

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
DEPARTAMENTO CIENCIAS DE LA VIDA
ESCUELA DE INGENIERIA AMBIENTAL



Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de:
INGENIERA AMBIENTAL

Título del Proyecto de Investigación
**“CARACTERIZACIÓN FÍSICO, QUÍMICA DE LA PLANTA
DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS DEL RELLENO
SANITARIO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA”**

Joselyn Michelle Pullugando Guevara

Autora

Msc. Billy Coronel

Director del Proyecto:

PUYO-ECUADOR

2018

Declaración de autoría y cesión de derechos

Yo, JOSELYN MICHELLE PULLUGANDO GUEVARA, con C.I. N°:180538733-7, declaro ser la autora principal del Proyecto de Investigación con el tema: “CARACTERIZACIÓN FISICO QUIMICA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS DEL RELLENO SANITARIO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA”, mismo que se ha elaborado con el asesoramiento del Msc. BILLY CORONEL.

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

JOSELYN MICHELLE PULLUGANDO GUEVARA

Certificación de culminación del Proyecto de Investigación

Por medio del presente Yo, BILLY DANIEL CORONEL ESPINOZA con número de cédula 110321138-7 certifico, que la señorita JOSELYN MICHELLE PULLUGANDO GUEVARA, egresada de la Escuela de Ingeniería Ambiental de la Universidad Estatal Amazónica, realizo el Proyecto de Investigación titulado “CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS DEL RELLENO SANITARIO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA”, previo a la obtención del título de Ingeniera Ambiental bajo mi supervisión.

MSc. Billy Daniel Coronel Espinoza

DIRECTOR DEL PROYECTO

**Certificado del Reporte de la herramienta de
prevención de coincidencia y/o plagio académico**

Certificado de aprobación por Tribunal de Sustentación

Los miembros del tribunal de sustentación, Aprueban el informe final de la Investigación sobre el Tema: “CARACTERIZACIÓN FÍSICO, QUÍMICA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS DEL RELLENO SANITARIO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA” de autoría de la Srta. JOSELYN MICHELLE PULLUGANDO GUEVARA, egresada de la carrera de Ingeniería Ambiental.

MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Dr. Luis Bravo Sánchez
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

MSc. María Ilusión Solís
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Dra. Margarita Jara Arguello
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Agradecimiento

Le agradezco a Dios por haberme dado salud, por acompañarme a lo largo de mi carrera universitaria y por haberme brindado una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

A mi madre Herminia Guevara y mi padre Gustavo Pullugando por brindarme la oportunidad de estudiar, por sus consejos, enseñanzas de valores para ser una persona de bien y sobre todo por su amor incondicional.

A mí misma que gracias a mi esfuerzo y fortaleza necesaria para culminar mi carrera y poder lograr una de mis metas establecidas en la vida.

Al resto de mi familia que me apoyaron moralmente en la culminación de mis estudios.

A mi director de Proyecto MSc. Billy Coronel por su esfuerzo y dedicación, quien con sus amplios conocimientos, experiencia y paciencia ha logrado que en mí pueda terminar mis estudios con éxito.

Al MSc. Marlon Guevara alcalde del Cantón Baños de Agua Santa por darme la oportunidad de realizar mi proyecto de Investigación en el Cantón.

Al Ing. Carlos Jaramillo, Ing. Lucia Paredez y al Sr Mario Sánchez que me apoyaron incondicionalmente en el desarrollo de mi formación profesional en CELEC-EP.

Al Ing. Carlos León jefe de la Jefatura de Medio Ambiente del Cantón Baños de Agua Santa por brindarme su apoyo en el proyecto de Investigación.

A la Universidad Estatal Amazónica por haberme abierto sus puertas y permitirme educarme en sus aulas y los docentes de la UEA porque cada uno apoyo con un granito de arena para adquirir los conocimientos necesarios para poder culminar mis estudios.

Agradezco a mis amigos (as) María José Chilingua, Daniela Marizande, Marcelo Shiguango, Wilmer Shiguango, Heidi Guevara, Jocelyn Guerrero, Jenny Castro, Edwin Collahuaso, David Granizo, entre otros, así como a mis compañeros (as) de aula, facultad y de universidad por estos cinco años que hemos compartido y que me permitieron entrar en su vida dentro y fuera del salón de clase.

“Insistir, persistir, resistir y nunca desistir

Dedicatoria

Dedico mi proyecto de investigación a mis padres por su sacrificio y esfuerzo por darme una carrera para mi futuro, les agradezco el cariño y su comprensión a ustedes quienes han sabido formarme con buenos sentimientos y valores lo cual me ha ayudado a salir adelante buscando siempre lo mejor para mí.

Resumen

Mundialmente se genera una excesiva cantidad de residuos por el aumento de la población y la creación de nuevas tecnologías, desarrollando nuevos hábitos de consumo a la población ocasionando un desequilibrio en el planeta. El líquido que resulta de la descomposición de los residuos sólidos se denomina lixiviado, este presenta altos valores de materia orgánica, dependiendo de varios factores como son la humedad, precipitación, y el grado de compactación, el cual influye en la contaminación ambiente y más si es un lixiviado joven. La investigación realizada tuvo como finalidad la caracterización de los lixiviados generados en el relleno sanitario del Cantón Baños de Agua Santa, en cada uno de sus procesos de tratamiento para así analizar el funcionamiento de la PTL, además de verificar si cumple con la normativa de límites máximos permisibles para que los mismos puedan ser descargados hacia la cuenca hídrica. Para los análisis se tomaron 6 muestras en tres semanas, los análisis se realizaron en los laboratorios de la UNACH y de la UEA. El muestreo se lo realizó en los siguientes puntos: Ingreso al sedimentador, ingreso al humedal y salida del humedal. El lixiviado del relleno sanitario de cantón Baños de Agua Santa presenta una alta concentración de materia orgánica, en donde la mayor parte de los parámetros analizados exceden los límites máximos permisibles del Acuerdo Ministerial 097 A, estos son: DQO 2391 mg/l; DBO 1582 mg/l Nitrógeno Total 1108 mg/l Cadmio 0,031 mg/l y Plomo 0,27 mg/l. La planta de tratamiento de lixiviados se encuentra en buenas condiciones y basándonos en los resultados de los análisis podemos constatar que se encuentra funcionando correctamente, en especial el humedal el cual remueve gran parte de la carga contaminante.

Palabras claves: Lixiviado, relleno sanitario, Humedal artificial, Demanda Química de Oxígeno

Abstract

Globally an excessive amount of waste is generated by the increase of the population and the creation of new technologies, developing new consumption habits of the population, causing an imbalance in the planet. The liquid that results in the decomposition of solid liquids is called leachate, this presents high values of organic matter, depends on several factors such as air humidity, precipitation, and the degree of compaction, which influences the pollution of the environment and more if it's a young leachate. The purpose of the research was to characterize the leachate generated in the sanitary landfill of the Cantón Baños de Agua Santa, in each of its treatment processes in order to analyze the operation of the PTL, as well as to verify if it complies with the limits regulation. maximum allowable so that they can be discharged to the water basin. For the analyzes, 6 samples were taken in three weeks, the analyzes were carried out in the laboratories of the UNACH and the UEA. The sampling was carried out in the following points: Entrance to the sedimentation plant, entrance to the wetland and exit of the wetland. The leachate of the sanitary landfill of Cantón Baños de Agua Santa presents a high concentration of organic matter, where most of the parameters analyzed exceed the maximum permissible limits of Ministerial Agreement 097 A, these are: DQO 2391 mg / l; DBO 1582 mg / l Total Nitrogen 1108 mg / l Cadmium 0.031 mg / l and Lead 0.27 mg / l. The leachate treatment plant is in good condition and based on the results of the analyzes we can verify that it is working properly, especially the wetland which removes a large part of the pollutant load.

Keywords: Leachate, sanitary landfill, artificial Wetland, Chemical Oxygen Demand

INDICE	
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
JUSTIFICACIÓN.....	2
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
OBJETIVOS.....	3
Objetivo General.....	3
Objetivos Específicos	3
CAPÍTULO II.....	4
ANTECEDENTES.....	4
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
Residuos Sólidos Urbanos	5
Clasificación de los Residuos sólidos.....	5
Generación de residuos sólidos urbanos en Ecuador.....	5
Lixiviados	7
Generación de Lixiviados	7
Calidad de los Lixiviados	8
Cantidad de los lixiviados.....	9
Caracterización de Lixiviados.....	10
Oxígeno Disuelto (OD).....	10
Temperatura	10
Potencial de Hidrógeno (pH)	10
Conductividad	11
Turbiedad	11
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	11
Sólidos Totales (ST).....	11
Sólidos Disueltos Totales (SDT).....	11
Demanda Química de Oxígeno (DQO).....	11
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	12
Nitrógeno Total	12
Fósforo Total.....	12
Nitrato.....	12
Cadmio	12
Plomo.....	13

Tratamiento de Lixiviados.....	13
Características de los Lixiviados	13
Tratamiento biológico.....	14
Procesos anaerobios.....	14
Procesos Aerobios.....	14
Sistemas Naturales.....	14
Humedales de flujo subsuperficial (HFSS)	15
Plantas Acuáticas para el tratamiento de aguas residuales y Lixiviados	15
Totora (<i>Scirpus californicus</i>)	15
Características de la Totora.	15
Marco Legal.....	16
Constitución de la República del Ecuador 2018	16
Código Orgánico de Organización Territorial, autonomía y descentralización.....	16
(COOTAD).....	16
Código Orgánico Ambiental (COA)	16
Ley Orgánica de la Salud	17
Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA) Acuerdo N° 061 Reforma del Libro VI	17
Acuerdo Ministerial No 097 -A-Reforma Del Libro VI del TULSMA.....	18
CAPÍTULO III.....	19
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
Línea Base.....	19
Localización	19
Hidrología.....	20
Condiciones Climáticas.....	21
Temperatura	21
Precipitación.....	21
Geología	21
Geomorfología	22
Uso de suelo	23
Características Demográficas.....	24
Eliminación de la basura representada en el total de viviendas	25
Proyección de la Población para el año 2018	26

Identificación Del Relleno Sanitario.....	28
Generación de Residuos Sólidos.....	28
Mercados	28
Camal	29
Industrias	29
Centros de Salud.....	29
Recolección de Residuos Sólidos	29
Disposición Final De Residuos Sólidos.....	30
Volumen de residuos sólidos	31
Tipo de Investigación.....	32
Método de Investigación.....	32
DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	32
Objetivo 1 Determinar las características físicas y químicas de la planta de tratamiento de Lixiviados.....	32
Muestreo.....	32
Método De Muestreo.....	33
Muestra puntual.....	33
Cronograma de Muestreo	33
Materiales	34
Etiquetado.....	35
Parámetros Físico y Químicos.....	35
Conservación y Almacenamiento de las muestras	36
Determinación de Análisis Físicos y Químicos	36
Determinación de Oxígeno Disuelto (OD).....	36
Determinación de Temperatura	37
Determinación de Potencial de Hidrógeno (pH)	37
Determinación de la Conductividad	37
Determinación de Turbiedad	38
Determinación de Sólidos Suspendidos Totales (SST)	38
Determinación de Sólidos Totales (ST)	39
Determinación de Sólidos Disueltos Totales (SDT).....	39
Determinación de Demanda Química de Oxígeno (DQO).....	39
Determinación de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	40
Determinación de Nitrógeno Total	41
Determinación de Fósforo Total.....	41

Determinación de Nitrato	42
Determinación de Cadmio.....	42
Determinación de Plomo.....	43
Objetivo 2 Identificar el cumplimiento de la normativa vigente establecida en el Acuerdo Ministerial 097 A.....	44
Objetivo 3 Diagnosticar del funcionamiento de la planta de tratamiento de lixiviados. .	44
Método Volumétrico	44
Objetivo 4 Establecer alternativas de mejoramiento en la remoción de los contaminantes dentro de la planta de tratamiento de lixiviados.....	45
CAPÍTULO IV.....	46
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	46
Objetivo 1 Determinar las características Físicas y Químicas de la planta de tratamiento de Lixiviados.....	46
Oxígeno Disuelto.....	46
Potencial de Hidrógeno	47
Conductividad	49
Temperatura	50
Turbiedad	51
Sólidos Suspendidos Totales.....	52
Sólidos Totales	54
Sólidos Disueltos Totales.....	55
Demanda Química de Oxígeno (DQO).....	57
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	58
Nitrógeno Total	59
Fósforo Total	61
Nitrato.....	62
Cadmio	63
Plomo	65
Objetivo 2 Identificar el cumplimiento de la normativa vigente establecida en el Acuerdo Ministerial 097 A.....	66
Objetivo 3 Diagnosticar del funcionamiento de la planta de tratamiento de lixiviados. .	69
Observaciones técnicas a la PTL.....	71
Sedimentador primario de doble cámara.....	72
Filtro Biológico anaeróbico.....	73
Humedal artificial de flujo subsuperficial.....	74

Objetivo 4. Establecer alternativas de mejoramiento en la remoción de los contaminantes dentro de la planta de tratamiento de lixiviados.	75
1era Alternativa: Tanque Imhoff	75
Cálculo de Diseño para la población del año 2010	76
Cálculo de Diseño para la población del año 2018	78
2da Alternativa: Reactor UASB.....	81
Vegetación Para Humedales Artificiales.....	82
3ra Alternativa: Carrizo (<i>Phragmites australis</i>).....	82
4ta Alternativa: Papiro (<i>Cyperus Papyrus</i>).....	83
Efectos de las especies (<i>Phragmites australis</i>) y (<i>Cyperus Papyrus</i>) en humedales artificiales	84
CAPÍTULO V.....	86
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	86
Conclusiones	86
Recomendaciones	87
CAPÍTULO VI.....	88
BIBLIOGRAFÍA.....	88
CAPÍTULO VII.....	95
ANEXOS.....	95

INDICE DE MAPAS

Mapa 1 Ubicación Geográfica del Relleno Sanitario	20
Mapa 2 Hidrología del Cantón Baños de Agua Santa	21
Mapa 3 Geología del Cantón Baños de Agua Santa.....	22
Mapa 4 Geomorfología del Cantón Baños de Agua Santa.....	23
Mapa 5 Uso de Suelo del Cantón Baños de Agua Santa	24
Mapa 6 Área de muestreo	33
Mapa 7 Puntos de Medición de Caudales.....	69

INDICE DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 1 Antiguo Vertedero a Cielo Abierto.....	4
Fotografía 2 Mercado Municipal del Cantón	29
Fotografía 3 Camión recolector de los desechos	30
Fotografía 4 Actual Disposición Final de los residuos en la celda emergente N°2	30

Fotografía 6 Pozos de Revisión.....	71
Fotografía 7 Estado Actual del Sedimentador de doble cámara.....	72
Fotografía 8 Estado Actual de filtro anaeróbico.....	73
Fotografía 9 Estado Actual del Humedal	74
Fotografía 10 Tercera Alternativa: (Phragmites australis)	83
Fotografía 11 Cuarta Alternativa (Cyperus Papyrus)	84

INDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1 Distribución de la Población del Cantón Baños de Agua Santa Censo 2010.....	25
Gráfica 2 Proyección de la Población 2018.....	27
Gráfica 3 Distribución de la Población del Cantón Baños de Agua Santa - 2010-2018	28
Gráfica 4 Composición de los residuos sólidos.....	31
Gráfica 5 Distribución y Frecuencia del Oxígeno Disuelto	46
Gráfica 6 Distribución y Frecuencia del Potencial de Hidrógeno	48
Gráfica 7 Distribución y Frecuencia de la Conductividad	49
Gráfica 8 Distribución y Frecuencia de la Temperatura.....	50
Gráfica 9 Distribución y Frecuencia de la Turbiedad.....	51
Gráfica 10 Distribución y Frecuencia de los Sólidos Suspendidos Totales	53
Gráfica 11 Distribución y Frecuencia de los Sólidos Totales	54
Gráfica 12 Distribución y Frecuencia de Sólidos Disueltos Totales	56
Gráfica 13 Distribución y Frecuencia DQO	57
Gráfica 14 Distribución y Frecuencia DBO	58
Gráfica 15 Distribución y Frecuencia del Nitrógeno Total	60
Gráfica 16 Distribución y Frecuencia del Fósforo Total.....	61
Gráfica 17 Distribución y Frecuencia de Nitrato.....	62
Gráfica 18 Distribución y Frecuencia del Cadmio	64
Gráfica 19 Distribución y Frecuencia del Plomo	65
Gráfica 20 Diseño de la Planta de Tratamiento de Lixiviados del Cantón Baños de Agua Santa	71
Gráfica 21 Diseño del sedimentador de doble cámara	72
Gráfica 22 Diseño del Filtro Anaeróbico	73
Gráfica 23 Diseño del Humedal Flujo Subsuperficial.....	74

Gráfica 24 Primera Alternativa: Diseño del tanque Imhoff	75
Gráfica 25 Segunda Alternativa: Diseño del Reactor UASB	82

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Producción per-cápita a nivel regional	6
Tabla 2 Disposición final de los residuos no peligrosos a nivel nacional según su infraestructura	6
Tabla 3 Tratamiento de residuos municipales para desechos peligrosos	7
Tabla 4 Datos típicos sobre la composición de lixiviados basado en la edad del vertedero .	8
Tabla 5 Concentración típica basándose en la etapa del lixiviado	9
Tabla 6 Transformación de los Residuos Orgánicos	13
Tabla 7 Jerarquía según las leyes del Ecuador	16
Tabla 8 Límites de Descarga a un Cuerpo de Agua Dulce.....	18
Tabla 9 Coordenadas del Relleno Sanitario del Cantón Baños de Agua Santa.....	19
Tabla 10 Población del Cantón Baños de Agua Santa	24
Tabla 11 Servicio de Recolección de los Residuos Sólidos	25
Tabla 12 Proyección de la Población para el año 2018.....	26
Tabla 13 Población proyectada desde el 2010- 2018	27
Tabla 14 Composición de residuos sólidos	31
Tabla 15 Coordenadas de la zona de muestreo.....	33
Tabla 16 Cronograma de muestreo para análisis químicos	34
Tabla 17 Cronograma de muestreo para análisis físicos	34
Tabla 18 Materiales utilizados durante el muestreo	34
Tabla 19 Etiquetado para las muestras	35
Tabla 20 Métodos para los parámetros Físicos	35
Tabla 21 Métodos para los parámetros Químicos	35
Tabla 22 Conservación y Almacenamiento de muestras.....	36
Tabla 23 Resultados del parámetro Oxígeno Disuelto	46
Tabla 24 Resultados del Potencial de Hidrógeno.....	47
Tabla 25 Resultados de la Conductividad	49
Tabla 26 Resultados de la Temperatura	50

Tabla 27 Resultados de la Turbiedad	51
Tabla 28 Resultados de los Sólidos Suspendidos Totales	52
Tabla 29 Resultados de los Sólidos Totales	54
Tabla 30 Resultados de Sólidos Totales	55
Tabla 31 Resultados Demanda Química de Oxígeno	57
Tabla 32 Resultados Demanda Bioquímica de Oxígeno	58
Tabla 33 Resultados de Nitrógeno Total	59
Tabla 34 Resultados del Fósforo Total.....	61
Tabla 35 Resultados de Nitrato	62
Tabla 36 Resultados del Cadmio.....	63
Tabla 37 Resultados del Plomo	65
Tabla 38 Cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles para la semana 1	66
Tabla 39 Cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles para la semana 2.....	67
Tabla 40 Cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles para la semana 3.....	68
Tabla 41 Coordenadas de los puntos de medición de caudales	70
Tabla 42 Etapas de la Planta de Tratamiento de Lixiviados del Cantón.....	70
Tabla 43 Efecto de las especies (<i>Phragmites australis</i>) y (<i>Cyperus Papyrus</i>) en humedales artificiales	84

ABREVIATURAS EMPLEADAS

MAE	Ministerio del Ambiente del Ecuador
AME	Asociación de Municipalidades del Ecuador
GAD	Gobierno Autónomo Descentralizado
GADBAS	Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Baños de Agua Santa
OMS	Organización Mundial de la Salud
OPS	Organización Panamericana de la Salud
TULSMA	Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente
COA	Código Orgánico Ambiental
COOTAD	Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización.
PNGRS	Plan Nacional de Gestión de Residuos Sólidos
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos
PTL	Planta de Tratamiento de Lixiviados
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DQO	Demanda Química de Oxígeno
UNACH	Universidad Nacional de Chimborazo
LSA	Laboratorio de Servicios Ambientales

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Mundialmente se genera una excesiva cantidad de residuos por el aumento de la población y la creación de nuevas tecnologías, generando nuevos hábitos de consumo a la población, el cual ocasiona un desequilibrio en el planeta. Durante los años cincuenta del siglo XX la generación de residuos se ha vuelto un gran problema tanto en los países subdesarrollados como en los que se encuentran en vía de desarrollo (Arrechea et al., 2015).

De este modo el incorrecto manejo de los residuos sólidos desde la fuente trae consigo impactos ambientales como la contaminación de las aguas superficiales, destrucción de la capa de ozono y proliferación de enfermedades, debido a que en los vertederos se tienden a mezclar los residuos sólidos urbanos con residuos industriales ocasionando una contaminación para el recurso hídrico y el suelo (Gómez et al., 2015).

A pesar de todo en el siglo XXI los rellenos sanitarios, han venido progresando desde vertederos a cielo abierto, hasta rellenos con tecnología avanzada donde se fiscalizan las emisiones (líquidas y gaseosas) potencialmente peligrosas para el ambiente. Antiguamente en los vertederos a cielo abierto, como en los primeros rellenos sanitarios, no se controlaban las emisiones líquidas (llamadas lixiviados) y estos filtraban a fuentes superficiales de agua, al no contar con una barrera impermeabilizadora, por lo tanto, el lixiviado se infiltraban a las capas inferiores del terreno y en muchos casos contaminaban los acuíferos (Tatsi & Zouboulis, 2002).

Actualmente, existen diversas investigaciones donde se ofrecen ejemplos de impactos a acuíferos ocasionados por rellenos sanitarios. Este hecho ha propiciado que se opte por la creación de normatividades y legislaciones nacionales enfocadas a proteger los cuerpos de agua de contaminantes derivados de rellenos sanitarios o en general de sitios de disposición final de residuos sólidos (Gábor & Guillermo, 2006).

El Ministerio del Ambiente del Ecuador desarrollo en el país 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 poseían la infraestructura requerida ni los criterios técnicos,

ocasionando impactos tanto para el medio ambiente como para la salud de la localidad (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2010).

Para el año 2016 se emprendió un modelo de gestión de residuos sólidos establecido por el AME (Asociación de municipalidades del Ecuador), en donde se estima que 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).

JUSTIFICACIÓN

La generación de lixiviados depende de diferentes factores tales como: grado de compactación de los desechos, grado de humedad inicial de la basura, material de cubierta de las celdas, precipitación pluvial etc. Es más difícil de estimar la cantidad de lixiviado generado en un relleno sanitario que en un terreno natural, ya que su composición está sujeta al tipo de desecho depositado (P. Méndez, 2004).

El Cantón Baños de Agua Santa cuenta con un relleno sanitario que ocupa un área de $8364m^2$ en donde son depositados los residuos orgánicos e inorgánicos generados por la población. La principal fuente económica del cantón es el turismo por lo tanto, existe una alta generación de residuos, especialmente de materia orgánica, originando una mayor cantidad de lixiviados (Gadbas, 2014).

El objeto de investigación es evaluar el funcionamiento de la planta de tratamiento de lixiviados, para esto se realizará una caracterización física y química de los lixiviados tanto “ex-situ” como “in-situ”. Una vez realizados los análisis se compararán con la normativa nacional vigente, acuerdo 097^a sobre las descargas hacia un cuerpo de agua dulce. De igual manera se plantearán alternativas que podrán ser añadidas a la actual planta de tratamiento. Este análisis será beneficioso para el cantón ya que se podrá evidenciar si el sistema establecido para el tratamiento de lixiviados es eficiente en cuanto a la eliminación de los contaminantes.

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El manejo deficiente de los residuos sólidos municipales es uno de los principales problemas, que tiene por consecuencia la contaminación ambiental, especialmente de la atmosfera, por los gases que se generan dentro del relleno y de aguas superficiales debido al movimiento que realiza el lixiviado en los límites del terreno en el nivel freático (Gomez et al., 2015). Actualmente en el humedal artificial existe la presencia de un lixiviado joven, considerándose en esa etapa un alto contaminante y presentado un riesgo tanto para el suelo como para las cuencas hídricas de la zona (P. Méndez, 2004).

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo se lleva en la actualidad el tratamiento a los lixiviados procedentes del relleno sanitario del Cantón Baños de Agua Santa?

La planta de tratamiento de lixiviados del relleno sanitario del Cantón Baños de Agua Santa, se encuentra removiendo gran parte de la carga orgánica, minimizando la contaminación hacia el río Chambo.

OBJETIVOS

Objetivo General

Determinar las características Físicas y Químicas de la planta de tratamiento de Lixiviados del Relleno Sanitario del Cantón Baños de Agua Santa.

Objetivos Específicos

- Identificar el cumplimiento de la normativa vigente sobre los límites de descarga hacia un cuerpo de agua dulce establecida en el Acuerdo Ministerial 097 A.
- Diagnosticar del funcionamiento de la planta de tratamiento de lixiviados.
- Establecer alternativas de mejoramiento en la remoción de los contaminantes dentro de la planta de tratamiento de lixiviados.

CAPÍTULO II

ANTECEDENTES

El cantón Baños de Agua Santa desde el 2005 al 2017 contaba con un vertedero a cielo abierto en el que se depositan los residuos orgánicos e inorgánicos que son recolectados en la ciudad de Baños y las principales parroquias del cantón. Este vertedero no reunía las condiciones constructivas y operativas, produciendo problemas sanitarios y ambientales para el entorno, personal y recicladores que laboran en el mismo, razón por la cual finales del año 2017 la municipalidad procede a realizar el cierre técnico del vertedero e implementación de celdas emergentes (Clavijo, 2017).



Fotografía 1 Antiguo Vertedero a Cielo Abierto

Fuente y Elaboración: Michelle Pullugando

El cantón se dedica a la industria turística por lo tanto los productos más comercializados son los que proceden de la caña, tales como la melcocha, y es por esto que se produce gran cantidad de bagazo de caña utilizado en el relleno para la producción de abono.

La cantidad de residuos depositados en el sitio final es de aproximadamente 16 ton/día, donde la compactación y cobertura de los residuos se lo realiza diariamente.

Estudios realizados anteriormente por el Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón detallan que el Rio Chambo presenta contaminación por los lixiviados que son descargados

sin previo tratamiento, ciertos parámetros son superiores a lo que establece la normativa por lo cual dentro del Plan de diseño de nuevas celdas emergentes se añade la construcción de la planta de tratamiento de lixiviados, contando con un sedimentador de doble cámara, filtro anaerobio y un humedal de flujo subsuperficial para la depuración de los contaminantes (Clavijo, 2017).

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

Residuos Sólidos Urbanos

Los Residuos Sólidos Urbanos son originados por la actividad doméstica de zonas rurales y urbanas. En los países desarrollados en los que cada vez se usan más envases, papel, y en los que la cultura de "usar y tirar" se ha extendido a todo tipo de bienes de consumo, las cantidades de basura que se generan han ido creciendo hasta llegar a cifras muy altas (Pinilla, 2015).

Clasificación de los Residuos sólidos.

Los residuos sólidos urbanos se pueden clasificar de numerosas formas y criterios, en dependencia de la importancia, utilidad, peligrosidad, fuente de manufactura, posibilidades de tratamiento, tipo de materiales (Flores, 2013).

En efecto los residuos sólidos están compuestos principalmente de: parte orgánica (65%), el conjunto del plástico, vidrio, papel, cartón, metales, son un 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).

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 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: Michelle Pullugando

En el Ecuador se recolectaron, durante del 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 por último 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 situaban 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 96 GAD municipales disponen los residuos en rellenos sanitarios, 79 botaderos y 46 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).

Tabla 2 Disposición final de los residuos no peligrosos a nivel nacional según su infraestructura

Rellenos Sanitarios	Botaderos	Celdas Emergentes
96	79	46

Fuente: (INEC-AME, 2016)

Elaboración: Michelle Pullugando

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).

Tabla 3 Tratamiento de residuos municipales para desechos peligrosos

No cuenta con sistema de tratamiento o disposición final.	Celda Exclusiva	Autoclave	Incineración
48,9%	39,4%	10,9%	0,9%

Fuente:(INEC-AME, 2016)

Elaboración: Michelle Pullugando

Lixiviados

El lixiviado resulta 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 (R. N. Méndez et al., 2004). Por consiguiente 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, puesto 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 los rellenos sanitarios arrastran a su paso material disuelto, en suspensión, fijo o volátil, provocando que tengan elevadas cargas orgánicas y un color que varía desde café-pardo-grisáceo cuando están frescos hasta un color negro viscoso cuando envejecen, de igual manera manifiesta en su investigación que en los rellenos se reportan concentraciones que exceden los 60,000 mg/l de DQO.

Generación de Lixiviados

Según (Martinez-Lopez et al., 2014) el “aumento acelerado de la población provoca la generación excesiva de los desperdicios, convirtiéndose estos en un fuerte problema a nivel regional y mundial. Indico así mismo que la combinación de los residuos, genera una mezcla entre componentes orgánicos e inorgánicos, la cual se denomina lixiviados”.

No obstante desde el punto vista físico (Droppelmann & Oettinger, 2009) 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”.

