097A, que indica que en condiciones naturales la temperatura varía en límite de ± 3 ; se pudo determinar que para las tres semanas los valores de este parámetro están por debajo de los límites máximos permisibles.

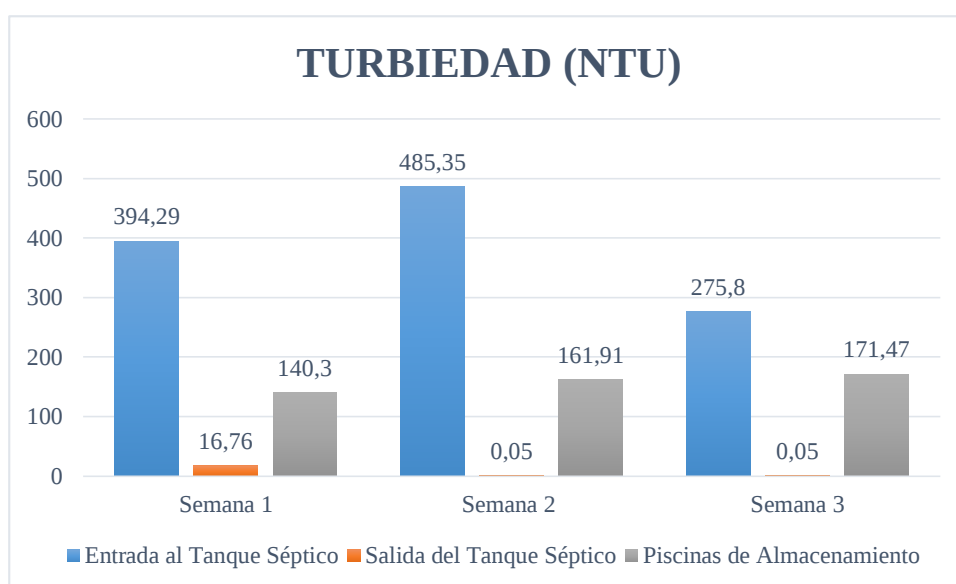
4.1.5 Turbiedad

En la tabla 18 y gráfica 7: se observan los resultados del parámetro Turbiedad determinado durante las tres semanas de muestreo, estos datos revelan una variación en cada uno de los tratamientos considerados en un rango entre 0,05 y 485,35 NTU; teniendo un promedio en cada punto de: 385,14 NTU a la Entrada al tanque séptico; 5,62 NTU a la Salida del Tanque Séptico y 157,89 NTU en las Piscinas de almacenamiento.

Tabla 17: Resultados para el parámetro Turbiedad

TURBIEDAD (NTU)			
	Semana 1	Semana 2	Semana 3
Entrada al Tanque Séptico	394,29	485,35	275,8
Salida del Tanque Séptico	16,76	0,05	0,05
Piscinas de Almacenamiento	140,3	161,91	171,47

Elaboración: Williams Moreira



Gráfica 7: Distribución de frecuencias para la Turbiedad

Elaboración: Williams Moreira

Se obtuvieron valores elevados en las tres semanas por el mayor aporte de aguas lluvias y debido al exceso de sólidos suspendidos totales que hacen que la turbiedad aumente. Basándose en los puntos se nota una diferencia mayor entre la salida del tanque séptico y las piscinas de Almacenamiento debido a que las piscinas de almacenamiento se encuentran a la intemperie de manera que la precipitación cae de manera directa y por ende aumenta su turbidez. Este parámetro no se encuentra establecido en la Normativa Ecuatoriana ni posee un LMP de acuerdo al TULSMA, OMS, OPS, por lo tanto, no se realiza una comparación

4.1.6 Sólidos Suspendidos Totales

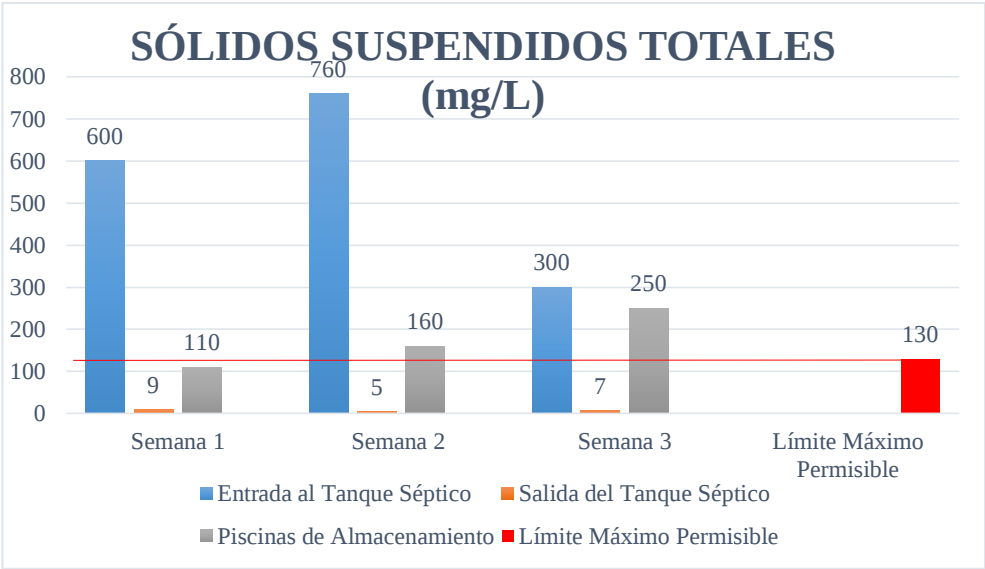
En la tabla 19 y gráfica 8: se muestran los resultados para Sólidos Suspendidos Totales durante las tres semanas de muestreo que se mantienen en un rango de 5 y 760 mg/l con

valores promedios en cada punto de: 553,3mg/l a la Entrada al Tanque Séptico; 7 mg/l a la Salida del Tanque Séptico y 173,33 mg/l en las Piscinas de Almacenamiento.

Tabla 18: Resultados para el parámetro Sólidos Suspendidos Totales

SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (mg/L)				
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Límite Máximo Permissible
Entrada al Tanque Séptico	600	760	300	
Salida del Tanque Séptico	9	5	7	
Piscinas de Almacenamiento	110	160	250	
Límite Máximo Permissible				130

Elaboración: Williams Moreira



Gráfica 8. Distribución de frecuencia para Sólidos Suspendidos Totales

Elaboración: Williams Moreira

Este parámetro tiende a variar por la presencia de frecuentes precipitaciones como se observa los valores mayores se encuentran en la Entrada al Tanque Séptico en las tres semanas. Diferente es el caso en el punto 2 salida del tanque séptico comparado con el punto 3 que es la piscina de almacenamiento en las tres semanas, en las cuales se puede observar valores menores en el punto dos comparado con el punto 3 debido a que no se cuenta con algún tipo de cobertura y la misma se encuentra en contacto directo con el Ambiente. En comparación con la normativa del Acuerdo Ministerial 097 A tabla 9, los valores que se presentan en el

punto final del tratamiento se encuentran por encima de los LMP establecidos; lo cual se debe a las frecuentes precipitaciones, lo cual infiere además en el incremento de turbiedad.

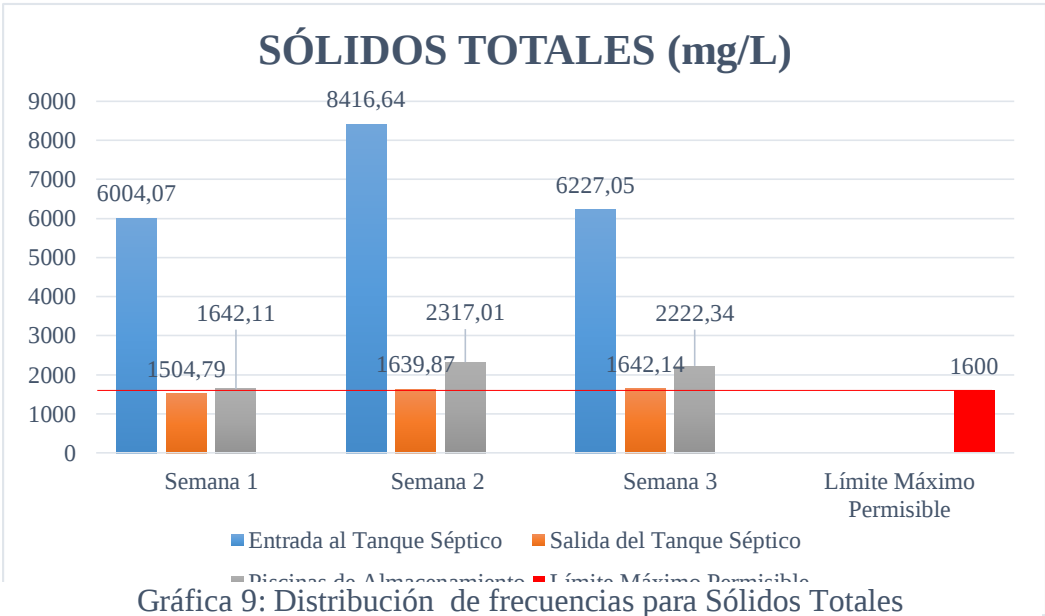
4.1.7 Sólidos Totales

En la tabla 20 y gráfica 9, se observan los resultados de los Sólidos Totales durante las tres semanas de muestreo, los mismos que se encuentran en un rango de 1504,79 y 8416,64 mg/L con valores promedios en cada punto de: 6882,5 mg/L a la Entrada al Tanque Séptico; 1595,6 mg/L a la Salida del Tanque Séptico y 2060,48 mg/L en las Piscinas de Almacenamiento.