Este líquido presenta un aspecto negro, olor penetrante, en zonas de detención presenta espuma. La mayor parte de los rellenos coinciden en una alta carga orgánica, sobre todo

demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de Oxígeno (DBO5), coliformes fecales, siendo el principal factor contaminante (Tchobanoglous et al, 1994).

Calidad de los Lixiviados

(Tchobanoglous et al., 1994) (Gábor & Guillermo, 2006) consideran que “la calidad de los lixiviados depende del tiempo de funcionamiento del relleno sanitario, clima y finalmente de las condiciones actuales que el país presente”, por ejemplo en un país que se encuentra en vía de desarrollo los lixiviados poseen más componentes relacionados a la descomposición de la materia orgánica, por otro lado (Espinoza et al., 2010) señala que los países desarrollados o subdesarrollados presentan concentraciones de metales pesados, hidrocarburos, es decir contaminantes más tóxicos para el medio ambiente debido a gran cantidad de industrias.

Evidentemente el componente que más se toma a consideración para determinar la calidad es la edad del vertedero, de acuerdo con (Noeggerath & Salinas, 2011) en su tesis de análisis comparativo de tecnologías para el tratamiento de lixiviados en rellenos sanitarios sostienen que un lixiviado joven es más contaminante que el lixiviado maduro. El lixiviado joven es el que constantemente está ingresando al lecho o humedal, permanece latente por dos años aproximadamente y el lixiviado viejo cuando ya ha sobrepasado los cinco años (Durán et al., 2014).

A continuación, se presenta una tabla donde se está expresado los rangos en mg/l de lixiviados para vertederos nuevos y vertederos ya maduros establecido por (Kreith & Tchobanoglous, 2002).

Tabla 4 Datos típicos sobre la composición de lixiviados basado en la edad del vertedero

Parámetros	Nuevo vertedero (menos de 2 años)		Vertedero maduro (mayor a 10 años)
	Rango	Típico	Rango
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	2,000-30,000	10,000	100-200
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	3,000-60,000	18,000	100-500
Sólidos Suspendidos Totales	200-2,000	500	100-400

Nitrógeno Orgánico	10-800	200	80-120
Nitrato	5-40	25	5-10
Fosforo Total	5-100	30	5-10
pH	4.5-7.5	6	6.6-7.5

Fuente: (Kreith & Tchobanoglous, 2002)

Elaboración: Michelle Pullugando

De la misma manera (Hester & Harrison, 2002) realizaron un estudio comparativo basándose en la etapa del lixiviado: Fase Acetogénico y Fase Metanogénico.

Tabla 5 Concentración típica basándose en la etapa del lixiviado

Parámetros	Acetogénico		Metanogénico	
	Intervalo	Promedio	Intervalo	Promedio
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	2,000-68,000	18,632	97-1,770	374
Demanda Química de Oxígeno	2,740-152,000	36,817	622-80,000	2,307
pH	5.12-7.8	6.73	6.8-8.2	7.52
Conductividad	5,800-52,000	16,921	5,990-19,300	11,502
N-Nitratos	<0,2-18,0	1,8	0,2-2,1	0,86
Cadmio	<0,01-0,10	0,02	<0,01-0,08	0,015

Fuente: (Hester & Harrison, 2002)

Elaborado: Michelle Pullugando

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 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 & Salinas, 2011).

Sin duda los cambios que experimenta el lixiviado se da a medida que transcurren los años, tanto así que la concentración del lixiviado va disminuyendo a medida que la edad del vertedero aumenta debido a los procesos de estabilización en los residuos (Christensen et al., 1994).

(Al-Yaqout & Hamoda, 2003) sostiene que en los climas lluviosos el lixiviado tiende a estar más diluido a diferencia del clima árido o seco, pero esto no sucede siempre ya que existen países en el mundo de climas áridos que producen gran cantidad del lixiviado, esto se debe al aumento del nivel freático.

Caracterización de Lixiviados

Las características están representadas por parámetros básicos tanto físicos como químicos:

Oxígeno Disuelto (OD), Temperatura, Potencial de Hidrógeno (pH), Conductividad, Turbiedad, Sólidos Suspendidos Totales (SST), Sólidos Totales (ST), Sólidos Disueltos Totales (SDT), DQO, DBO, Nitrógeno Total, Fósforo Total, Nitrato, Cadmio, Plomo.

Oxígeno Disuelto (OD)

Es el factor que determina la existencia de condiciones aeróbicas o anaeróbicas en el medio. El Oxígeno disuelto sirve para la cuantificación de la DBO, a su vez es importante en la auto purificación de los ríos dependiendo de su concentración y estabilidad del material orgánico presente (Medina, 2014). La insuficiencia de oxígeno da lugar a que los procesos sean ineficientes generando así productos intermedios con olor desagradable y reacciones incompletas (Hach, 2009).

Temperatura

La determinación de la temperatura es importante para diferentes procesos de tratamiento y análisis de laboratorio, debido a que el oxígeno disuelto y la actividad se relaciona con la temperatura. (Medina, 2014).

Potencial de Hidrógeno (pH)

Las aguas que nacen de una vertiente utilizadas para consumo humano tienen un pH entre 6 y 8, pero para aguas residuales o en este caso el lixiviado si presenta un pH muy ácido o muy básico desencadena problemas de corrosión (Lapeña, 1999).

Conductividad

La conductividad eléctrica es la medida que tiene el agua para conducir la electricidad, dependiendo de la estructura atómica y molecular del material, este parámetro cuantifica la cantidad de iones disueltos que presenta el material que a su vez pueden resultar tóxicos (Lapeña, 1999).

Turbiedad

La turbidez es el resultante de la presencia de partículas sólidas encontradas en suspensión la cual impide el reflejo de la luz como ocasionalmente se evidencia en las aguas puras. Para un lixiviado la turbidez refleja el grado de contaminación que este puede tener, mas no de los contaminantes que están presentes (Lapeña, 1999).

Sólidos Suspendidos Totales (SST)

Estas partículas poseen pequeñas cargas eléctricas que la hacen tener una afinidad por las moléculas del agua. Estas partículas son difíciles de eliminar por lo tanto se necesita la adición de coagulantes y floculantes para así separarlos mediante filtración (López, 2011).

Sólidos Totales (ST)

Los sólidos aumentan la turbidez del agua y disminuyen la calidad de la misma, representa el total de los sólidos disueltos totales y solidos suspendidos totales. Para los lixiviados la mitad corresponde a origen orgánico y lo demás a solidos inorgánicos (López, 2011).

Sólidos Disueltos Totales (SDT)

Los SDT poseen una relación con la conductividad del agua Estas partículas son difíciles de eliminar por lo tanto se necesita la adición de coagulantes y floculantes para así separarlos mediante filtración (López, 2011).

Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La DQO es un parámetro que se utiliza para medir el grado de contaminación por tal razón tienen la capacidad de oxidar la materia por medios químicos para convertirla en CO₂ y H₂O. La DQO es un parámetro representativo de la contaminación orgánica de un efluente, asimismo del grado de toxicidad que posee un vertido (Lapeña, 1999).

Las aguas que no presentan contaminación tienen valores de 1 a 5 ppm o a su vez son superiores. Las aguas residuales tanto domésticas como industriales suelen tener valores entre 250 y 660 ppm (Lapeña, 1999).

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

Este parámetro es uno de los que más se han utilizado para la caracterización de aguas superficiales y residuales. Además, mide la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos en la eliminación de la materia orgánica del agua residual, así mismo se refiere al oxígeno consumido en 5 días a una temperatura de 20°C. En aguas residuales se sitúa entre 100 y 350 ppm, la concentración en las aguas residuales depende del proceso de fabricación alcanzando altos valores de ppm. La eliminación de la DBO se realiza por procesos fisicoquímicos y biológicos aerobios o anaerobios (Lapeña, 1999).

Nitrógeno Total

Se encuentra en los lodos de los lixiviados en forma amoniacal y orgánica, la cual es la más abundante, la cual se descompone por los microorganismos (Rojas, 2009)

Fósforo Total

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

Nitrato

Es uno de los que ocasiona la eutrofización en el agua superficial, por contener sales de ácido nítrico que se usan como fertilizantes y estas fácilmente llegan a las aguas freáticas o de superficie (Rojas, 2009).

Cadmio

A este parámetro se le atribuye factores tanto naturales como antropogénicos, el cadmio presente en los lixiviados se da debido a la disposición en el relleno de baterías las cuales uno de sus componentes principales es el níquel y el cadmio, también se lo puede encontrar en las tuberías de PVC y por meteorización de rocas por agentes naturales (Rojas, 2009).

Plomo

El plomo es utilizado para la fabricación de esmaltes de vidrio, cerámica, pigmentos sintéticos que una vez terminado su vida útil son depositados en los rellenos sanitarios y finalmente pasa a ser un componente más del lixiviado el cual provoca la muerte de especies acuáticas, biocumulándose y llegando a afectar hasta al ser humano (Rojas, 2009).

Tratamiento de Lixiviados

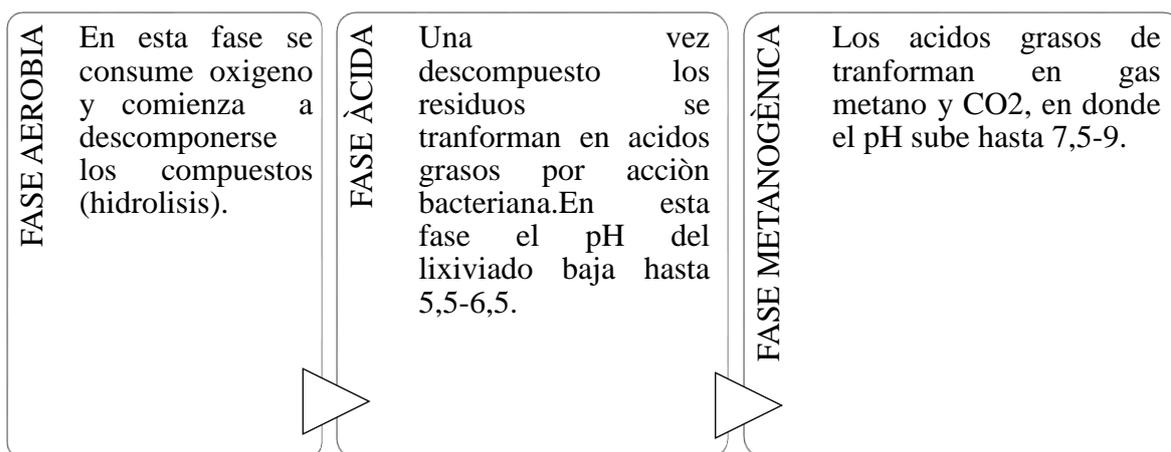
Los lixiviados son aguas contaminadas que surgen de la descomposición de los residuos depositados, en un botadero, vertedero controlado, relleno sanitario, presentando un alto grado de contaminación siendo necesario tratarlo antes de ser vertido en aguas superficiales (Vaquero, 2004).

Características de los Lixiviados

Para diseñar un sistema de tratamiento de lixiviados se debe tener en cuenta la composición del lixiviado, el cual depende del tipo de residuo que ingrese al relleno. El líquido generado procede de residuos orgánicos e inorgánicos por lo cual es importante realizar la diferencia de los mismos (Vaquero, 2004).

Los residuos orgánicos se transforman en tres fases:

Tabla 6 Transformación de los Residuos Orgánicos



Fuente: (Vaquero, 2004)

Elaboración: Michelle Pullugando

Para los residuos inorgánicos la acción microbiológica no es importante, por lo que la composición de los lixiviados viene dada por la lixivabilidad de los residuos (Vaquero,

2004). Los lixiviados antes de ser vertidos necesitan de un tratamiento que se debe adecuar a las condiciones geológicas, geomorfológicas en donde se encuentre el vertedero, estas pueden ser:

- Recirculación de los lixiviados
- Evacuación a una instalación de tratamiento exterior
- Depuración en el propio vertedero

Tratamiento biológico

Procesos anaerobios

Esta técnica es adecuada para aguas residuales con alta concentración de compuestos orgánicos degradables, esta utiliza bacterias capaces de transformar compuestos orgánicos en biogás, mientras que para los metales con altas concentraciones, solo se elimina parcialmente (Vaquero, 2004). Para el lixiviado joven inicialmente de rellenos con altos contenidos de MOFBD, son ideales para la aplicación de procesos anaerobios de tratamiento (Giraldo, 2001).

Este proceso reporta una alta eficiencia en cuanto a la reducción de DBO a cargas razonables. Usualmente se usan para llegar a niveles de tratamiento secundario, pero cuando se requieren eficiencias superiores se utilizan como pretratamiento (Giraldo, 2001).

Procesos Aerobios

Se utilizan cuando se requiere obtener una baja concentración de DBO en los efluentes. Vale la pena mencionar 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. (Giraldo, 2001).

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). Además presentan remociones de carga orgánica de 27-98% con DBO y DQO con el 11-96%, estos valores varían dependiendo del tipo de humedal que se construya y de la especie

a utilizarse. Para aguas residuales se utiliza el sistema de flujo subsuperficial (SSFS) el cual fluye por debajo de las raíces de las plantas, absorbiendo así la carga contaminante (Yalcuk & Ugurlu, 2009).

Humedales de flujo subsuperficial (HFSS)

Los humedales están impermeabilizados por una geo membrana que disponen de una zona de entrada y salida, se coloca arena o grava en el cual se siembran plantas emergentes. Al igual que el Humedal superficial las aguas que ingresan a este proceso son pretratadas (Sandoval, 2014).

Las especies que se utilizan en estos sistemas cumplen un papel clave en la eficiencia del humedal, ya que contribuye a la reducción de carga contaminante a partir de procesos de fitoextracción, fitoestabilización, transpiración y rizofiltración. Aunque se debe tomar en cuenta la capacidad de adaptación de la especie en un medio altamente contaminado, generalmente se recomienda utilizar una especie nativa para evitar inconvenientes (Mosquera & Borrero, 2012).

Plantas Acuáticas para el tratamiento de aguas residuales y Lixiviados

Totora (*Scirpus californicus*)

Una de las especies acuáticas que más se utilizan para la depuración de aguas residuales y lixiviados es la totora (*Scirpus californicus*), debido a su adaptabilidad a condiciones de saturación de humedad e inundación, siempre que el agua no las cubra completamente (Delgadillo et al., 2010).

Características de la Totora.

- Sirven como filtros para la mejora de los procesos de separación de partículas.
- Asimila directa de Nitrógeno, Fosforo y metales que son retirados del medio actuando como purificador del agua.
- Otras especies usadas para la depuración son *Typha*, *Phragmites* y *Carex*, cada una de estas se diferencia en la eficiencia de remoción de contaminantes

La totora se adapta en climas templados tolerando un pH de 4-9, la temperatura óptima oscila de 16°C a 27°C. Independientemente de la especie que se vaya utilizar en un humedal

artificial, este presentará una baja eficiencia en la remoción de nutrientes como Nitrógeno o Fosforo, pero mantendrá una alta eficiencia de remoción de DBO, DQO, metales pesados y moderada para coliformes fecales (Delgadillo et al., 2010).