Tabla 19: Resultados para el parámetro Sólidos Totales

SÓLIDOS TOTALES (mg/L)				
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Límite Máximo Permisible
Entrada al Tanque Séptico	6004,07	8416,64	6227,05	
Salida del Tanque Séptico	1504,79	1639,87	1642,14	
Piscinas de Almacenamiento	1642,11	2317,01	2222,34	
Límite Máximo Permisible				1600

Elaboración: Williams Moreira



Gráfica 9: Distribución de frecuencias para Sólidos Totales

Elaboración: Williams Moreira

Este parámetro tiende a variar por la presencia de frecuentes precipitaciones como se observa los valores mayores se encuentran a la Entrada del Tanque Séptico en las tres semanas; además se puede observar valores menores en el punto salida del tanque séptico debido a que se cuenta con cobertura, por cuya razón no existe contacto directo con el ambiente. En comparación con la normativa del Acuerdo Ministerial 097 A tabla 9, los valores que se presentan en el punto inicial de la planta de tratamiento se encuentran por encima de los LMP establecidos; lo cual se debe a las frecuentes precipitaciones.

Los sólidos totales aumentan la turbiedad del agua y disminuye la calidad de la misma, la mayor parte de sólidos procedentes del lixiviado son de origen orgánico lo cual es arrastrada por los líquidos.

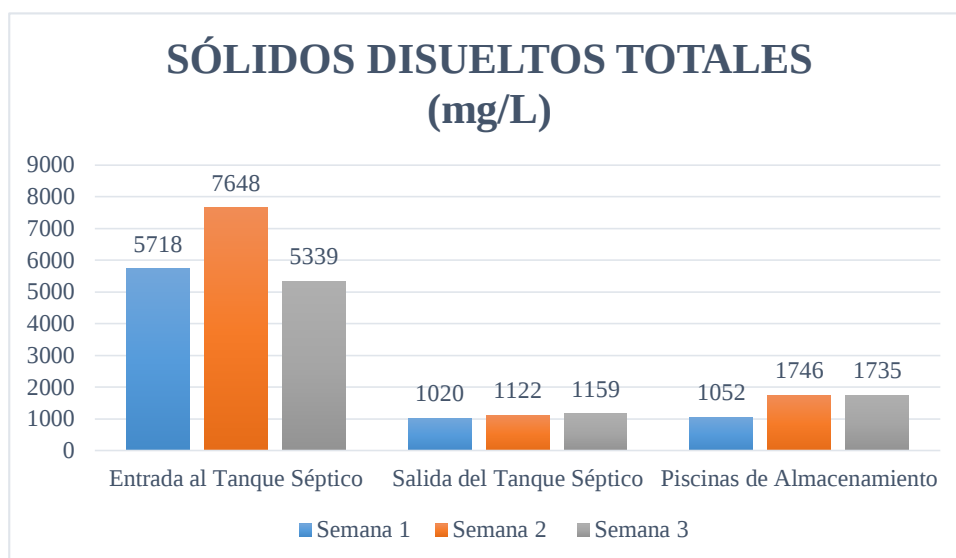
4.1.8 Sólidos Disueltos Totales

En la tabla 21 y gráfica 10, se observan los valores obtenidos de sólidos disueltos totales durante las tres semanas de muestreo con un rango de valores entre 1020 mg/L y 7648mg/L con valores promedio en cada punto de: 6235 mg/L a la Entrada al Tanque Séptico; 1100,3 mg/L a la Salida del Tanque Séptico y 1511 mg/L en las Piscinas de almacenamiento. Los Sólidos Disueltos tienen relación con el grado de mineralización del agua puesto a que son iones de sales minerales que se ha logrado disolver al paso del agua. Debido a que el líquido lixiviado contiene alto valor de turbidez, se dificulta su estimación mediante conductividad.

Tabla 20: Resultados para el parámetro Sólidos Disueltos Totales

SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (mg/L)			
	Semana 1	Semana 2	Semana 3
Entrada al Tanque Séptico	5718	7648	5339
Salida del Tanque Séptico	1020	1122	1159
Piscinas de Almacenamiento	1052	1746	1735

Elaboración: Williams Moreira



Gráfica 10: Distribución de frecuencias para Sólidos Disueltos Totales
Elaboración: Williams Moreira

Se observan altos valores en la semana 1 debido a la ausencia de precipitación, caso contrario en la semana 2 y 3 que se constató presencia de precipitaciones y por ello su valor disminuye sustancialmente, debido a que los lixiviados son diluidos por las aguas lluvias.

Este parámetro no se encuentra descrito en la normativa ecuatoriana ni posee un límite permisible de acuerdo al TULSMA, OMS, OPS, por lo tanto no se realiza una comparación de este parámetro.

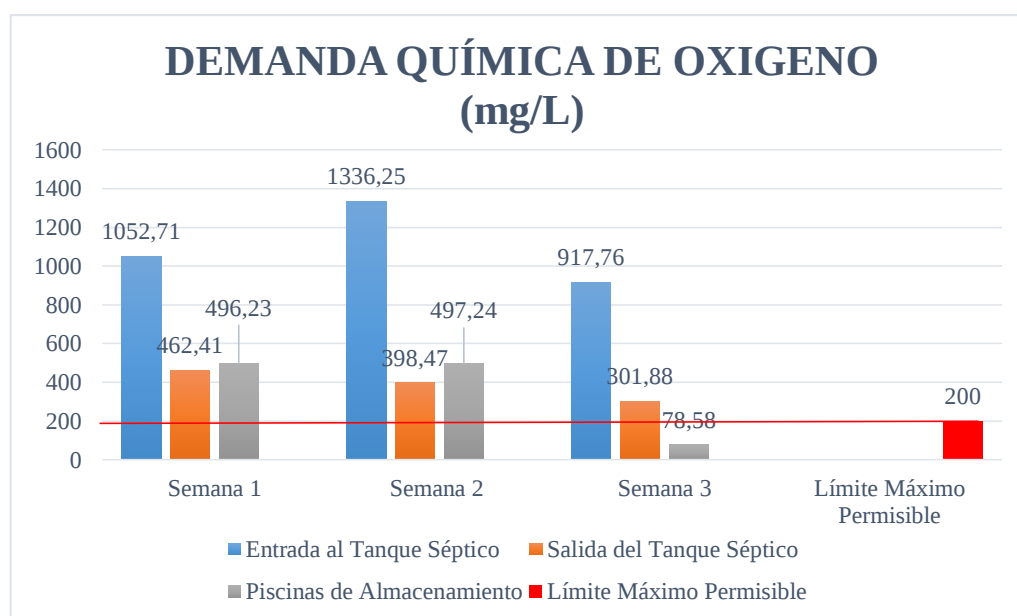
4.1.9 Demanda Química de Oxígeno

En la tabla 22 y gráfica 11, se muestran los resultados del parámetro Demanda Química de Oxígeno durante las tres semanas de muestreo con valores entre 78,58 mg/l y 1336,25mg/l con valores promedio en cada punto de: 1102,24 mg/l a la Entrada al Tanque Séptico; 387,58 mg/l a la Salida del Tanque Séptico y 357,35 en las Piscinas de almacenamiento.

Tabla 21: Resultados para el parámetro Demanda Química de Oxígeno

DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (mg/L)				
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Límite Máximo Permisible
Entrada al Tanque Séptico	1052,71	1336,25	917,76	
Salida del Tanque Séptico	462,41	398,47	301,88	
Piscinas de Almacenamiento	496,23	497,24	78,58	
Límite Máximo Permisible				200

Elaboración: Williams Moreira



Gráfica 11: Distribución de frecuencias para Demanda Química de Oxígeno

Elaboración: Williams Moreira

En la semana tres se presentaron valores menores en comparación a la semana 1 y 2 debido a la presencia de altas precipitaciones en el lugar. En las semanas donde existe menor precipitación de aguas lluvias, los valores de DQO exceden de los LMP establecidos en el AM 097 A tabla 9.

4.1.10 Demanda Bioquímica de Oxígeno

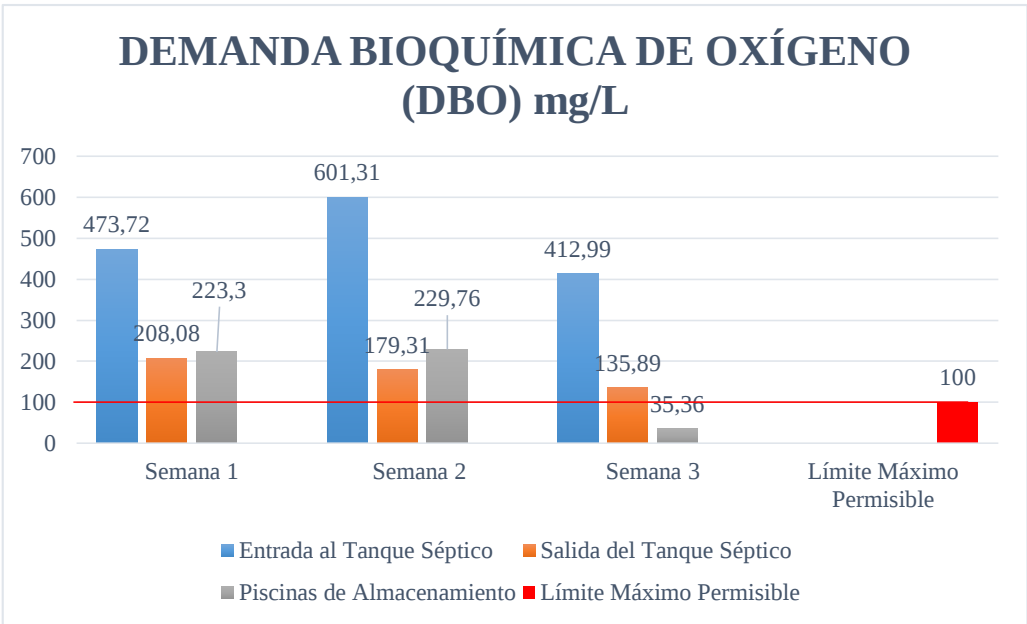
En la tabla 23 y gráfica 12, se muestran los resultados del parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno con un rango de valores entre 35,36 mg/l y 601,31 mg/l con valores promedios

en cada punto de: 496 mg/l a la Entrada al Tanque Séptico; 174,42 a la Salida del Tanque Séptico y 162,80 en las piscinas de Almacenamiento.