Marco Legal

Tabla 7 Jerarquía según las leyes del Ecuador

<p>Constitución de la República del Ecuador 2018</p>	<p>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>”</p> <p>Art.264 Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley: “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”.</p>
<p>Código Orgánico de Organización Territorial, autonomía y descentralización (COOTAD)</p>	<p>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”(COOTAD, 2014).</p>
<p>Código Orgánico Ambiental (COA)</p>	<p>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. Para lo cual, podrán conformar mancomunidades y consorcios para ejercer esta responsabilidad de conformidad con la ley (...)”(Ministerio del Ambiente del Ecuador -COA, 2017).</p> <p>Art. 233. Aplicación de la Responsabilidad extendida.” La Autoridad Ambiental Nacional, a través de la normativa técnica correspondiente, determinará los productos sujetos a</p>

	<i>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).</i>
Ley Orgánica de la Salud	Art. 100. <i>“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”.</i>
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. <i>“Garantizarán el manejo integral de residuos y/o desechos sólidos generados en el área de su competencia (...), 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 (...) 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).</i>
	Art. 195 Responsabilidad. <i>“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)</i>
	Art. 209 De la calidad del agua. <i>“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(...). 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).</i>

Fuente: (Ministerio del Ambiente del Ecuador -COA, 2017),(Ministerio de Ambiente del Ecuador, 2015)

Modificado: Michelle Pullugando

Acuerdo Ministerial No 097 -A-Reforma Del Libro VI del TULSMA

Dentro del proyecto se plantea realizar una comparación de los resultados obtenidos en los análisis con los valores establecidos en la Normativa (MAE, 2015).

Tabla 8 Límites de Descarga a un Cuerpo de Agua Dulce

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite Máximo
Potencial de Hidrógeno	pH		6-9
Turbiedad		NTU	-----
Oxígeno Disuelto	OD	mg/l	-----
Conductividad		us/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 Kjeldahl	N	mg/l	50,0
Nitratos	NO ₃	Mg/l	-----
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Sólidos Disueltos Totales	SDT	mg/l	-----
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	130
Sólidos Totales	ST	mg/l	1600

Fuente: (MAE, 2015)

Elaboración: Michelle Pullugando

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Línea Base

Localización

El relleno sanitario se encuentra ubicado en el Cantón Baños de Agua Santa con una extensión de 10622 Km^2 . Baños está limitado al norte por la provincia de Napo, cantón Tena, al sur la provincia de Chimborazo, cantón Penipe y Provincia de Morona Santiago, al este la provincia de Pastaza, cantón Mera, al oeste la provincia de Tungurahua, cantones Patate y Pelileo. El Cantón está dividido en cinco parroquias rurales: Río Verde, Río Negro, Ulba, Lligua y la Matriz que es el Cantón Baños de Agua Santa (Gadbas, 2014).

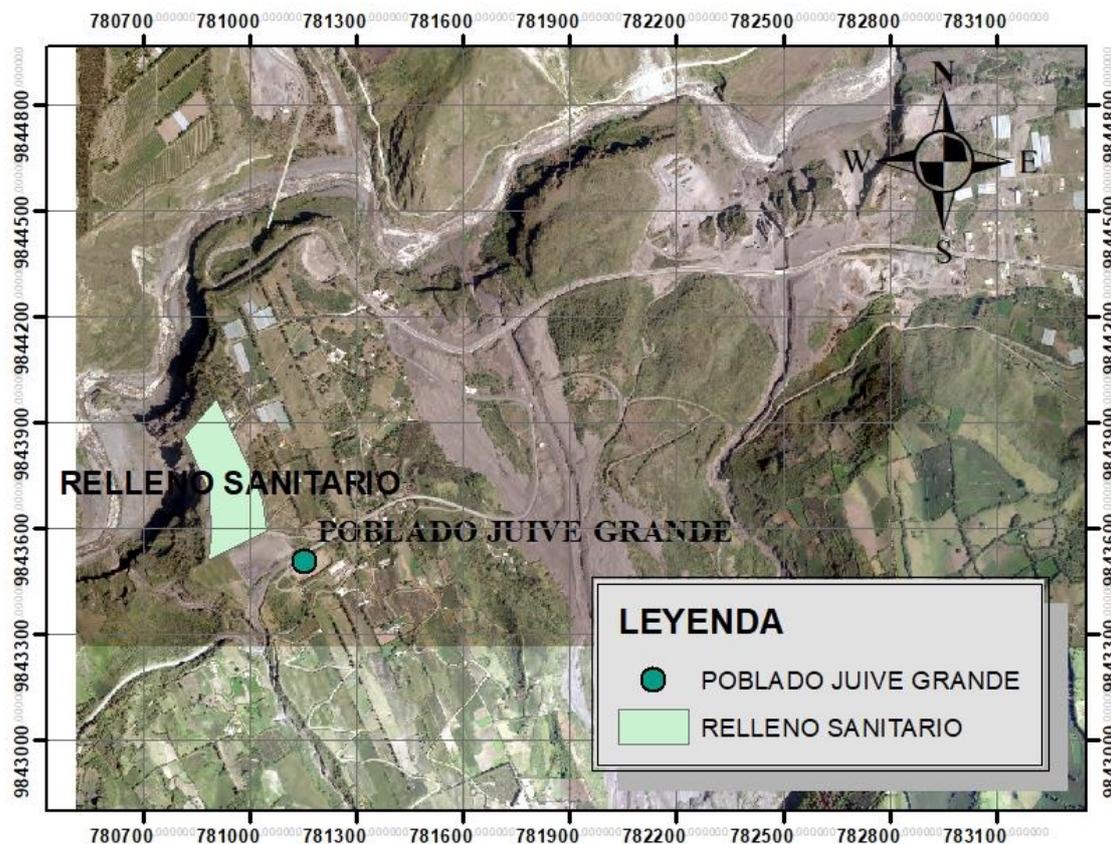
La ciudad presenta un rango altitudinal que va desde 1176 m.s.n.m. a 4992 m.s.n.m. El relleno se encuentra ubicado en el sector de Juive Grande se localiza a una altura de 2072 m.s.n.m. a siete kilómetros del centro de Baños (Gadbas, 2014).

Tabla 9 Coordenadas del Relleno Sanitario del Cantón Baños de Agua Santa

PUNTO	COORDENADAS X	COORDENADAS Y
P1	78090448	984396704
P2	78100594	984375062
P3	78103667	984367805
P4	78104784	984359287
P5	78087931	984350885
P6	78088747	984357773
P7	78088384	984369789
P8	78083440	984381619
P9	78001404	984386104

Fuente: Dirección de Planificación de Baños de Agua Santa

Elaboración: Michelle Pullugando



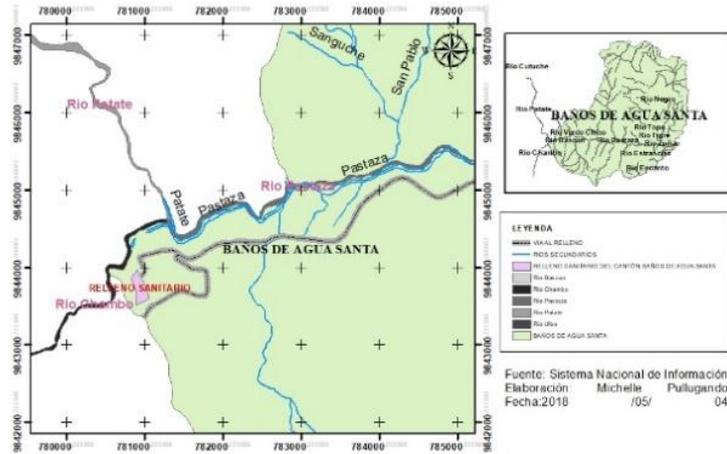
Mapa 1 Ubicación Geográfica del Relleño Sanitario

Fuente: Sistema Nacional de Información

Elaboración: Michelle Pullugando

Hidrología

El área de estudio está localizada dentro del microcuenca de drenajes del río Chambo que nace de estribaciones del provincia de Chimborazo y el Rio Pastaza que se forma en la unión del Río Chambo y Patate (Gadbas, 2014).



Mapa 2 Hidrología del Cantón Baños de Agua Santa

Fuente: Sistema Nacional de Información

Elaboración: Michelle Pullugando

Condiciones Climáticas

Por su ubicación geográfica y geomorfología el clima de Baños de Agua Santa es Subtropical con precipitaciones promedio de 112 mm por año y temperatura anual de 17,84°C, de acuerdo a la estación meteorológica de Baños a cargo del INAMHI (Clavijo, 2017).

Temperatura

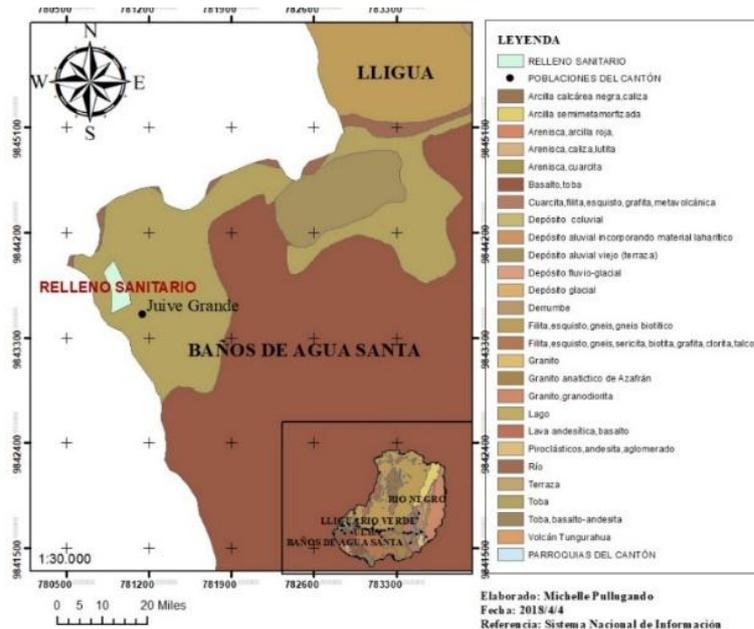
La temperatura media mensual en el cantón Baños es de 17,84 °C, considerando que en el mes de julio es 15,21°C como mínima temperatura y en el mes de noviembre la máxima con 18,82°C (Clavijo, 2017).

Precipitación

La precipitación anual en el cantón Baños es de 1.369 mm, siendo el mes de octubre el de baja pluviosidad con 81,5 mm y el mes de junio el más alto con 188,4 mm (Gadbas, 2014).

Geología

El relleno sanitario se encuentra emplazado por formaciones de ceniza volcánica del Tungurahua, su litología es Toba de la era Cuaternaria, además, de las formaciones de Lavas del Tungurahua, rocas basálticas, con una litología basalto, toba de la era Cuaternaria. También existe presencia de arcilla semimetamorfizada, que es característica de la zona por las repetidas erupciones volcánicas (Gadbas, 2014).



Mapa 3 Geología del Cantón Baños de Agua Santa

Fuente: Sistema Nacional de Información

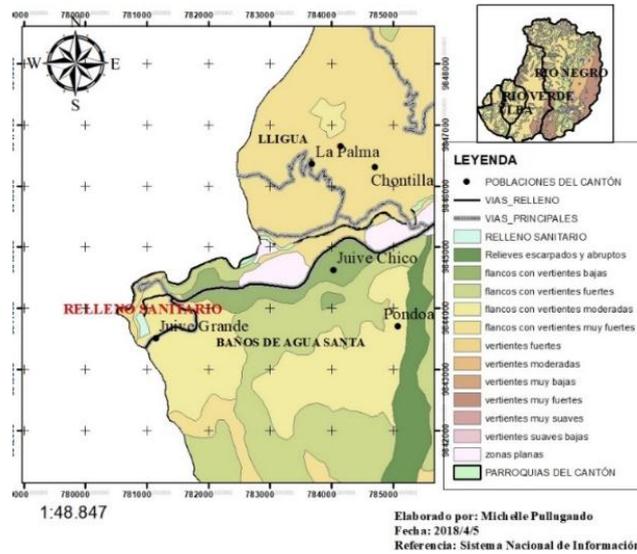
Elaboración: Michelle Pullugando

Geomorfología

La cordillera de los Andes ecuatorianos que constituye una formidable barrera montañosa, sigue una dirección general meridiana Noreste-Suroeste: Está constituida principalmente por rocas metamórficas donde los componentes estructurales son particularmente visibles, flanqueadas de formaciones graníticas intrusivas, coronadas por conjuntos eruptivos andesíticos recientes y recubiertas parcialmente por proyecciones piroclásticas (Gadbas, 2014).

Baños presenta un relieve irregular debido a la presencia de la Cordillera Andina, las fuentes hídricas nacen desde las zonas altas del volcán Tungurahua, las cuales son drenadas y desembocadas en el Río Pastaza (Gadbas, 2014).

En el área de emplazamiento del vertedero de desechos sólidos del cantón Baños de Agua Santa presenta geomorfología de formas flancos con vertientes moderadas, su litología corresponde a rocas basálticas, tobas que corresponden a los volcanes, presenta pendientes entre 25 y 40% y un desnivel entre 100 y 200 metros (Clavijo, 2017).



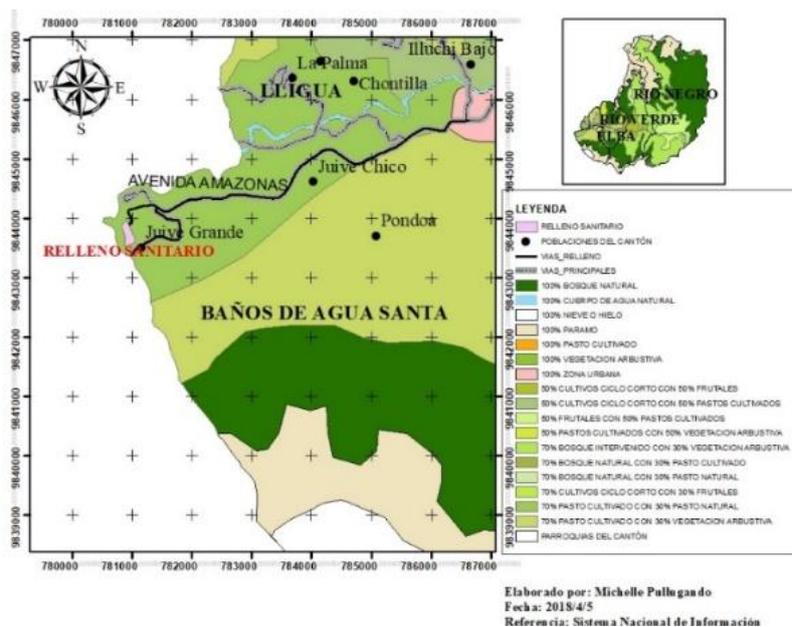
Mapa 4 Geomorfología del Cantón Baños de Agua Santa

Fuente: Sistema Nacional de Información

Elaboración: Michelle Pullugando

Uso de suelo

Como se observa en el mapa predomina que un 70% del bosque esta intervenido con 30% de vegetación arbustiva. Al ser el Cantón un corredor ecológico, gran parte de la vegetación se encuentra protegida por encontrarse dentro del Parque Nacional Sangay y el Parque Nacional Llanganates. En la parroquia Río Negro aún se conserva el 100% del bosque Natural, así como ciertas partes de Ulba y sector de la Comunidad Santa Rosa de Runtún (Gadbas, 2014).