Tabla 22: Resultados para el parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO) mg/L				
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Límite Máximo Permisible
Entrada al Tanque Séptico	473,72	601,31	412,99	
Salida del Tanque Séptico	208,08	179,31	135,89	
Piscinas de Almacenamiento	223,3	229,76	35,36	
Límite Máximo Permisible				100

Elaboración: Williams Moreira



Gráfica 12: Distribución de frecuencias para Demanda Bioquímica de Oxígeno
Elaboración: Williams Moreira

La DBO claramente muestra valores elevados en la semana 1 y 2, en las que existió ausencia de precipitaciones, lo cual difiere de la semana 3 donde los valores de DBO son menores, debido a que se presentó altas precipitaciones y por ende se obtuvo una dilución de este parámetro resultando así un valor dentro del LMP en el último punto del Tratamiento cumpliendo con lo establecido en el AM 097 a Tabla 9.

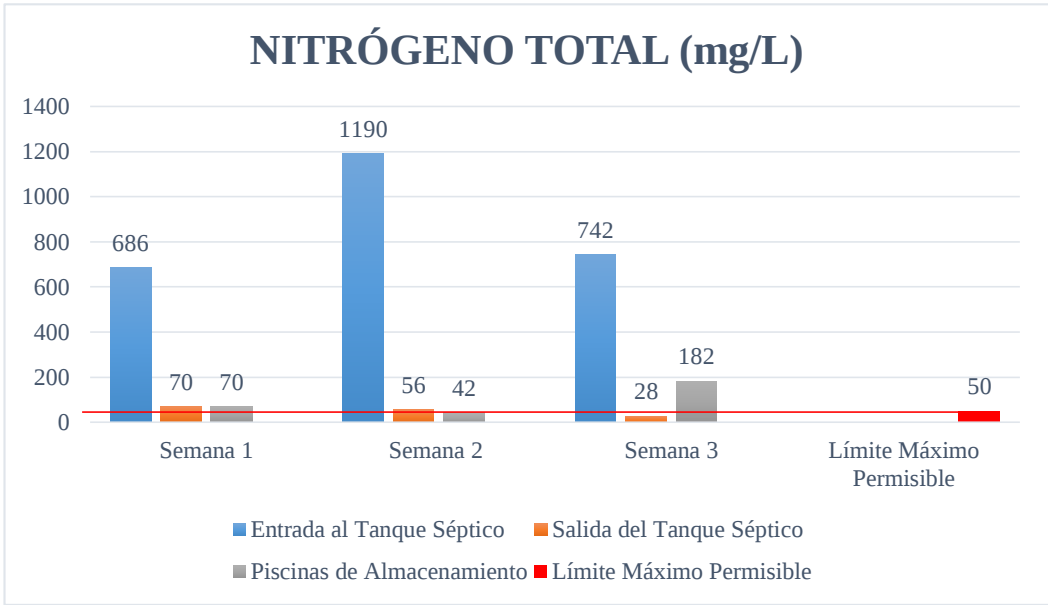
4.1.11 Nitrógeno Total

En la tabla 24 y gráfica 13, se muestran los resultados del parámetro Nitrógeno Total en las tres semanas de muestreo con un rango de valores entre 28 mg/l y 1190 mg/l con valores promedios en cada punto de muestreo de: 872,6 mg/l en la Entrada al Tanque Séptico; 51,3 a la Salida del Tanque Séptico y 98 mg/l en las Piscinas de almacenamiento.

Tabla 23: Resultados para el parámetro Nitrógeno Total

NITRÓGENO TOTAL (mg/L)				
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Límite Máximo Permisible
Entrada al Tanque Séptico	686	1190	742	
Salida del Tanque Séptico	70	56	28	
Piscinas de Almacenamiento	70	42	182	
Límite Máximo Permisible				50

Elaboración: Williams Moreira



Gráfica 13: Distribución de frecuencias para Nitrógeno Total
Elaboración: Williams Moreira

El Nitrógeno total durante las semanas 1 y 3 presentan concentraciones bajas al existir alta precipitación en comparación con la semana 3 donde la concentración es elevada debido a que las precipitaciones disminuyen.

A las altas concentraciones de NT se le atribuye la gran cantidad de materia orgánica presente en la planta de tratamiento. Mediante la comparación con la normativa se determina que para las tres semanas los valores de NT exceden de los límites máximos permisibles establecido en el acuerdo Ministerial 097A; a excepción del punto de muestreo en la piscina de almacenamiento en la semana 2 y en el punto de muestreo salida del tanque séptico de la semana 3.

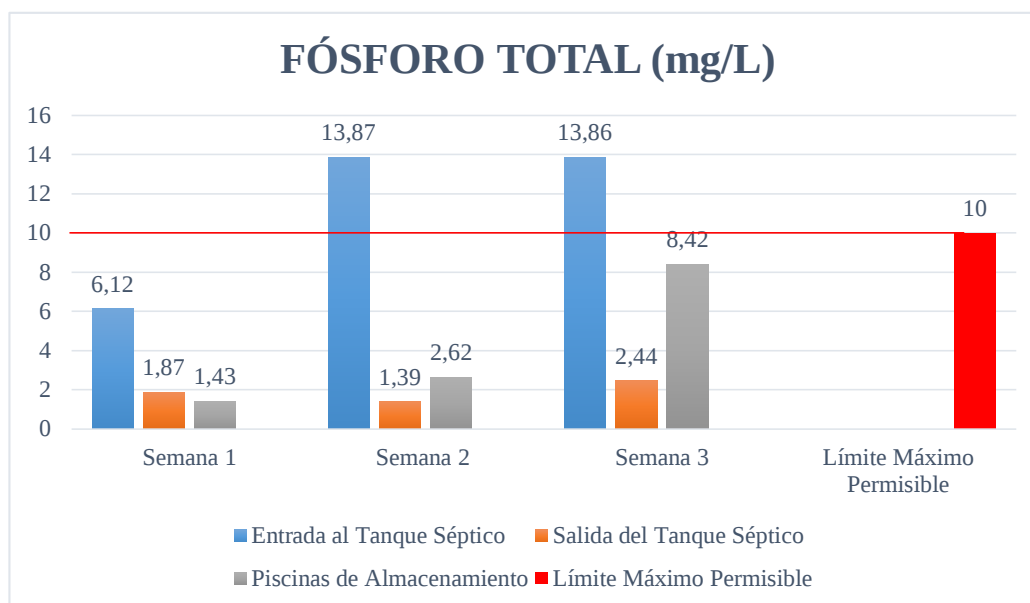
4.1.12 Fósforo Total

En la tabla 25 y gráfica 14, se muestran los resultados del parámetro Fósforo Total en las tres semanas de muestreo con un rango de valores entre 1,39 mg/l y 13,87 mg/l con un promedio en cada punto de: 11,28 mg/l a la Entrada al Tanque Séptico; 1,9 a la Salida del Tanque Séptico y 4,15 mg/l en las piscinas de Almacenamiento.

Tabla 24: Resultados para el parámetro Fósforo Total

FÓSFORO TOTAL (mg/L)				
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Límite Máximo Permisible
Entrada al Tanque Séptico	6,12	13,87	13,86	
Salida del Tanque Séptico	1,87	1,39	2,44	
Piscinas de Almacenamiento	1,43	2,62	8,42	
Límite Máximo Permisible				10

Elaboración: Williams Moreira



Gráfica 14: Distribución de frecuencias para Fósforo Total
Elaboración: Williams Moreira

El Fósforo Total durante las tres semanas ha tenido resultados por debajo de los límites máximos establecidos, lo cual se puede evidenciar en su ingreso a la planta de tratamiento, con una ligera diferencia en la semana 3 en la piscina de almacenamiento que tuvo un aumento en la concentración, pero su valor no excede los LMP establecidos en el Am 097 A tabla 9.

La concentración del fósforo total tiende a elevarse al existir poca presencia de lluvias, mientras que su concentración disminuye al aumentar las precipitaciones por lo que el lixiviado tiende a diluirse.