Mapa 5 Uso de Suelo del Cantón Baños de Agua Santa

Fuente: Sistema Nacional de Información

Elaboración: Michelle Pullugando

Características Demográficas

Por motivo de que el relleno sanitario se encuentra en el cantón Baños, parroquia Baños de Agua Santa, se presenta información demográfica de la misma, la que fue obtenida a partir de datos proporcionados por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censo.

De acuerdo a información generada por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, Censo de población y vivienda 2010, el cantón Baños, para el año 2010 contaba con un total de 20.018 habitantes, de los cuales 9.984 eran mujeres y 10.034 eran hombres.

Tabla 10 Población del Cantón Baños de Agua Santa

PARROQUIA	URBANO	RURAL	TOTAL
Baños	12.995	1.658	14.653
Lligua	-	280	280
Rio Negro	-	1.246	1.246
Rio Verde	-	1.307	1.307
Ulba	-	2.532	2.532
TOTAL	12.995	7.023	20.018

Fuente: (INEC, 2010)

Elaboración: Michelle Pullugando

A nivel de parroquias que conforman el cantón Baños de Agua Santa se tiene que la parroquia Baños presenta mayor población en la zona urbana con 12.995 habitantes y en la rural 1.658 habitantes, por lo tanto, existen 14.653 habitantes. La parroquia rural con menor cantidad de habitantes es Lligua con 280 habitantes y la de mayor población es Ulba con 2.532 habitantes.



Gráfica 1 Distribución de la Población del Cantón Baños de Agua Santa Censo 2010

Fuente: (INEC, 2010)

Elaboración: Michelle Pullugando

Eliminación de la basura representada en el total de viviendas

El servicio de recolección de desechos sólidos por recolector en el cantón Baños alcanza a cubrir a 4.883 viviendas de un total de 5.691, como se puede observar en la (Tabla 11).

Tabla 11 Servicio de Recolección de los Residuos Sólidos

Parroquia	Por carro recolector	La arrojan en terreno baldío o quebrada	La queman	La entierran	La arrojan al río, acequia o canal	De otra forma	Total
Baños	3.773	146	111	74	12	16	4.132
Lligua	34	43	4	5	-	3	89
Río Negro	276	18	62	12	9	6	383
Río Verde	269	28	20	7	2	2	328
Ulba	531	36	141	48	2	1	759
TOTAL	4.883	271	338	146	25	28	5.691

Fuente: (INEC, 2010), Jefatura de Medio Ambiente GADBAS

Elaboración: Michelle Pullugando

Proyección de la Población para el año 2018

Para calcular la proyección de la población del cantón Baños de Agua Santa se utilizó el método de crecimiento geométrico en la cual la población crece a una tasa constante, definida en 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 (2010)

r= Tasa de crecimiento poblacional observado en el periodo

k= Tiempo en años, entre P_f y P_o .

La proyección de población para el año 2018 del Cantón Baños de Agua Santa será de 24.153 habitantes. Estos datos se comprobaron con las proyecciones realizadas por el INEC desde el año 2010-2020 para los cantones de la Población Ecuatoriana.

Tabla 12 Proyección de la Población para el año 2018

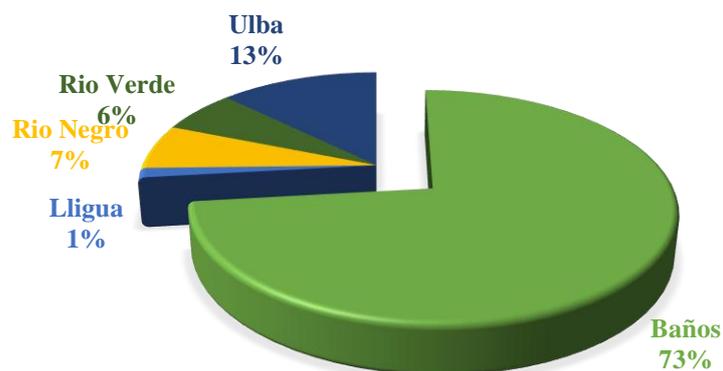
PARROQUIA	TOTAL
Baños	17,680
Lligua	338
Río Negro	1577
Río Verde	1503
Ulba	3055
TOTAL	24,153

Fuente: (SENPLADES, 2017)

Elaboración: Michelle Pullugando

Para el año 2018 la Población de Baños presenta la siguiente proyección: Baños 17.680; Lligua 338; Río Negro 1.577; Río Verde 1.503; Ulba 3.055, dando como resultado 24.153 habitantes como se observa en la (Tabla 12) y (Gráfica 2).

PROYECCIÓN AÑO 2018



Gráfica 2 Proyección de la Población 2018

Fuente: (SENPLADES, 2017)

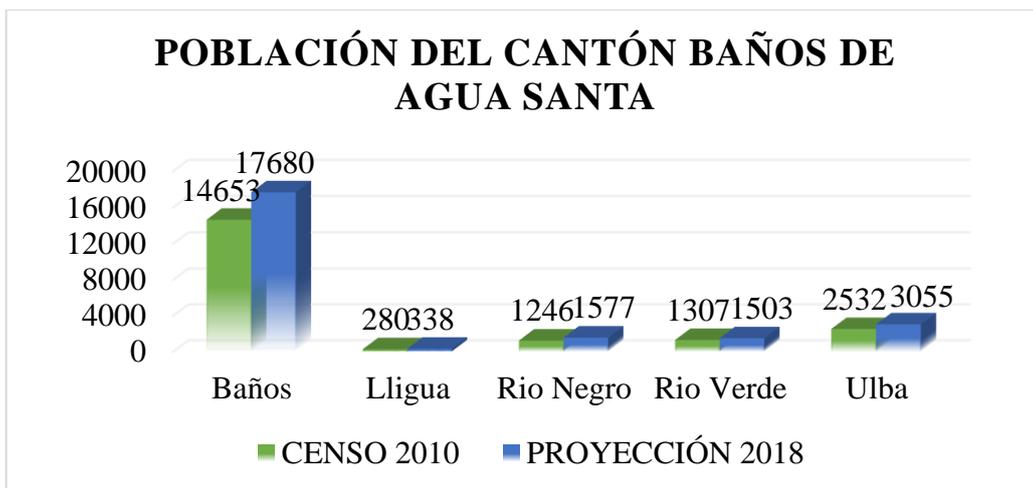
Elaboración: Michelle Pullugando

Tabla 13 Población proyectada desde el 2010- 2018

PARROQUIA	CENSO 2010	PROYECCIÓN 2018
Baños	14.653	17.680
Llígua	280	338
Río Negro	1.246	1.577
Río Verde	1.307	1.503
Ulba	2.532	3.055
Total	20,018	24.153

Fuente: (SENPLADES, 2017)

Elaboración: Michelle Pullugando



Gráfica 3 Distribución de la Población del Cantón Baños de Agua Santa - 2010-2018

Fuente:(SENPLADES, 2017)

Elaboración: Michelle Pullugando

Las parroquias del Cantón Baños para el año 2018 tiene un crecimiento significativo: Baños 3027; Lligua 58; Río Negro 331; Río Verde 196; Ulba 523 habitantes hasta llegar a un total de 24.153 habitantes.

Identificación Del Relleno Sanitario

Generación de Residuos Sólidos

Los sectores generadores de residuos sólidos del cantón son: domicilios, mercados, industrias (cañeras, avícolas), camal, unidades educativas y centros de salud.

Es importante recalcar el componente turístico del cantón Baños de Agua Santa, el cual, genera un gran incremento en la producción de residuos sólidos, es por esto que se ha considerado en el estudio de generación per- cápita realizado por el GADBAS, como población flotante.

Mercados

El cantón cuenta con un mercado municipal que se encuentra en el centro de la ciudad, además de dos plazas en donde se realizan las ferias los días miércoles y domingos.



Fotografía 2 Mercado Municipal del Cantón

Fuente y Elaboración: Michelle Pullugando

Camal

Los residuos provenientes del Camal hacia el relleno son especialmente de excretas de los animales, estos se utilizan en el área del compost.

Industrias

Las industrias existentes son microempresas que se dedican a comercializar productos de la caña, como la melcocha, generando gran cantidad de bagazo de caña.

Existen planteles avícolas que se encuentran en las partes rurales del Cantón, así como la vía al Puyo, las cuales generan plumas, vísceras y estiércoles.

Centros de Salud

El cantón Baños cuenta con subcentros de salud en cada una de las parroquias, Hospital Básico Baños, así como diferentes laboratorios, veterinarias, centros odontológicos que generan residuos especiales; para la recolección de estos desechos el municipio posee una camioneta específica solo para material infeccioso (Clavijo, 2017).

Recolección de Residuos Sólidos

El municipio cuenta con dos vehículos de recolección de marcas Dino y Kodiak, que tienen una capacidad de carga de 8 y 6 m^3 .

Según comunicados de la Jefatura de Medio Ambiente del Cantón, la recolección de residuos de la zona urbana es del 100% y zona rural del 80%. La población del cantón está conformada por 65% para la zona urbana y 35% en zona rural (INEC, 2010).



Fotografía 3 Camión recolector de los desechos

Fuente y Elaboración: Michelle Pullugando

Disposición Final De Residuos Sólidos

El relleno sanitario en donde se depositan los residuos recolectados en la ciudad de Baños y las principales parroquias del cantón, es un terreno de propiedad municipal ubicado a 7 Km de distancia del centro de la ciudad, el poblado más cercano al relleno es Juive Grande que forma parte de la parroquia Baños de Agua Santa (Clavijo, 2017).

La cantidad de residuos sólidos depositados en el sitio de disposición final es de aproximadamente 16 ton / día. La maquinaria con la que se cuenta para la operación en el relleno sanitario es un Tractor de Oruga y una maquinaria para compactar; de donde la compactación y cobertura de los residuos se realiza diariamente (Clavijo, 2017).



Fotografía 4 Actual Disposición Final de los residuos en la celda emergente N°2

Fuente y Elaboración: Michelle Pullugando

Volumen de residuos sólidos

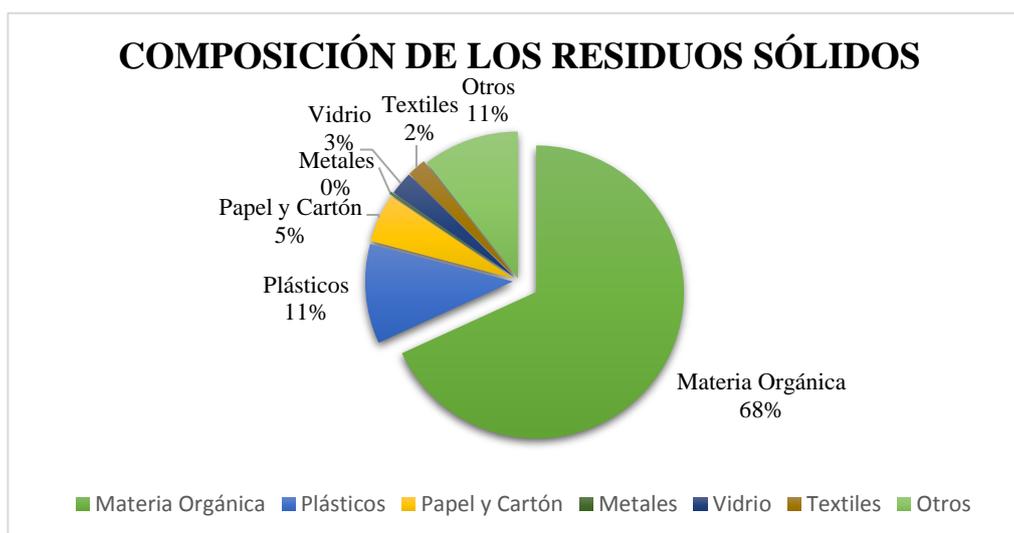
La producción por persona por día en el cantón Baños de Agua Santa alcanza el valor de 0,54 Kg/hab/día. Durante el cierre técnico del vertedero se realizó la generación per-cápita de los residuos, donde se tomaron en cuenta dos zonas residenciales del cantón y una zona comercial, posteriormente se aplicó el método del cuarteo en donde se expresaron los siguientes resultados de acuerdo a la composición de cada residuo generado en el cantón (Clavijo, 2017).

Tabla 14 Composición de residuos sólidos

N°	TIPO DE RESIDUOS	%
1	Materia Orgánica	68,15%
2	Plásticos	10,98%
3	Papel y Cartón	5,36%
4	Metales	0,30%
5	Vidrio	2,57%
6	Textiles	2,08%
7	Otros	10,57%
Total		100%

Fuente: GADBAS 2017

Elaboración: Michelle Pullugando



Gráfica 4 Composición de los residuos sólidos

Fuente: Gadbas 2017

Elaboración: Michelle Pullugando

Tipo de Investigación

El tipo de investigación será documental, debido a que a inicios de la elaboración del proyecto se deberá recopilar información sobre informes, denuncias, antecedentes importantes que han transcurrido durante el funcionamiento del relleno sanitario, así mismo tendrá un carácter exploratorio y descriptivo; exploratorio pues se realizarán visitas de campo para la recolección de información relevante para iniciar el desarrollo del trabajo, y descriptivo debido a que sobre la base de los resultados obtenidos se resaltarán los hallazgos más relevantes.

Finalmente, según el lugar donde se desarrolla la investigación ya sea en campo o laboratorio, el estudio abordará los dos tipos, debido a que la caracterización de los afluentes y efluentes se realizará en el laboratorio.

Método de Investigación

El método más representativo y acorde a la presente investigación es el método inductivo en donde se obtendrá información de casos similares de estudio en cuanto a los parámetros a evaluar y los métodos de análisis que se utilizarán para la realización del proyecto.

El presente trabajo consiste en evaluar en 4 fases la Planta de Tratamiento de Lixiviados del Cantón Baños de Agua Santa.