4.1.13 Nitrato

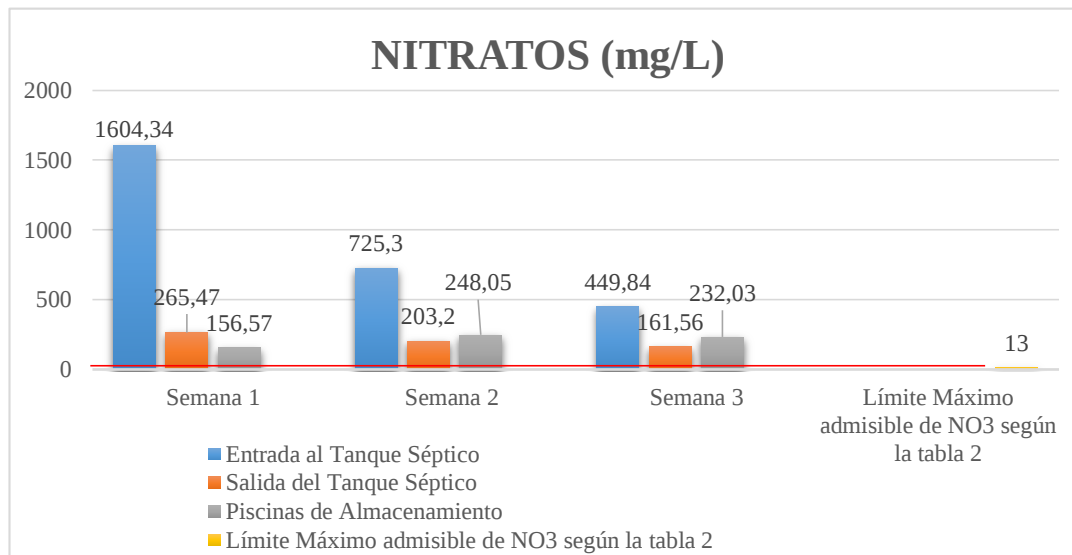
En la tabla 26 y gráfica 15, se muestran los resultados del parámetro Nitratos en las tres semanas de muestreo con un rango de valores entre 156,57 mg/l y 1604,34 mg/l con valores promedio en cada punto de: 926,49 mg/l a la Entrada al Tanque Séptico; 210,07 a la Salida del Tanque Séptico y 212,21 mg/l en las Piscinas de almacenamiento.

Tabla 25: Resultados para el parámetro Nitrato

NITRATOS (mg/L)				
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Límite Máximo admisible de NO3 según la tabla 2
Entrada al Tanque Séptico	1604,34	725,3	449,84	

Salida del Tanque Séptico	265,47	203,2	161,56	
Piscinas de Almacenamiento	156,57	248,05	232,03	
Límite Máximo admisible de NO3 según la tabla 2				13

Elaboración: Williams Moreira



Gráfica 15: Distribución de frecuencias para Nitrato

Elaboracion: Williams Moreira

Los resultados muestran valores elevados en la primera semana debido a la ausencia de precipitación en comparación con la semana 2 y 3 que disminuye su concentración con la presencia de precipitaciones produciéndose una dilución de los Nitratos.

Mediante la comparación con la normativa se determina que para las tres semanas los valores de Nitratos exceden de los límites máximos permisibles establecido en la Tabla 2 que menciona sobre los criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces.

4.1.14 Cadmio

Tabla 26: Resultados para el parámetro Cadmio

CADMIO (mg/L)				
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Límite Máximo Permissible
Entrada al Tanque Séptico	LND	LND	LND	
Salida del Tanque Séptico	LND	LND	LND	
Piscinas de Almacenamiento	LND	LND	LND	
Límite Máximo Permissible				0,02

Elaboración: Williams Moreira

En la tabla 27, se muestran los resultados del parámetro Cadmio dándonos valores <0,03 que según el Método utilizado por el Laboratorio (SM 3030 B, 23rd Ed./ PT-0) del Libro Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater 23RD EDITION, señala que los valores que estén por debajo de 0,03 tiene como resultado un valor igual a cero, es decir que no hay presencia de este contaminante en ninguna de las muestras.

4.1.15 Plomo (Pb)

Tabla 27: Resultados para el parámetro Plomo (Pb)

PLOMO (Pb) mg/L				
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Límite Máximo Permissible
Entrada al Tanque Séptico	LND	LND	LND	
Salida del Tanque Séptico	LND	LND	LND	
Piscinas de Almacenamiento	LND	LND	LND	
Límite Máximo Permissible				0,2

Elaboración: Williams Moreira

En la tabla 28, se muestran los resultados del parámetro Plomo dándonos valores <0,30 que según el Método utilizado por el Laboratorio (SM 3030 B, 23rd Ed./ PT-0) del Libro

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23RD EDITION, señala que los valores que estén por debajo de 0,30 tiene como resultado un valor igual a cero, es decir que no hay presencia de este contaminante en ninguna de las muestras.

4.2 Objetivo 2: Diagnosticar el funcionamiento de la planta de tratamiento de lixiviados.

El Municipio del Cantón Joya de los Sachas ha sido reconocido por diferentes logros en el sector de residuos sólidos. En este marco el Ministerio del Ambiente de Ecuador (MAE), suscribe un contrato de servicio con la empresa consultora CAPSERVS MEDIOS CIA. LTDA, para la ejecución de un estudio, que tiene como objetivo realizar un diagnóstico de la situación actual para determinar así una generación per cápita de 0,88kg/hab/día de residuos domiciliarios.

4.2.1 Avances técnicos del Relleno Sanitario

El avance del relleno es desde abajo hacia arriba, es decir se inició, primero a través del método trinchera, en una profundidad de 4 m, y luego a través del método de área hacia arriba, hasta una altura de 2,50 m. Simultáneamente a la operación del relleno se han construido chimeneas para el drenaje de gases, que se encuentran en buen funcionamiento. Los lixiviados producto de la degradación de los residuos, se evacuan a la planta de tratamiento. Para el tratamiento de lixiviados se cuenta con un Pozo Séptico, cuyos efluentes son depositados en piscinas de almacenamiento, antes de su transporte a un tratamiento fuera del establecimiento.



Mapa 3: Ubicación de los puntos de muestreo en el RS Joya de los Sachas

Tabla 28: Caudal y Coordenadas de los puntos de muestreo.

PUNTOS	COORDENADAS		CAUDAL	UNIDAD
	X	Y		
Entrada al Tanque Séptico	291381	9968426	1,79	l/s
Salida del Tanque Séptico	291390	9968428	1,37	l/s

Elaboración: Williams Moreira

La Planta de Tratamiento de lixiviados está compuesta por dos estructuras:

Tratamiento Primario

- Tanque Séptico de dos cámaras

La estructura posterior al tratamiento consta de dos piscinas de almacenamiento que no cuenta con ningún tipo de tratamiento dentro del Relleno Sanitario, estos líquidos son transportados a un establecimiento para su posterior tratamiento.

4.2.2 Tanque Séptico

Consta de una cámara hermética hecha de concreto, fibra de vidrio, PVC o plástico, para el almacenamiento y tratamiento de aguas negras y aguas grises. Los procesos de sedimentación y anaeróbico reducen los sólidos y los materiales orgánicos, pero el tratamiento solo es moderado. Normalmente, una Fosa Séptica debe tener por lo menos dos

cámaras. La primera cámara debe tener por lo menos el 50% del largo total y cuando solo hay dos cámaras, debe tener $\frac{2}{3}$ del largo total. La mayoría de los sólidos se asientan en la primera cámara. El separador entre las cámaras es para prevenir que la espuma y los sólidos escapen con el efluente. Una tubería en forma de T reducirá aún más la descarga de espuma y de sólidos (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Joya de los Sachas, 2012).



Fotografía 9: Planta de tratamiento Tanque Séptico
Fuente y Elaboración: Williams Moreira



Fotografía 10: Entrada a la planta de tratamiento Tanque Séptico
Fuente y Elaboración: Williams Moreira



Fotografía 11: Cámara de salida del Tanque
Séptico
Fuente y Elaboración: Williams Moreira

4.2.3 Piscinas de Almacenamiento

En este proceso no se realiza ningún tipo de Tratamiento del líquido lixiviado, solamente se da un proceso de almacenamiento temporal por un tiempo que varía según las condiciones climáticas del lugar debido a que existen temporadas de abundantes precipitaciones.

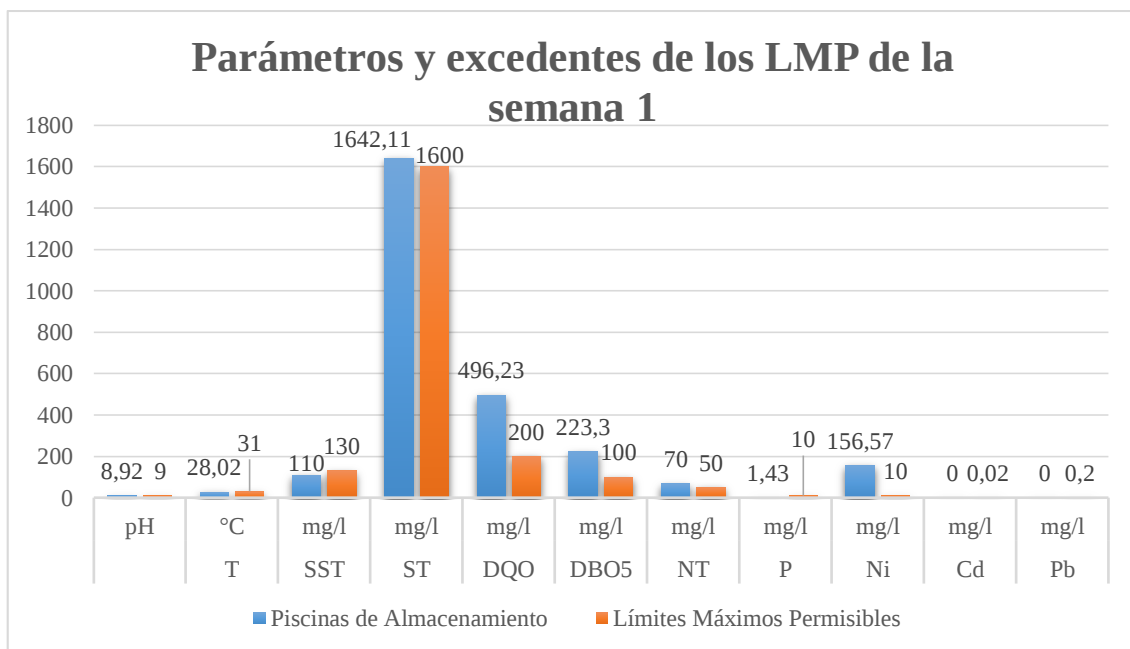


Fotografía 12: Piscinas de Almacenamiento
Fuente y Elaboración: Williams Moreira

4.3 Objetivo 3: Verificar el cumplimiento de la normativa vigente sobre los límites de descarga hacia un cuerpo receptor de agua dulce establecida en el Acuerdo Ministerial 097 A.

Tabla 29: Cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles para la semana 1

N°	Parámetros	Expresado como	Unidades	Semana 1				
				Entrada al Tanque Séptico	Salida del Tanque Séptico	Piscinas de Almacenamiento	Límites Máximos Permisibles	Descripción
1	Oxígeno Disuelto	OD	%	9,08	12,03	9,12		
2	pH	pH		7,58	7,57	8,92	6-9	Cumple
3	Conductividad		µs/cm	8935	1594	1645		
4	Temperatura	T	°C	29,02	28,57	28,02	Condición natural ± 3	Cumple
5	Turbiedad		NTU	394,29	16,76	140,39		
6	Sólidos Suspendedos Totales	SST	mg/l	600,00	9,00	110,00	130	Cumple
7	Sólidos Totales	ST	mg/l	6004,07	1504,79	1642,11	1600	No Cumple
8	Sólidos Disueltos Totales	SDT	mg/l	5718	1020	1052		
9	DQO	DQO	mg/l	1052,71	462,41	496,23	200	No Cumple
10	DBO	DBO5	mg/l	473,72	208,08	223,3	100	No Cumple
11	Nitrógeno Total	NT	mg/l	686,00	70,00	70,00	50	No Cumple
12	Fósforo Total	P	mg/l	6,12	1,87	1,43	10	Cumple
13	Nitrato	Ni	mg/l	1604,34	265,47	156,57	10	No Cumple
14	Cadmio	Cd	mg/l	<0,03	<0,03	<0,03	0,02	Cumple
15	Plomo	Pb	mg/l	<0,30	<0,30	<0,30	0,2	Cumple



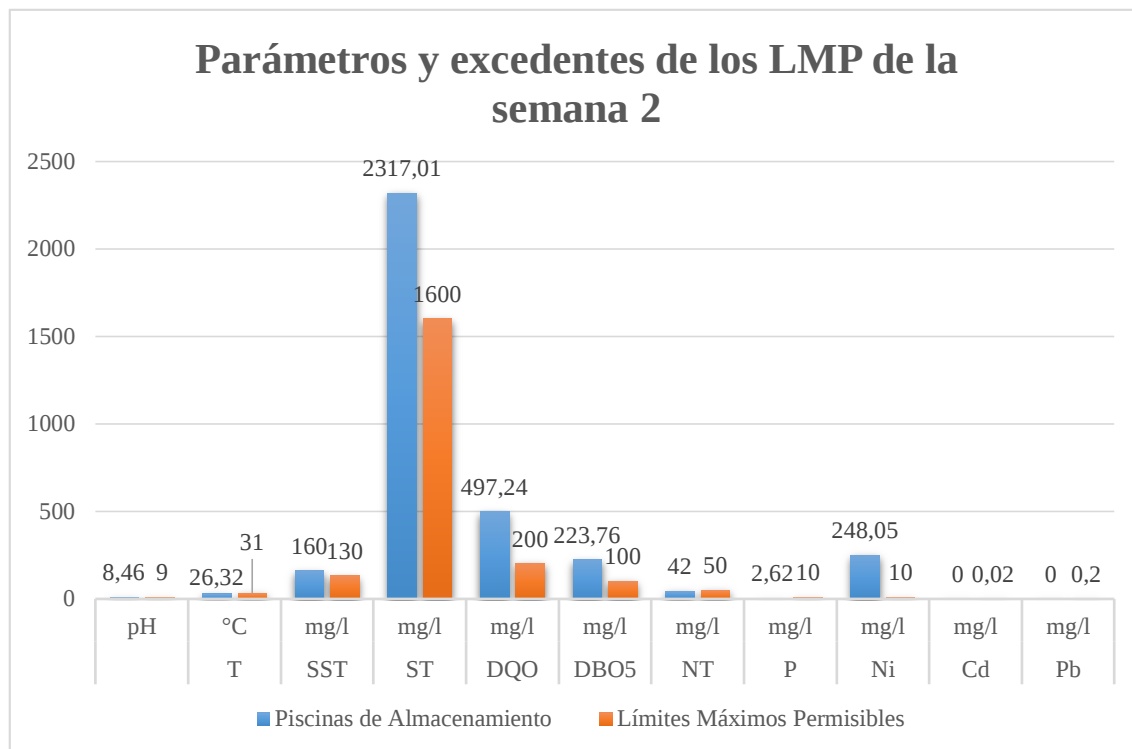
Gráfica 16: Parámetros establecidos en la tabla 9 AM 097A Semana 1

Para los Resultados de los análisis se realizó comparación con la normativa vigente del Ecuador, Acuerdo Ministerial 097 A; Tabla 9 LÍMITES DE DESCARGA HACIA UN CUERPO DE AGUA DULCE, en los datos de los resultados de la primera semana se obtuvo valores de los parámetros de: pH, Temperatura, Sólidos Suspendidos Totales, Fósforo Total, Cadmio y Plomo por debajo de los estándares establecidos, por ende si Cumplen con los Límites Máximos Permisibles. Para Sólidos Totales, DQO, DBO, Nitrógeno Total y Nitrato sobre pasan los estándares por ello No cumplen con los LMP establecidos. En el caso de Conductividad, Turbiedad y Sólidos Disueltos Totales no presentan límites máximos permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 097 A.

Tabla 30: Cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles para la semana 2

N°	Parámetros	Expresado como	Unidades	Semana 2				
				Entrada al Tanque Séptico	Salida del Tanque Séptico	Piscinas de Almacenamiento	Límites Máximos Permisibles	Descripción
1	Oxígeno Disuelto	OD	%	7,08	11,04	7,14		
2	pH	pH		7,80	8,99	8,46	6-9	Cumple
3	Conductividad		µs/cm	11950,00	1753	2729		
4	Temperatura	T	°C	27,25	27,03	26,32	Condición natural ± 3	Cumple
5	Turbiedad		NTU	485,35	<0,05	161,91		
6	Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	760,00	5,00	160,00	130	No Cumple
7	Sólidos Totales	ST	mg/l	8416,64	1639,87	2317,01	1600	No Cumple
8	Sólidos Disueltos Totales	SDT	mg/l	7648,00	1122	1746		
9	DQO	DQO	mg/l	1336,25	398,47	497,24	200	No Cumple
10	DBO	DBO5	mg/l	601,31	179,31	223,76	100	No Cumple
11	Nitrógeno Total	NT	mg/l	1190,00	56,00	42,00	50	Cumple
12	Fósforo Total	P	mg/l	13,87	1,39	2,62	10	Cumple
13	Nitrato	Ni	mg/l	725,30	203,2	248,05	10	No Cumple
14	Cadmio	Cd	mg/l	<0,03	<0,03	<0,03	0,02	Cumple
15	Plomo	Pb	mg/l	<0,30	<0,30	<0,30	0,2	Cumple

Elaboración: Williams Moreira



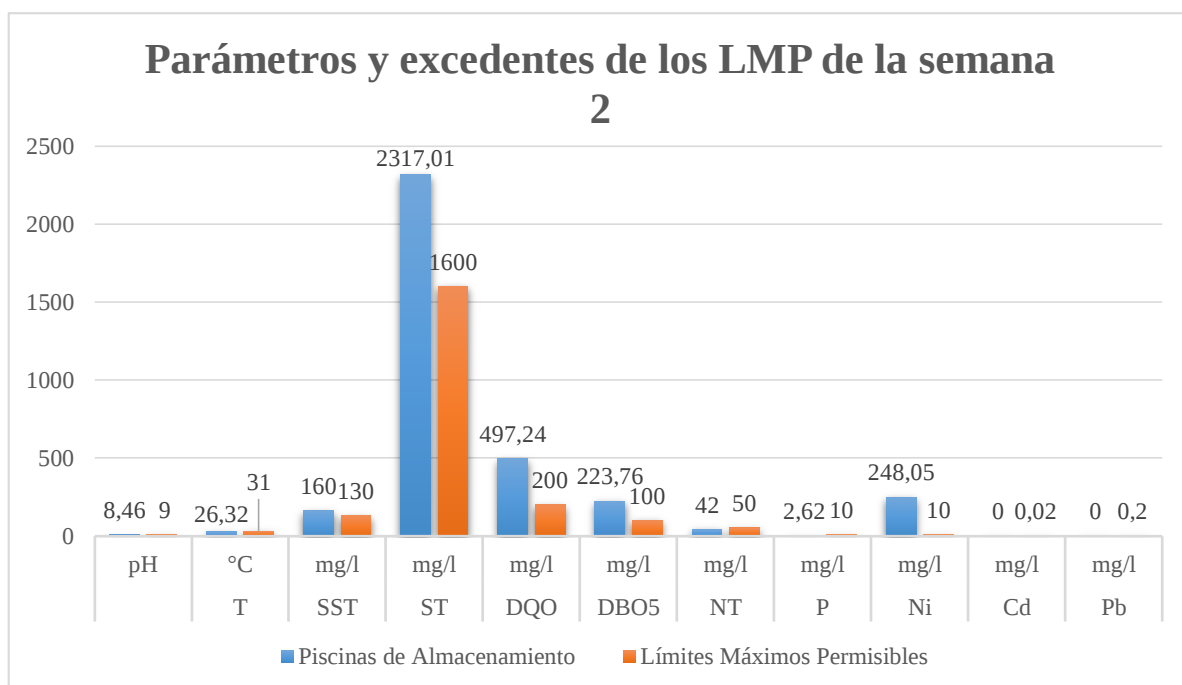
Gráfica 17: Parámetros establecidos en la tabla 9 AM097 A semana 2

Para los Resultados de los análisis se realizó comparación con la normativa vigente del Ecuador, Acuerdo Ministerial 097 A; Tabla 9 LÍMITES DE DESCARGA HACIA UN CUERPO DE AGUA DULCE, para los datos de los resultados de la segunda semana se obtuvo valores de los parámetros: pH, Temperatura, Nitrógeno Total, Fósforo Total, Cadmio y Plomo por debajo de los estándares establecidos por ende Si Cumplen con los LMP. Para Los Sólidos Suspendidos Totales, Sólidos Totales, DQO, DBO, y Nitrato sobre pasan los estándares por ello No cumplen con los LMP establecidos. En el caso de Conductividad, Turbiedad y Sólidos Disueltos Totales no presentan límites máximos permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 097 A.