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Objetivo 1 Determinar las características físicas y químicas de la planta de tratamiento de Lixiviados

Muestreo

La recolección de las muestras se realizará en tres puntos, la primera muestra del lixiviado se tomará en estado de percolación (líquido que sale del relleno), la segunda muestra será al ingresar al humedal y la tercera al salir del mismo. Los análisis serán “in-situ” (pH, Temperatura, Conductividad, Oxígeno Disuelto, Turbiedad), “ex-situ” (DBO, DQO, Fósforo Total, Nitrógeno Total, Nitratos, Sólidos Disueltos Totales, Sólidos Totales, Sólidos Suspendedos Totales, Cadmio y Plomo).

Tabla 15 Coordenadas de la zona de muestreo

PUNTOS	DESCRIPCIÓN	COORDENADAS	
		X	Y
PUNTO 1	Entrada al sedimentador	0780881	9843892
PUNTO 2	Entrada al humedal	0780854	9843940
PUNTO 3	Salida del humedal	0780870	9843992

Fuente y Elaboración: Michelle Pullugando



Mapa 6 Área de muestreo

Fuente y Elaboración: Michelle Pullugando

Método De Muestreo

Muestra puntual

La muestra puntual es adecuada para investigaciones en donde se desee identificar una posible contaminación, la calidad de agua es evaluada en el tiempo y lugar en donde fue tomada (INEN, 1998).

Cronograma de Muestreo

El muestreo se realizó en tres semanas los días viernes. Los análisis químicos se realizaron en los laboratorios LSA de la Universidad Nacional de Chimborazo y los Físicos en el laboratorio Ambiental de la Universidad Estatal Amazónica.

Tabla 16 Cronograma de muestreo para análisis químicos

Muestras Para Análisis Químicos- Laboratorio LSA-UNACH				
Puntos	Descripción	Semana 1	Semana 2	Semana 3
		Viernes 4 de mayo	Viernes 11 de mayo	Viernes 18 de mayo
P1	Entrada al sedimentador	1	1	1
P2	Entrada al humedal	1	1	1
P3	Salida del humedal	1	1	1
TOTAL	9 muestras			

Fuente y Elaboración: Michelle Pullugando

Tabla 17 Cronograma de muestreo para análisis físicos

Muestras Para Análisis Físicos - Laboratorio Ambiental De La UEA				
Puntos	Descripción	Semana 1	Semana 2	Semana 3
		Miércoles 9 de mayo	Miércoles 16 de mayo	Miércoles 23 de mayo
P1	Entrada al sedimentador	1	1	1
P2	Entrada al humedal	1	1	1
P3	Salida del humedal	1	1	1
TOTAL	9 muestras			

Fuente y Elaboración: Michelle Pullugando

Materiales

Tabla 18 Materiales utilizados durante el muestreo

<ul style="list-style-type: none"> - Botas de Caucho - GPS - Guantes - Mascarilla - Recipiente estéril - Balde - Cronometro - Cámara Fotográfica - Cintas adhesivas 	<ul style="list-style-type: none"> -Equipo portátil para la medición de pH, conductividad, temperatura. - Caja Conservadora - Hielo para mantener las muestras a una temperatura de 4°C - Recipientes de plástico y de vidrio - Botellas ámbar - Etiquetas - Preservantes para muestras: En caso de que se requiera.
--	---

Fuente y Elaboración: Michelle Pullugando

Etiquetado

Tabla 19 Etiquetado para las muestras

Ubicación:	 <p>Universidad Estatal Amazónica Escuela de Ingeniería Ambiental</p> <p>UBICACIÓN: Relleno Sanitario del Cantón Baños de Agua Santa COORDENADAS: DETALLES DEL PUNTO DE MUESTREO: FECHA DE RECOLECCIÓN: MÉTODO DE RECOLECCIÓN: TIPO DE MUESTRA: Lixiviado HORA DE LA RECOLECCIÓN: NOMBRE DEL RECOLECTOR: Michelle Pullugando CONDICIONES ATMOSFÉRICAS: PUNTO: PRESERVANTE: NOMBRE DEL PROYECTO: Caracterización Físicoquímica de la planta de Tratamiento de Lixiviados del Relleno Sanitario del Cantón Baños de Agua Santa.</p>
Coordenadas:	
Altitud:	
Detalles del Punto de Muestreo:	
Fecha de recolección:	
Tipo de muestra:	
Hora de recolección:	
Condiciones Atmosféricas:	
Punto:	
Preservante:	
Nombre del Proyecto:	

Fuente y Elaboración: Michelle Pullugando

Parámetros Físico y Químicos

Los parámetros a ser analizados se representan en las siguientes tablas.

Tabla 20 Métodos para los parámetros Físicos

PARÁMETROS FÍSICOS		
PARÁMETROS	MÉTODOS	UNIDADES
pH	4500 H+B Standard Methods 22 ND Ed	-
Conductividad	Método Hach 8160 aceptado USEPA. (2510-B Standard Methods 22 ND Ed.	Us /Cm
Temperatura		°C
Oxígeno Disuelto	Método Hach 10360 aprobado po USEPA (Refer to USEPA 40 CFR Part 136.3)	mg/l
Turbiedad	2130 B Método Nefelómetro Standard Methods 22 ND Ed.	NTU
Sólidos Totales	2540 B Standard Methods 22 ND Ed.	mg/l
Sólidos Disueltos Totales	2540 C Standard Methods 22 ND Ed.	mg/l
Sólidos Suspendidos	2540 D. Standard Methods 22 ND Ed.	mg/l

Fuente: Laboratorio de la UEA- Laboratorio de la UNACH

Elaboración: Michelle Pullugando

Tabla 21 Métodos para los parámetros Químicos

PARÁMETROS QUÍMICOS		
PARÁMETROS	MÉTODOS	UNIDADES
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Standard Methods 5220-mod	mg/l
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	Standard Methods 5210-B	mg/l

Fósforo Total	Standard Methods 4500-P-E-mod	mg/l
Nitrógeno Total	Standard Methods 4500-N-B-mod	mg/l
Cadmio	Standard Methods 3500-C-d-3111B	mg/l
Plomo	Standard Methods 3500-Pb-d	mg/l
Nitrato	Standard Methods 4500-NO3-E-mod	mg/l

Fuente: Laboratorio de la UEA- Laboratorio de la UNACH

Elaboración: Michelle Pullugando

Conservación y Almacenamiento de las muestras

Tabla 22 Conservación y Almacenamiento de muestras

Parámetro a analizar	Conservación	Almacenamiento
pH	Analizar inmediatamente	6h
Conductividad	Refrigeración	24h
Oxígeno Disuelto	-----	4 días máximo
Turbiedad	-----	24h
Temperatura	Analizar inmediatamente	0,25h/0,25h
DQO	Analizar tan pronto sea posible o adicionar H_2SO_4 a pH <2, refrigerar	7d/28d
DBO	Refrigeración	6h/48h
Fósforo Total	Analizar tan pronto sea posible o adicionar H_2SO_4 a pH <2, refrigerar	28d
Nitrógeno Total	Acidificar a pH < 2 con H_2SO_4 , refrigerar entre 2 °C y 5°C y guardar en la oscuridad	24h
Cadmio	Acidificar entre pH 1 a 2 con HNO_3	1 mes
Plomo	Acidificar entre pH 1 a 2 con HNO_3	1 mes
Nitrato	Acidificar a pH < 2 o refrigerar entre 2°C y 5°C	24 h
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

Fuente: Agro calidad, Norma NTE INEN 2169:2013

Elaboración: Michelle Pullugando

Determinación de Análisis Físicos y Químicos

Determinación de Oxígeno Disuelto (OD)

El oxígeno disuelto 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 la misma toque la base del envase, se mueve la sonda para evitar las burbujas. Se presiona para leer y se espera a que se estabilice. La lectura se registra el valor (HACH, 2015).

Determinación de Temperatura

La 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).

Determinación de Potencial de Hidrógeno (pH)

El pH mide la concentración de iones de hidrógeno que se encuentran presentes en el agua, el pH metro consta de un electrodo de vidrio que genera una corriente eléctrica, el valor del pH depende de la temperatura. Para medir este parámetro las muestras se pueden recolectar en recipientes de vidrio o de plásticos (APHA, 2012).

Procedimiento

Se coloca el electrodo en la muestra, se agita para facilitar un equilibrio entre el electrodo y la muestra. Se presiona el botón de medida y esperamos a que se estabilice el valor (APHA, 2012).

Determinación de la Conductividad

La conductividad es la capacidad de una disolución acuosa de transportar una corriente eléctrica. Eso depende de los iones disueltos, temperatura, viscosidad entre otros. En aguas residuales es necesario considerar que, a pesar de que presente concentraciones altas de sólidos disueltos, los valores de la conductividad pueden ser bajos porque las materias orgánicas e inorgánicas son las más conductoras de corriente eléctrica (Hach, 2015).

Procedimiento

Se coloca el electrodo en la muestra, se agita para facilitar un equilibrio entre el electrodo y la muestra. Se presiona el botón de medida y se espera a que se estabilice el valor (Hach, 2015).

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 de 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 a que se estabilice el valor. El valor será en NTU (APHA, 2012).

Determinación de Sólidos Suspendidos Totales (SST)

Procedimiento

Se prepara el filtro lavándolo con agua destilada, se succiona para eliminar los rastros de agua. Se coloca en papel de aluminio y se seca en el horno de 103° a 105° C durante una hora. Se enfría en el desecador por unos 15 minutos para equilibrar la temperatura y se pesa (APHA, 2012).

Una vez pesado cada filtro se le agrega la muestra correspondiente, se succiona hasta eliminar los rastros del agua y se coloca en el secador por una hora, se enfría en el desecador y se pesa hasta obtener el peso constante. Se repite una vez más el ciclo del secado, enfriamiento, desecación y pesaje (APHA, 2012).

Obtenidos los dos valores se aplica la fórmula para calcular los SST.

$$\text{Sólidos Suspendidos Totales } \left(\frac{mg}{l} \right) = \frac{(A - B) \times 1000}{\text{volumen (ml)}} \times 1000$$

(Ecuación 2)

Donde:

A: Peso del residuo o muestra

B: Peso del Filtro

Determinación de Sólidos Totales (ST)

Procedimiento

Se pesan las cápsulas de porcelana y se procede a colocar las muestras en el horno aproximadamente 4 horas hasta que se evapore el agua. Una vez que la muestra esté bien seca se coloca en el horno por media hora. Se coloca en el desecador por 15 minutos y se pesa. Se repite una vez más el ciclo del secado, enfriamiento, desecación y pesaje (APHA, 2012).

Obtenidos los dos valores se aplica la fórmula para calcular los ST.

$$\text{Sólidos Totales } \left(\frac{mg}{l} \right) = \frac{(A - B) \times 1000}{\text{Volumen (ml)}} \times 1000$$

(Ecuación 3)

Donde

A: Peso del residuo

B: Peso de la cápsula de porcelana

Determinación de Sólidos Disueltos Totales (SDT)

Procedimiento

Se enciende la mufla a $180 \pm 2^\circ\text{C}$. Se coloca el filtro en el equipo de filtración. Se aplica agua destilada y se espera a que succione toda el agua. Se retira el filtro, se deposita en la cápsula de evaporación que se va a tarar y se lleva a la mufla por 1 hora a $180 \pm 2^\circ\text{C}$. Después de la hora, se saca la cápsula con el filtro y se coloca en el desecador (APHA, 2012).

$$\text{Sólidos Disueltos Totales } \left(\frac{mg}{l} \right) = \frac{(B - A) \times 1000}{\text{Volumen (ml)}} \times 1000$$

(Ecuación 4)

Donde

A: Peso de la cápsula de evaporación vacía

B: Peso de la cápsula con el residuo seco

Determinación de Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La demanda química de oxígeno es la medida en que el oxígeno de la muestra es susceptible de oxidación. La DQO puede relacionarse con la DBO. Este método es aplicable a aguas

residuales industriales y domésticas, y en aguas marinas mientras no supere los 2000 mg Cl/l en la muestra (APHA, 2012).

Procedimiento

Se coloca 50 ml de muestra con DQO mayor a 900 mg DQO/l y se diluye en un balón de reflujo de 500 ml. Se adiciona un gramo de sulfato de mercurio ($HgSO_4$) y 5,0ml de ácido sulfúrico. Se adiciona 25ml de dicromato de potasio 0,250 N .Se mantiene el reflujo por dos horas, se cubre el condensador para evitar ingresos de otras sustancias. Se enfría y se lava el condensador con agua destilada. Se titula el exceso de dicromato con sulfato ferroso amónico, usando como indicador ferroína (10 gotas).Se toma como punto final de la titulación el cambio de color desde azul-verdoso a café-rojizo. Se realiza un blanco con agua destilada, incluyendo el reflujo (APHA, 2012).

$$DQO \left(\frac{mgO_2}{l} \right) = \frac{(A - B) \times 2000}{Volumen (ml)}$$

(Ecuación 5)

Donde:

A: ml de sulfato ferroso amónico para el blanco

B: ml de sulfato ferroso amónico para la muestra

ml: ml de muestra

Determinación de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

El método consiste en llenar con muestra diluida y sembrada en una botella hermética de tamaño especificado e incubarla a la temperatura especificada durante 5 d. El oxígeno disuelto es medido inicialmente y después de la incubación, y la DBO se calcula de la diferencia entre OD inicial y final. Porque el OD inicial se determina poco después de que se realiza la dilución, toda la absorción de oxígeno se produce después de que esta medida se incluye en la medición de DBO (APHA, 2012).

$$DBO = \frac{mg}{l} = \frac{(ODi - ODf) \times V}{T}$$

(Ecuación 6)

Donde:

ODi= concentración de oxígeno disuelto inicial (medido luego de la dilución)

ODf= concentración de oxígeno disuelto final

V= capacidad de la botella de DBO (300 ml)

T = ml de muestra tomadas para la dilución

Determinación de Nitrógeno Total

Se toman 50 ml muestra y se adiciona ácido sulfúrico por los lados del tubo de digestión, se mezcla, se agrega 1g de catalizador para acelerar la digestión, se colocan los tubos en el digestor a una temperatura de 330°C por 30 minutos. Se deja enfriar y en un Erlenmeyer se coloca ácido úrico 50ml y un indicador mixto (APHA, 2012).

Destilación: Se realiza una neutralización a la muestra con hidróxido de sodio, se acciona el sistema para que se realice la destilación, allí se generará hidróxido de amonio y se llevará a la disolución de ácido bórico para liberar el hidróxido de amonio al Erlenmeyer. El Nitrógeno se tornará de color azul claro (APHA, 2012).

Se realizó una titulación con ácido sulfúrico. El blanco se realiza con agua destilada.

Determinación de Fósforo Total

Preparación de la muestra: Se toman 50,0 ml de muestra medidos con pipeta, hacia un tubo de ensayo o matraz Erlenmeyer de 125 ml y se agrega 0,05 ml de indicador de fenolftaleína; si se desarrolla un color rojo, se agrega 5N H_2SO_4 para reducir el color. Se agrega 8 ml de reactivo combinado, se esperan 10 minutos y se mide la absorbancia a 880nm usando reactivo blanco como la disolución de referencia (APHA, 2012).