Tabla 31: Cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles para la semana 3

N°	Parámetros	Expresado como	Unidades	Semana 3				
				Entrada al Tanque Séptico	Salida del Tanque Séptico	Piscinas de Almacenamiento	Límites Máximos Permisibles	Descripción
1	Oxígeno Disuelto	OD	%	8,03	11,02	8,05		
2	pH	pH		7,88	9,00	8,25	6-9	Cumple
3	Conductividad		µs/cm	8343	1811	2712		
4	Temperatura	T	°C	28,42	27,72	26,72	Condición natural ± 3	Cumple
5	Turbiedad		NTU	275,8	<0,05	171,47		
6	Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	300,00	7,00	250,00	130	No Cumple
7	Sólidos Totales	ST	mg/l	6227,05	1642,14	2222,34	1600	No Cumple
8	Sólidos Disueltos Totales	SDT	mg/l	5339	1159	1735		
9	DQO	DQO	mg/l	917,76	301,88	78,58	200	Cumple
10	DBO	DBO5	mg/l	412,99	135,89	35,36	100	Cumple
11	Nitrógeno Total	NT	mg/l	742,00	28,00	182,00	50	No Cumple
12	Fósforo Total	P	mg/l	13,86	2,44	8,42	10	Cumple
13	Nitrato	Ni	mg/l	449,84	161,56	232,03	10	No Cumple
14	Cadmio	Cd	mg/l	<0,03	<0,03	<0,03	0,02	Cumple
15	Plomo	Pb	mg/l	<0,30	<0,30	<0,30	0,2	Cumple

Elaboración: Williams Moreira



Gráfica 18: Parámetros establecidos en la tabla 9 AM097 A semana 3

Para los Resultados de los análisis se realizó comparación con la normativa vigente del Ecuador, Acuerdo Ministerial 097 A; Tabla 9 LÍMITES DE DESCARGA HACIA UN CUERPO DE AGUA DULCE, para los datos de los resultados de la primera semana se obtuvo valores de los parámetros: pH, Temperatura, DQO, DBO, Fósforo Total, Cadmio y Plomo por debajo de los estándares establecidos por ende Si Cumplen con los Límites

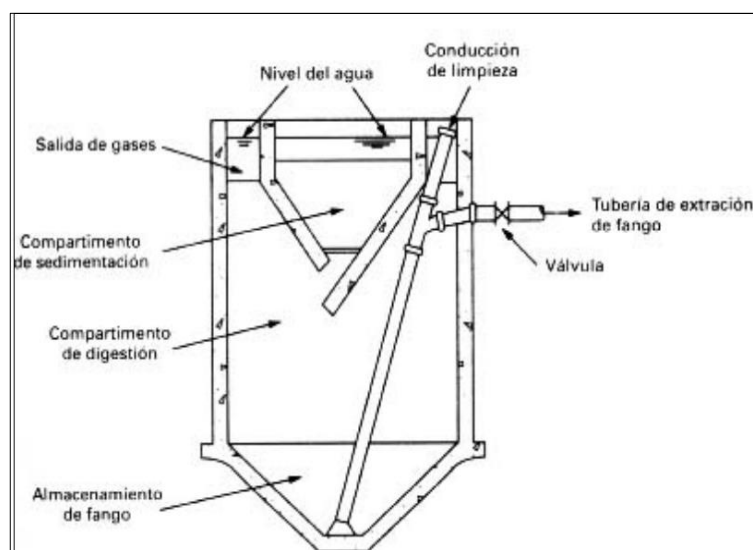
Máximos Permisibles. Para Sólidos Suspendedos Totales, Sólidos Totales, Nitrógeno Total, y Nitrato sobre pasan los estándares por ello No cumplen con los LMP establecidos. En el caso de Conductividad, Turbiedad y Sólidos Disueltos Totales no presentan límites máximos permisibles en el Acuerdo Ministerial 097 A.

4.4 Objetivo 4: Establecer alternativas de mejoramiento para la remoción de los contaminantes presentes en de la Planta de Tratamiento de Lixiviados.

4.4.1 1era Alternativa Tanque Imhoff

La remoción de sólidos sedimentables y la digestión anaeróbica de estos en un tanque Imhoff es similar a la del tanque séptico, con la diferencia de que en el tanque Imhoff el proceso de sedimentación ocurre en un compartimento superior y la digestión anaeróbica de los sólidos sedimentados en un compartimento inferior,

Estos sólidos pasan a través de una abertura en el fondo del compartimento de sedimentación hacia la zona no calefaccionada inferior donde ocurre la digestión. Las espumas se acumulan en el compartimento de la sedimentación y el gas producido en el compartimento inferior es evacuado mediante conductos de ventilación. Los lodos acumulados en el fondo del compartimento inferior son bombeados periódicamente.



Gráfica 19: Primera Alternativa Tanque Imhoff

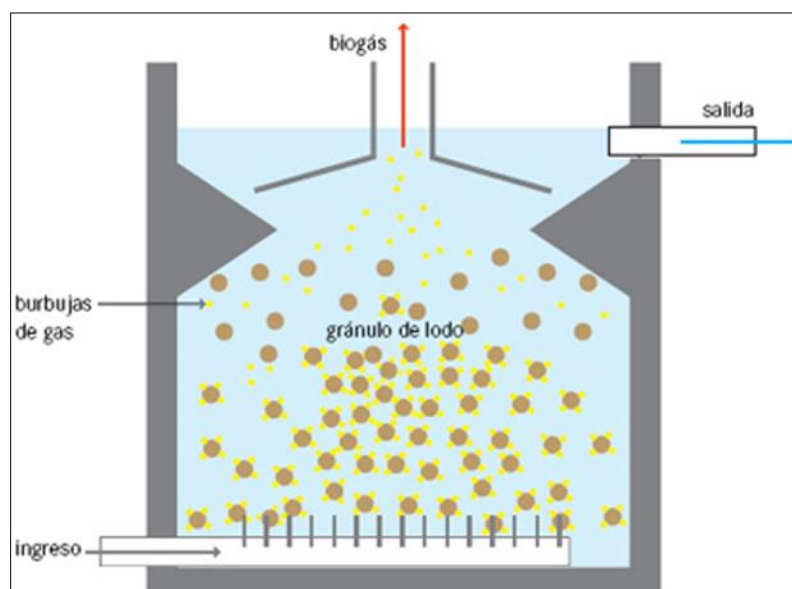
El Tanque Imhoff es una fuente de tratamiento primario cuyo principal objetivo es la remoción de sólidos suspendidos. Además, mantienen una operación bastante simple y no

necesita de procesos mecánicos, sin embargo, para su eficiente uso es necesario que el fluido de lixiviado pasen por los procesos de tratamiento preliminar de cribado y de remoción de arenas. Debido a la inutilización de unidades mecánicas el mantenimiento de este sistema consiste en la remoción diaria de espuma, la evacuación y la inversión del flujo dos veces al mes para que los sólidos se distribuyan uniformemente hacia los dos extremos del el tanque.

Los lodos que se acumulan se extraen frecuentemente y son conducidos a lechos de secado, donde el contenido de humedad es reducido por infiltración, mismo que posteriormente son retirados para ser enterrados o se los puede utilizar para mejoramiento de suelos (Hoffmann et al., 2011).

4.4.2 2da Alternativa Reactor UASB

El Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente con Manto de Lodos (UASB) es un tratamiento de tanque simple. Es un método de circulación de lixiviados mismas que entran en el reactor por la parte inferior e impulsadas hacia arriba, los líquidos son filtrados por una capa de lodo al ir atravesándolas. Es así como el reactor anaeróbico UASB es conocido como reactor de manto de lodos con flujo ascendente. En Latinoamérica este método se lo utiliza en muchas ocasiones en reemplazo al sedimentador primario (Caicedo & Molina, 2004).



Gráfica 20: 2da Alternativa Reactor UASB

La capa de lodos está formada por pequeñas agrupaciones (gránulos) de microbios de 0.5 a 2 mm de diámetro, mismo que por su propio peso se resisten a ser arrastrados. Estos microorganismos degradan los compuestos orgánicos, obteniendo como resultado la liberación de gases (bióxido de carbono y metano). Las burbujas son las encargadas de

mezclar los lodos sin la utilización de piezas mecánicas. El modelo de las paredes inclinadas vuelca el material que alcanza la superficie del tanque.

Los gases que ascienden a la superficie son almacenados en un domo y se le puede dar una utilización como fuente de energía (biogás). Este debe mantenerse a una velocidad ascendente entre 0.6 a 0.9 m/h para mantener en suspensión la capa de lodos.

Los Reactores UASB poseen un potencial de producción de un efluente de mejor calidad que los Tanques Sépticos aún con un reactor de menor volumen. Tienen la capacidad de eliminación del DQO del 85 a 90%, mantiene una alta reducción de materia orgánica, soporta elevados índices de carga orgánica hasta (10kg de DBO/m³/d) y de carga hidráulica, genera baja producción de lodos y el biogás puede ser reutilizado con limpieza previa.

En función de lo antes expuesto se propone dos alternativas de tratamiento: Tanque Imhoff y Reactor UASB, para mejorar la remoción de carga orgánica contaminante, entre el 50 al 80%.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones:

- Los valores de los parámetros de: pH, Temperatura, Sólidos Suspendidos Totales, Fósforo Total, Cadmio y Plomo por debajo de los estándares establecidos, por ende sí cumplen con los Límites Máximos Permisibles, en cambio para Sólidos Totales, DQO, DBO, Nitrógeno Total y Nitrato se encuentran por arriba de los estándares, por ello No Cumplen con los LMP establecidos. En el caso de Conductividad, Turbiedad y Sólidos Disueltos Totales no presentan límites máximos permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 097 A.
- La caracterización físico-química de los lixiviados producidos en el relleno sanitario demuestra que los parámetros como: pH, Temperatura, Sólidos Suspendidos Totales, Fósforo Total, Cadmio y Plomo por debajo de los estándares establecidos, por ende sí Cumplen con los Límites Máximos Permisibles para las descargas hacia un cuerpo de agua dulce.
- Los valores de Sólidos Totales, DQO, DBO, Nitrógeno Total y Nitrato sobre pasan los estándares por ello No cumplen con los LMP establecidos lo cual indica una alta concentración de materia orgánica en el lixiviado del relleno sanitario del Cantón Joya de los Sachas.
- Una de las causas para que el lixiviado presente valores altos y exceda la normativa es porque no existe una clasificación desde la fuente de producción de residuos.
- Con los resultados obtenidos de la caracterización físico-química de los lixiviados se puede comprobar que se trata de un lixiviado joven, debido a que presentan altos valores en ciertos parámetros.
- La planta de tratamiento de lixiviados del relleno sanitario del Cantón Joya de los Sachas, se encuentra en condiciones parciales de funcionamiento, debido a que tiene un tiempo de vida de 6 años, en lo cual actualmente no recirculación del lixiviado en las piscinas de oxidación.
- Si bien la planta de tratamiento de lixiviados está funcionando, esta no es capaz de cumplir con los límites máximos permisibles del Acuerdo Ministerial 097A que establece los Límites Máximos Permisibles para descargas hacia un cuerpo de agua dulce, es por esta razón que se plantean dos alternativas que ayuden a la disminución

de la DBO, DQO, Nitrógeno total y Nitrato, los cuales presentan altos valores de acuerdo a la caracterización realizada.

- En función de lo antes expuesto se propone dos alternativas de tratamiento: Tanque Imhoff y Reactor UASB, para mejorar la remoción de carga orgánica contaminante, entre el 50 al 80%.

5.2 Recomendaciones:

- Realizar una caracterización de los lixiviados generados en un tiempo más prolongado, para evidenciar la variación de las temporadas en épocas lluviosas y secas.
- Para el área donde se encuentra la planta de tratamiento de lixiviados es necesario colocar señaléticas de prevención, para evitar accidentes del personal que labora en las diferentes áreas.
- Realizar una caracterización microbiológica de las muestras de lixiviados recolectadas durante los tiempos de muestreo señalados.

CAPÍTULO VI

6. BIBLIOGRAFÍA

- Alexander, Á. C., & John, S. G. (2006). Tratamiento biológico del lixiviado generado en el relleno sanitario. *Ingeniería y Desarrollo*, 95-105.
- APHA. (1999). Estándar Methods for the Examination of water and Wastewater (20nd ed.). American Water Works Association.
- APHA. (2005). Estándar Methods for the Examination of water and Wastewater (21nd ed.). American Water Works Association.
- APHA. (2012). Estándar Methods for the Examination of water and Wastewater (22nd ed.). American Water Works Association.
- Arrechea, A., Lopez, M., & Gonzales, O. (2015). Propuesta para tratamiento de lixiviados en un vertedero de residuos sólidos urbanos Proposal for leachates treatment in a municipal solid waste landfill, 36(2), 3-16. Retrieved from <http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v36n2/riha01215.pdf>
- Barradas, A. (2009). *Gestión de Residuos Sólidos Municipales*. Universidad Politécnica de Madrid. Retrieved from http://oa.upm.es/1922/1/Barradas_MONO_2009_01.pdf
- Caicedo, F., & Molina, J. (2004). Remoción de materia orgánica de lixiviados del relleno sanitario La Esmeralda por medio de un reactor U.A.S.B. Universidad de Colombia-Sede Manizales. Retrieved from <http://www.bdigital.unal.edu.co/71213/>
- Contreras S, Maira J (2008). Evaluación de experiencias locales urbanas desde el de sostenibilidad: el caso de los desechos sólidos del municipio de Los Patios (Norte de Santander, Colombia). *Trabajo Social* (10), 109-134.
- Droppelmann, C. V, & Oettinger, M. (2009). Tratamiento en Lodo Activado del Lixiviado de un Relleno Sanitario. *Información Tecnológica*, 20(1), 11-19 <https://doi.org/10.1612/inf.tecnol.3916it.07>
- Durán, A., Ramírez, R., & Durán, A. (2014). Bioadsorción de lixiviados viejos clarificados. *Instituto de Ingeniería UNAM*, (December 2014). Retrieved from <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/mexico13/055.pdf>
- Espinoza, M., Torres, M. L., Arrechea, A. P., Navarrete, J. G., León Hernández, Y., Llaguno, Y. Á., ... Fernández Colomina, A. (2010). Caracterización de los Lixiviados del Vertedero de Residuos Urbanos, Calle 10 Ciudad de la Habana, Cuba., 27(1). Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/4435/443543719005.pdf>
- Flores, B. (2013). *Evaluación Técnica y Ambiental del Relleno Sanitario de Yuracasha*,

- perteneciente al canton Cañar, Provincia del Cañar.* Universidad Católica de Cuenca. Retrieved from [http://dspace.ucacue.edu.ec/bitstream/reducacue/5515/1/FLORES E. BAYRON J..pdf](http://dspace.ucacue.edu.ec/bitstream/reducacue/5515/1/FLORES_E.BAYRON_J..pdf)
- Gábor, K., & Guillermo, A. (2006). Los productos y los impactos de la descomposición de residuos sólidos urbanos en los sitios de disposición final. *Gaceta Ecológica*, 79, 39–51. Retrieved from <http://estudiosterritoriales.org/resumen.oa?id=53907903>
- Giraldo, E. (2001). Tratamiento De Lixiviados De Rellenos Sanitarios: Avances Recientes. *Revista de Ingeniería*, (14), 44–55. <https://doi.org/10.16924/riua.v0i14.538>
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Joya de los Sachas. (2012). TERMINOS DE REFERENCIA PARA LA EJECUCIÓN DEL ESTUDIO EX POST DE IMPACTO AMBIENTAL Y PLAN DE MANEJO AMBIENTAL PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL RELLENO SANITARIO DEL CANTON LA JOYA DE LOS SACHAS . Joya de los Sachas.
- Gonzales, S. (2014). Mejoramiento de la eficiencia de sistemas anaerobios y aerobios de tratamiento de aguas residuales domésticas a través de humedales artificiales. Corporación Universitaria Minuto de Dios.
- Gomez, H., Cruz, C., Porcel, R., & Velasco, F. (2015). Impacto del Lixiviado generado en el relleno sanitario municipal de Linares (Nuevo León) sobre la calidad del agua superficial y subterránea. *Revista Mexicana de Ciencias Biológicas*, 32(3), 514-526. Retrieved from <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmcg/v32n3/2007-2902-rmcg-32-03-00514.pdf>
- Hach. (2009). Herramientas para análisis de agua para laboratorio y proceso. Retrieved from <https://es.scribd.com/doc/55187853/catalogo-Hach-Agua-de-calidad>
- Hoffmann, H., Platzer, C., Winker, M., & Muench, E. Von. (2011). Revisión Técnica de Humedales Artificiales de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas grises y aguas domésticas. Agencia de Cooperación Internacional de Alemania GIZ Programa de Saneamiento Sostenible ECOSAN, 38. Retrieved from <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Revisión+Técnica+de+Humedales+Artificiales+de+flujo+superficiales+para+el+tratamiento+de+aguas+grises#0>
- INEC. (2016). *Estadística de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales – 2016 Dirección responsable de la información estadística y contenidos: Realizador: Directora de Estadísticas Agropecuarias y Ambientales: Coordinador de P.* Quito-Ecuador. Retrieved from