Corrección de turbidez o color interferente: el color natural del agua no interfiere a la longitud de la onda alta. Para aguas turbias, se agrega ácido ascórbico y tartrato de potasio de antimonio a la muestra. Se resta la absorbancia de blanco a la absorbancia de cada muestra (APHA, 2012).

Preparación de la curva de calibración: Se prepara la calibración individual de una serie de seis estándares. Se usa un blanco de agua destilada con reactivo combinado para hacer lecturas fotométricas para la curva de calibración (APHA, 2012)

$$\text{Fósforo Total } \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}} \right) : \frac{P \text{ aprox } 58 \text{ ml} \times 1000}{\text{Volumen de la muestra (ml)}}$$

(Ecuación 7)

Donde:

V_m= Volumen de la muestra

Determinación de Nitrato

Los nitratos absorben la radiación ultravioleta a la longitud de onda de 220 nm. La materia orgánica también absorbe a 220 nm, por consiguiente, es necesario realizar la corrección de la absorbancia midiendo a 275 nm donde los nitratos no absorben. La concentración de nitrato se determina mediante una curva de calibración (APHA, 2012).

Procedimiento

Preparación de la curva de calibración: Se preparan disoluciones de nitrato en un rango entre 0 y 5 mg N/L por dilución de la disolución intermedia de nitrato. Se mide la absorbancia a 220 y 275 nm contra un blanco de agua (APHA, 2012).

Determinación: La muestra debe ser clara, si es necesario se debe filtrar. Se mide la absorbancia de la muestra a 220 y 275 nm contra un blanco de agua.

Se aplica la siguiente fórmula para el cálculo del nitrato

$$\text{Abs. nitrato} = (\text{Abs}_{220} - \text{Abs}_{275})$$

(Ecuación 8)

Determinación de Cadmio

Preparación de la curva estándar: Se prepara un blanco y una serie de patrones de 1 a 10 µg pipeteando disoluciones de cadmio en los embudos de decantación y se diluye a 25 ml. Se traza la curva de calibración (APHA, 2012).

Tratamiento de las muestras: Pipetear un volumen de muestra digerida que contenga de 1 a 10 µg de Cd en un embudo de decantación y se diluye a 24 ml. 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 1, 1ml de $NH_2 OH$, disolución de HCl y 15 ml de disolución de ditizona (APHA, 2012).

Se agita 10 ml de $CHCl_3$ el primer embudo durante 1 minuto y se drena en el segundo embudo. Se agita el segundo embudo por 2 minutos y se desecha el $CHCl_3$.

Se lee la absorbancia a 518nm contra el blanco.

$$Cd \frac{mg}{l} = \frac{ug Cd (Aprox 15 ml volumen final)}{volumen de la muestra (ml)}$$

(Ecuación 9)

Donde:

Cd = Volumen final del Cadmio

Vm= Volumen de la muestra

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 100-125 ml. Se realiza un blanco con agua destilada (APHA, 2012).

Se agrega 5ml de HNO_3 , 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 HNO_3 , tal que su concentración final sea del 1%.

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

(Ecuación 10)

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 de blanco

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

Objetivo 2 Identificar el cumplimiento de la normativa vigente establecida en el Acuerdo Ministerial 097 A.

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

Objetivo 3 Diagnosticar del funcionamiento de la planta de tratamiento de lixiviados.

Para el diagnóstico que se realizó en la PTL del Cantón Baños de Agua Santa se utilizó la metodología descriptiva, la cual permitió que se definiera y caracterizara el sitio de estudio. Mediante trabajo de campo se logró identificar el correcto funcionamiento de la planta de tratamiento.

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 balde de 10 litros.
- Se coloca el balde bajo la descarga del lixiviado (área de captación), ingreso al sedimentador, ingreso al humedal y posteriormente a la salida del humedal, simultáneamente se activa el cronómetro.
- Una vez realizada la medición se procede a realizar el cálculo del caudal.

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 11)

Donde:

Q = Caudal (en litros por segundo, 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 cuenta la planta. Con la colaboración de la Jefatura de Medio Ambiente del Cantón, se realiza un diagnóstico conceptual y diseño de los distintos procesos de la PTL.

Objetivo 4 Establecer alternativas de mejoramiento en la remoción de los contaminantes dentro de la planta de tratamiento de lixiviados.

De acuerdo a los resultados de los análisis físico químicos se plantearán alternativas adicionales al tratamiento.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

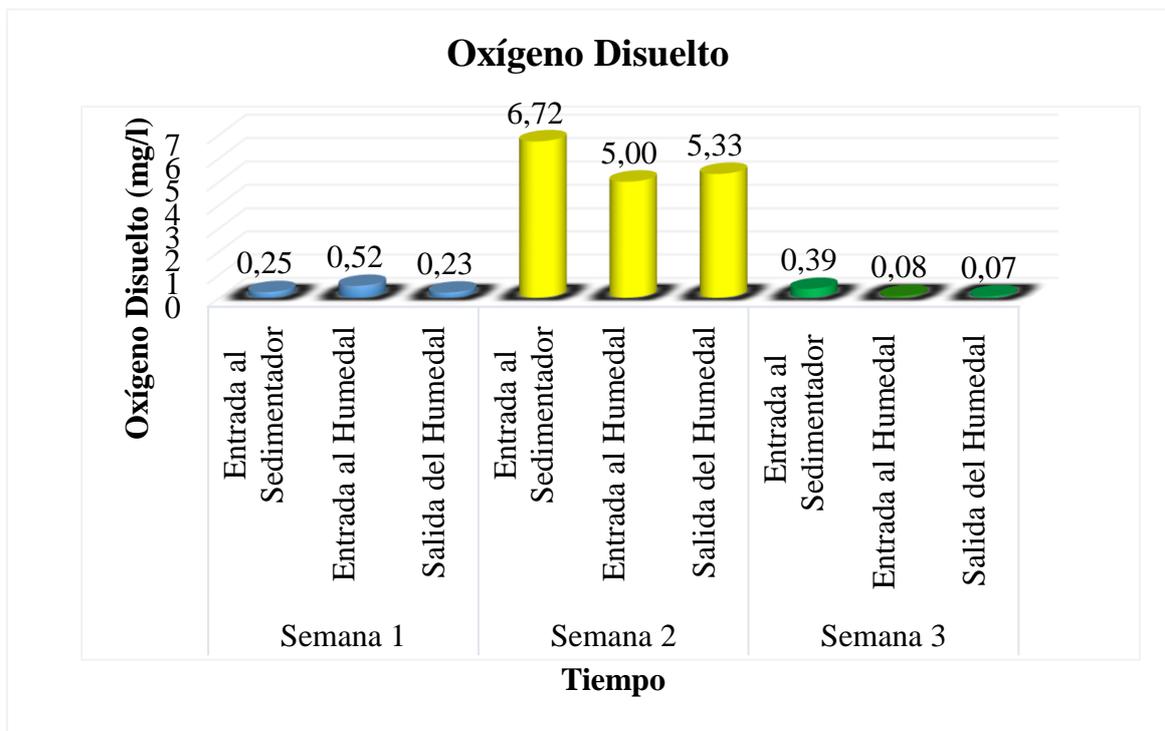
Objetivo 1 Determinar las características Físicas y Químicas de la planta de tratamiento de Lixiviados.

Oxígeno Disuelto

Tabla 23 Resultados del parámetro Oxígeno Disuelto

OXÍGENO DISUELTO (mg/l)								
Semana 1			Semana 2			Semana 3		
Entrada al Sedimentador	Entrada al Humedal	Salida del Humedal	Entrada al Sedimentador	Entrada al Humedal	Salida del Humedal	Entrada al Sedimentador	Entrada al Humedal	Salida del Humedal
0,25	0,52	0,23	6,7	5,00	5,33	0,39	0,08	0,07

Elaboración: Michelle Pullugando



Gráfica 5 Distribución y Frecuencia del Oxígeno Disuelto

Elaboración: Michelle Pullugando

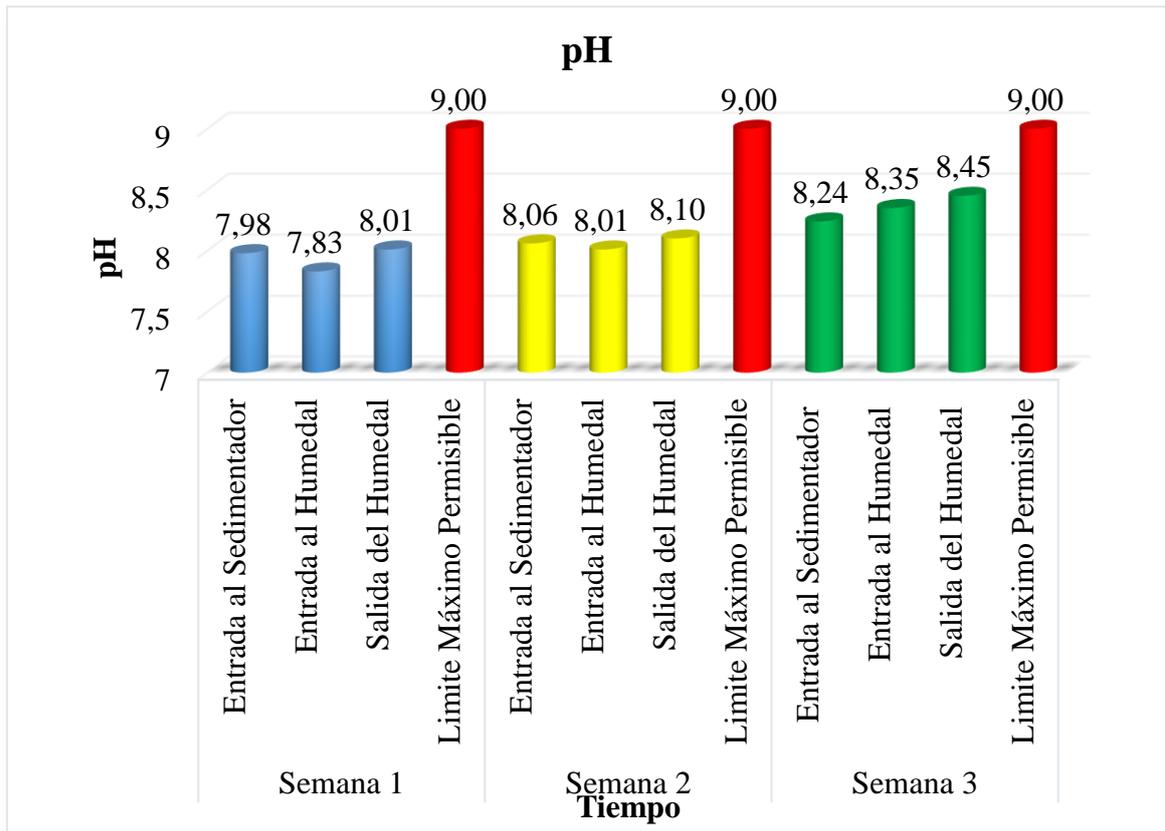
En la Gráfica 5, se observan los resultados del oxígeno disuelto durante las tres semanas de muestreo y en cada uno de sus tratamientos varía considerablemente en un rango de 0,07 a 6,72 mg/l, teniendo un valor promedio a la entrada del sedimentador de 2,45 mg/l, entrada al humedal 1,86 mg/l, Salida del Humedal 1,87. Una baja concentración de oxígeno disuelto es un indicador de alta contaminación del líquido esto se puede evidenciar durante la primera y tercera semana, mientras que en la segunda semana debido a que se registraron altas precipitaciones en la zona, los valores son elevados. Este parámetro no se encuentra establecido en la normativa del TULSMA, OMS, OPS por lo tanto no cuenta con un límite permisible.

Potencial de Hidrógeno

Tabla 24 Resultados del Potencial de Hidrógeno

POTENCIAL DE HIDRÓGENO(pH)											
Semana 1				Semana 2				Semana 3			
Entrada al Sedimentador	Entrada al Humedal	Salida del Humedal	Límite Máximo Permisible	Entrada al Sedimentador	Entrada al Humedal	Salida del Humedal	Límite Máximo Permisible	Entrada al Sedimentador	Entrada al Humedal	Salida del Humedal	Límite Máximo Permisible
7,98	7,83	8,01	9,00	8,06	8,01	8,10	9,00	8,24	8,35	8,45	9,00

Elaboración: Michelle Pullugando



Gráfica 6 Distribución y Frecuencia del Potencial de Hidrógeno

Elaboración: Michelle Pullugando

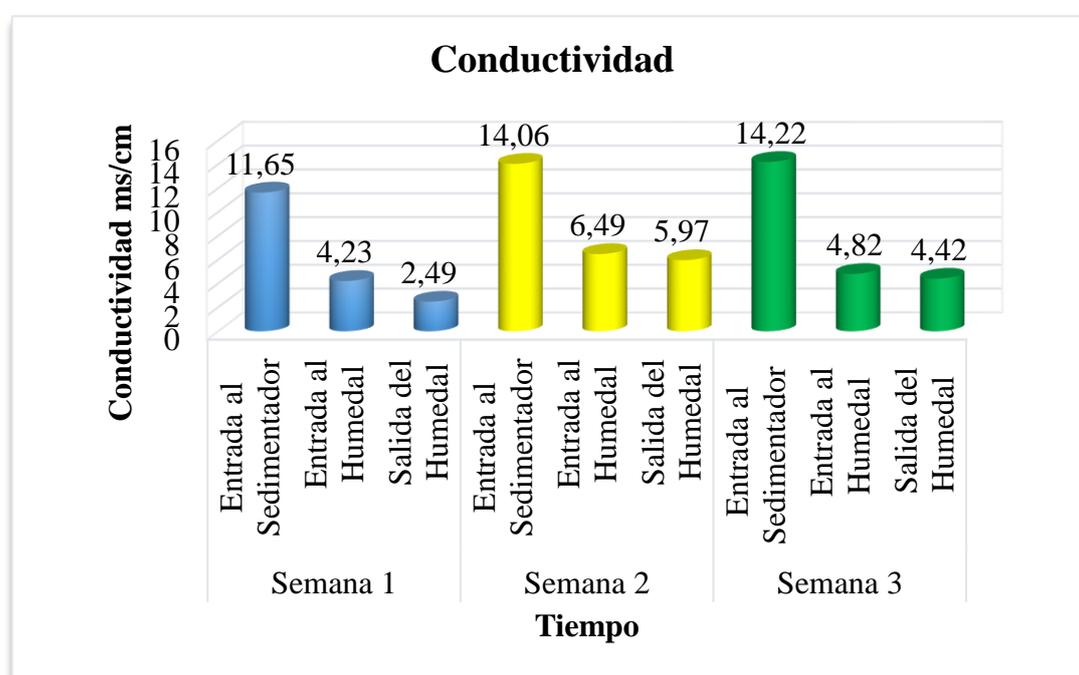
En la Gráfica 6, se observan los resultados del potencial de hidrógeno durante las tres semanas de muestreo y están dentro de un rango de 7,83 a 8,45 teniendo un valor promedio a la entrada al sedimentador de 8,09; entrada al humedal 8,06; salida al humedal 8,18 atribuyéndole una alcalinidad por su elevada concentración de nitrógeno amoniacal. Los valores obtenidos indican que el relleno se encuentra en la fase metanogenica, en donde se produce metano, agua y dióxido de carbono. Mediante la comparación con la normativa se determina que tanto para la semana 1, 2 y 3 los valores de pH a la salida del humedal están por debajo de los límites máximos permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 097^a.