- http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Encuestas_Ambientales/Gestion_Integral_de_Residuos_Solidos/2016/Documento_tecnico_Residuos_solidos_2016_F.pdf
- Jerez, J. (2013). *Remoción de metales pesados en lixiviados mediante fitorremediación*. Universidad de Costa Rica. Retrieved from <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/1890>
- Juana, R. I. de la. (2005). *Proyectos de Plantas de Tratamiento de Aguas; Aguas de proceso, residuales y de refrigeración*. (Bellisco, Ed.) (1st ed.). Madrid.
- Lapeña, M. R. (1999). *Tratamiento de aguas residuales: Agua de proceso y residuales* (Alfaomega). México-Distrito Federal. Retrieved from https://books.google.com.ec/books?id=fQcXUq9WFC8C&pg=PA37/lpg=PA37&dq=tratamiento+de+aguas+residuales:+aguas+de+procesos,+residuos+rigola&source=bl&ots=O4ezT03M2a&sig=FdUAD8rjR75_wuXRjIyPqyNQuY&hl=es&sa=X&ved=0a_hUKEwjDxl_UnoTbAhXlpVkKHVnWDQ8Q6AEIYzAL#v=o
- López, L. (2011). *Diagnóstico, caracterización y propuesta de tratamiento de los lixiviados generados en el relleno sanitario de la ciudad de Ambato*. Escuela Politécnica Nacional.
- Martinez-Lopez, A. G., Padrón-Hernández, W., Rodríguez-Bernal, O. F., Chiquito-Coyotl, O., Escarola-Rosas, M. A., Hernández-Lara, J. M., ... Martínez-Castillo, J. (2014). Alternativas actuales del manejo de lixiviados. *Avances En Química*, 9(1), 37–47. Retrieved from www.saber.ula.ve/avancesenquimica
- Medina, A. (2014). *Diseño de un Sistema de Tratamiento para Lixiviados Generados en la Ciudad de Chunchi*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Retrieved from <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3651/1/96T00266> UDCTFC.pdf
- Meléndez, C. 2004. *Guía práctica para la operación de celdas diarias en rellenos sanitarios pequeños y medianos* PROARCA. http://www.ccad.ws/proarca/p_proarca/pdf_sigma/Guia_Celdas_Rellenos_Final_web.pdf. Último acceso diciembre 22 de 2009
- Méndez, R. N., Castillo, E. B., Sauri, M. R. R., Quintal, C. F., Giacomani, G. V., & Jiménez, B. M. (2004). Tratamiento fisicoquímico de los lixiviados de un relleno sanitario. *Red de Revistas Científicas de América Latina Y El Caribe, España Y Portugal*, 8(2), 155–163. Retrieved from
- Méndez, R., Cachón, E., Sauri, M., & Castillo, E. (2002). Influencia del material de cubierta en la composición de los lixiviados de un relleno sanitario. *Ingeniería*, 6(2), 7–12. Retrieved from <http://www.revista.ingenieria.uady.mx/volumen6/influencia.pdf>

- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2010). Informe de Gestión MAE-PNGIDS 2010-2013 Programa Nacional de Gestión de Desechos Sólidos. Quito. Retrieved from <http://suia.ambiente.gob.ec/documents/10179/254996/Informe+Gestión+detallado+MAE-PNGIDS+2010-2013.pdf/0b66flc8-98bc-430a-bdab-75f8e7afeed0>
- Noeggerath, I. M., & Mayra Alejandra Salinas. (2011). *Análisis comparativo de tecnologías para el tratamiento de lixiviados en rellenos sanitarios*. Universidad Veracruzana. Retrieved from <https://es.scribd.com/document/239821557/No-Egger-a-Th-Franco-y-Salinas-Castillo>
- Organización Mundial de la Salud, (2003) Total dissolved solids in drinking-water. Documento de referencia para la elaboración de las Guías de la OMS para la calidad de agua potable. Ginebra (Suiza)
- Pinilla, M. (2015). *Propuesta de educación ambiental que pueda contribuir al manejo adecuado de los residuos sólidos domiciliarios en el sector urbano del municipio-Boyaca. Línea de Investigación : Biosistemas Integrados*. Universidad de Manizales. Retrieved from http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/2109/MeryPinilla_Residuos_Sólidos.pdf?sequence=1
- Rivera, N. L. (2009). *Propuesta de un programa para el manejo de los residuos sólidos en la plaza de mercado cerete-Cordoba*. Pontificia Universidad Javeriana. Retrieved from <http://javeriana.edu.co/biblos/tesis/eambientales/tesis64.pdf>
- Rojas, J. A. R (2009). Calidad del Agua (Escuela Co). Bogota.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H., & Vigil, S. (1994). Gestión Integral de Residuos Sólidos. (Interamericana de España S.A, Ed.). España.
- Vaquero, I. (2004). Manual de Diseño y Construcción de Vertederos de Residuos Sólidos Urbanos. Madrid: E.T.S.I.Minas-U.P.M.
- Alexander, Á. C., & John, S. G. (2006). Tratamiento biológico del lixiviado generado en el relleno sanitario. Ingeniería y Desarrollo, 95-105. <https://www2.uned.es/biblioteca/rsu/pagina3.htm>

CAPÍTULO VII

7. ANEXOS

Constitución de la República del Ecuador 2008	Art. 12.- El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida. Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, <i>sumak kawsay</i>. Art. 264.- Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley: Numeral 4.- Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley.
Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD)	Art. 136.- Ejercicio de las competencias de gestión ambiental.- Los gobiernos autónomos descentralizados municipales establecerán, 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.
Código Orgánico Ambiental (COA)	Art. 231.- Obligaciones y responsabilidades. Serán responsables de la gestión integral de residuos sólidos no peligrosos a nivel nacional, los siguientes actores públicos y privados: Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales o Metropolitanos serán los responsables del manejo integral de residuos sólidos no peligrosos y desechos sanitarios generados en el área de su jurisdicción, por lo tanto están obligados a fomentar en los generadores alternativas de gestión, de acuerdo al principio de jerarquización, así como la investigación y desarrollo de tecnologías. Estos deberán establecer los procedimientos adecuados para barrido, recolección y transporte, almacenamiento temporal de ser el caso, acopio y transferencia, con enfoques de inclusión económica y social de sectores vulnerables. Deberán dar tratamiento y correcta disposición final de los desechos que no pueden ingresar nuevamente en un ciclo de vida productivo, implementando los mecanismos que permitan la trazabilidad de los mismos (...) (Ministerio del Ambiente del Ecuador-COA, 2017).

	Art. 233.- Aplicación de la Responsabilidad extendida: La Autoridad Ambiental Nacional, a través de la normativa técnica correspondiente, determinará los productos sujetos a REP, las metas y los lineamientos para la presentación del programa de gestión integral (PGI) de los residuos y desechos originados a partir del uso o consumo de los productos regulados. Estos programas serán aprobados por la Autoridad Ambiental Nacional, quien realizará la regulación y control de la aplicación de la Responsabilidad Extendida del Productor (Ministerio del Ambiente del Ecuador-COA, 2017).
Ley Orgánica de Salud	Art. 100.- La recolección, transporte, tratamiento y disposición final de desechos es responsabilidad de los municipios que la realizarán de acuerdo con las leyes, reglamentos y ordenanzas que se dicten para el efecto, con observancia de las normas de bioseguridad y control determinadas por la autoridad sanitaria nacional. El Estado entregará los recursos necesarios para el cumplimiento de lo dispuesto en este artículo.
Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA) Acuerdo N° 061 Reforma del Libro VI	Art. 57 Responsabilidades de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales.- Garantizarán el manejo integral de residuos y/o desechos sólidos generados en el área de su competencia, ya sea por administración o mediante contratos con empresas públicas o privadas; promoviendo la minimización en la generación de residuos y/o desechos sólidos, la separación en la fuente, procedimientos adecuados para barrido y recolección, transporte, almacenamiento temporal de ser el caso, acopio y/o transferencia; fomentar su aprovechamiento, dar adecuado tratamiento y correcta disposición final de los desechos que no pueden ingresar nuevamente a un ciclo de vida productivo; además dar seguimiento para que los residuos peligrosos y/o especiales sean dispuestos, luego de su tratamiento, bajo parámetros que garanticen la sanidad y preservación del ambiente (Ministerio de Ambiente del Ecuador, 2015).
	Art. 195 Responsabilidad.- La Autoridad Ambiental Competente en ningún caso será responsable por emisiones, descargas y vertidos que contengan componentes diferentes o que no cumplan con los límites establecidos reportados por el Sujeto de Control quien será responsable en el ámbito administrativo, civil, o penal (Ministerio de Ambiente del Ecuador, 2015).

Art. 209 De la calidad del agua.- Son las características físicas, químicas y biológicas que establecen la composición del agua y la hacen apta para satisfacer la salud, el bienestar de la población y el equilibrio ecológico. La evaluación y control de la calidad de agua, se la realizará con procedimientos analíticos, muestreos y monitoreos de descargas, vertidos y cuerpos receptores. Toda actividad antrópica deberá realizar las acciones preventivas necesarias para no alterar y asegurar la calidad y cantidad de agua de las cuencas hídricas, la alteración de la composición físico-química y biológica de fuentes de agua por efecto de descargas y vertidos líquidos o disposición de desechos en general u otras acciones negativas sobre sus componentes, conllevará las sanciones que correspondan a cada caso (Ministerio de Ambiente del Ecuador, 2015).

Anexo 1: Marco Legal



Anexo 3: Equipo multiparamétrico HANNA HI98194



Anexo 2: Toma de muestra en la Entrada al Tanque Séptico



Anexo 5: Toma de muestra a la salida del Tanque Séptico



Anexo 4: Toma de muestra en las Piscinas de Almacenamiento



Anexo 6: Medición de OD y Temperatura "in-situ" (Equipo multiparamétrico).



Anexo 9 Anexo 6: Medición de OD y Temperatura "in-situ" (Equipo multiparamétrico).



Anexo 8: Medición de OD y Temperatura "in-situ" (Equipo multiparamétrico).



Anexo 7: Análisis de metales mediante Absorción Atómica



Anexo 11: Muestras recolectadas y etiquetadas



Anexo 10: Medición de OD y Temperatura "in-situ" (Equipo multiparamétrico).