Conductividad

Tabla 25 Resultados de la Conductividad

CONDUCTIVIDAD (mS/cm)								
Semana 1			Semana 2			Semana 3		
Entrada al Sedimentador	Entrada al Humedal	Salida del Humedal	Entrada al Sedimentador	Entrada al Humedal	Salida del Humedal	Entrada al Sedimentador	Entrada al Humedal	Salida del Humedal
11,65	4,23	2,49	14,06	6,49	5,97	14,22	4,82	4,42

Elaboración: Michelle Pullugando



Gráfica 7 Distribución y Frecuencia de la Conductividad

Elaboración: Michelle Pullugando

En la Gráfica 7, se observan los resultados de la conductividad durante las 3 semanas de muestreo están dentro de un rango de 2,49 a 14,22 ms/cm teniendo un promedio a la entrada al sedimentador 13,31 ms/cm; entrada al humedal 5,18 ms/cm; salida del humedal 4,29 ms/cm, esto varía ya que en la semana 1 las condiciones climáticas son favorables (presencia de sol), para la semana 2 y 3 se presentan lluvias por lo tanto la conductividad tiende a bajar, puesto que los líquidos son diluidos por las aguas lluvias. Los valores más altos se presentan en la entrada sedimentador debido al alto contenido de sales disueltas que posee el lixiviado y se observa cómo va disminuyendo al salir del humedal. Este parámetro

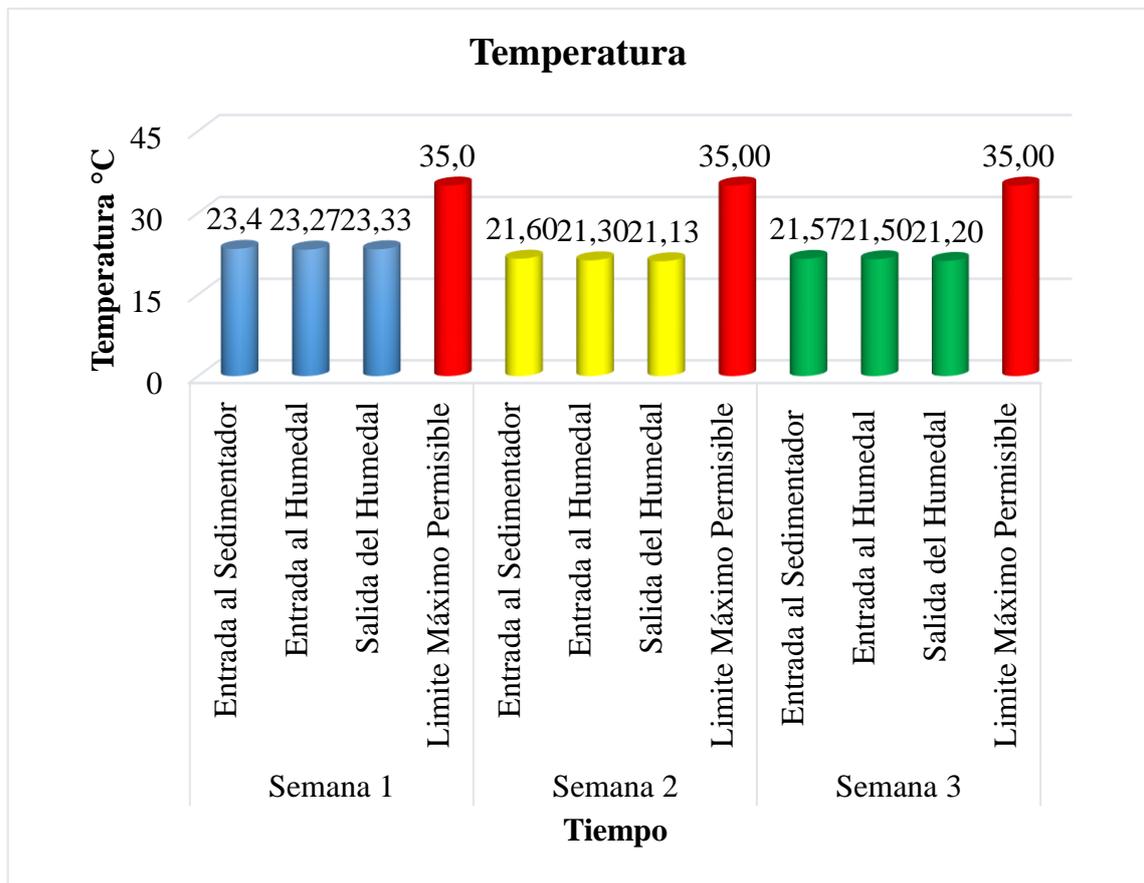
no se encuentra descrito en la normativa ecuatoriana ni posee un límite permisible de acuerdo al TULSMA, OMS, OPS, por lo tanto, no se realiza una comparación de la misma.

Temperatura

Tabla 26 Resultados de la Temperatura

TEMPERATURA °C											
Semana 1				Semana 2				Semana 3			
Entrada al Sedimentador	Entrada al Humedal	Salida del Humedal	Límite Máximo Permisible	Entrada al Sedimentador	Entrada al Humedal	Salida del Humedal	Límite Máximo Permisible	Entrada al Sedimentador	Entrada al Humedal	Salida del Humedal	Límite Máximo Permisible
23,4	23,27	23,33	35,0	21,60	21,30	21,13	35,00	21,57	21,50	21,20	35,00

Elaboración: Michelle Pullugando



Gráfica 8 Distribución y Frecuencia de la Temperatura

Elaboración: Michelle Pullugando

En la Gráfica 8, se observan los resultados de la temperatura durante las tres semanas de muestreo están dentro de un rango de 21,13°C a 23,4 °C teniendo un valor promedio a la entrada al sedimentador de 22,19°C; entrada al humedal 22,02 °C; salida al humedal 21,88

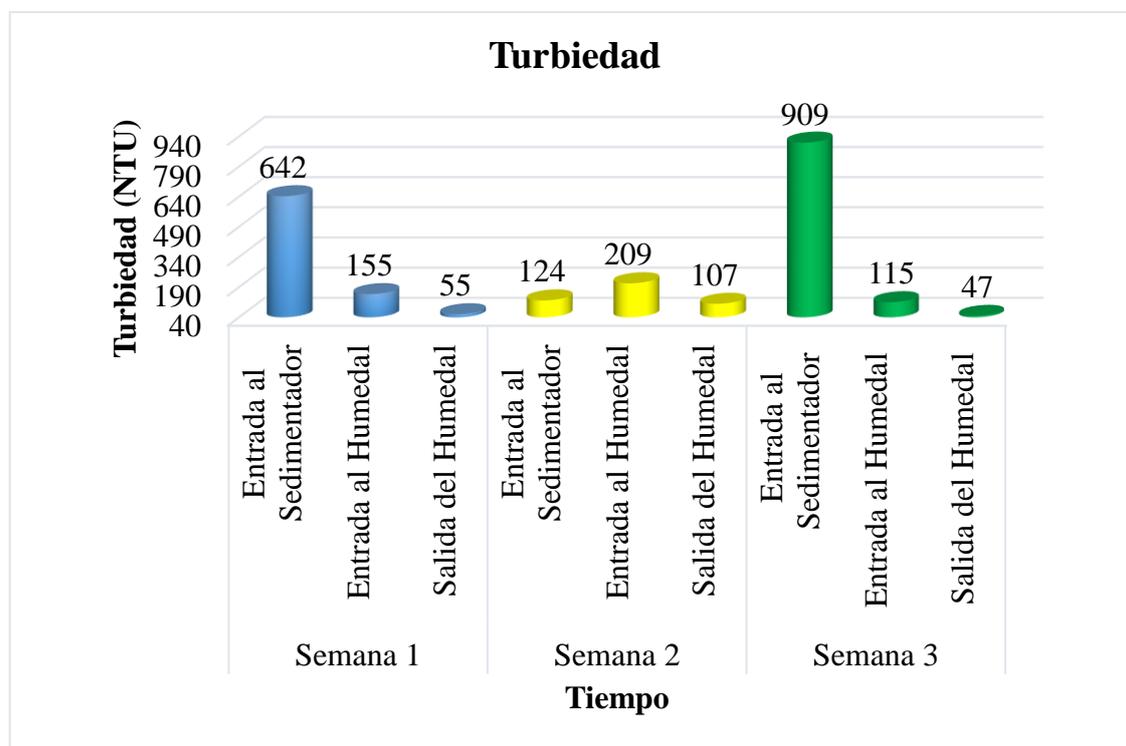
°C, estos valores altos se deben a la degradación de materia orgánica en el relleno. Como se muestra en la gráfica los valores no fluctúan a lo largo de los muestreos realizados. Mediante la comparación con la normativa se determina que para las tres semanas los valores de la temperatura están por debajo de los límites máximos permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 097 A.

Turbiedad

Tabla 27 Resultados de la Turbiedad

TURBIEDAD (NTU)								
Semana 1			Semana 2			Semana 3		
Entrada al Sedimentador	Entrada al Humedal	Salida del Humedal	Entrada al Sedimentador	Entrada al Humedal	Salida del Humedal	Entrada al Sedimentador	Entrada al Humedal	Salida del Humedal
642	155	55	124	209	107	909	115	47

Elaboración: Michelle Pullugando



Gráfica 9 Distribución y Frecuencia de la Turbiedad

Elaboración: Michelle Pullugando

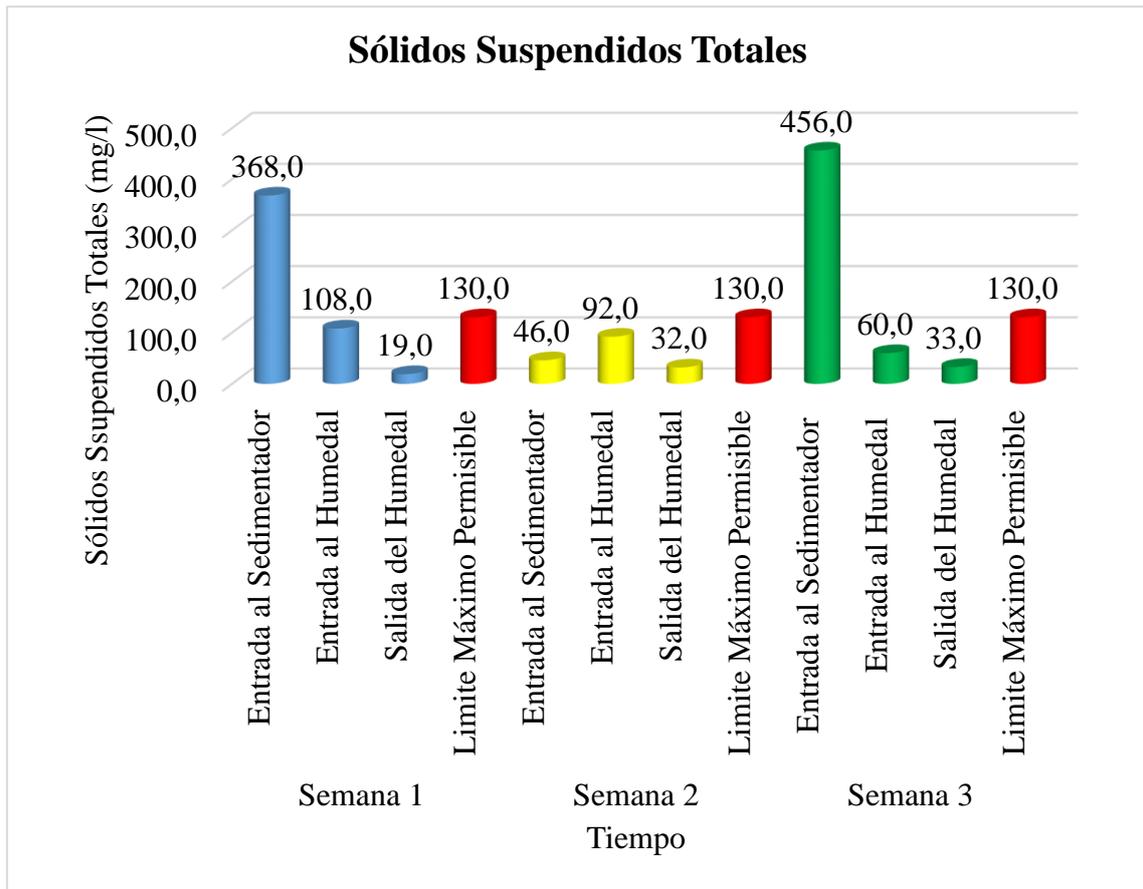
En la Gráfica 9, se observan los resultados de la turbiedad durante las 3 semanas de muestreo y están dentro de un rango de 47 NTU a 909 NTU teniendo un promedio a la entrada al sedimentador 558 NTU ; entrada al humedal 159 NTU; salida del humedal 69 NTU , los valores más altos se obtienen durante la semana 1 y 2 en donde se genera menores precipitaciones, mientras que el valor más bajo es en la semana 2 por mayores precipitaciones, evidenciando un dilución en los líquidos al tener mayor aporte de aguas de lluvia. Asimismo, el exceso de sólidos suspendidos totales hace que la turbiedad aumente. 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 la misma.

Sólidos Suspendidos Totales

Tabla 28 Resultados de los Sólidos Suspendidos Totales

SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (mg/l)											
Semana 1				Semana 2				Semana 3			
Entrada al Sedimentador	Entrada al Humedal	Salida del Humedal	Límite Máximo Permissible	Entrada al Sedimentador	Entrada al Humedal	Salida del Humedal	Límite Máximo Permissible	Entrada al Sedimentador	Entrada al Humedal	Salida del Humedal	Límite Máximo Permissible
368,0	108,0	19,0	130,0	46,0	92,0	32,0	130,0	456,0	60,0	33,0	130,0

Elaboración: Michelle Pullugando



Gráfica 10 Distribución y Frecuencia de los Sólidos Suspendidos Totales

Elaboración: Michelle Pullugando

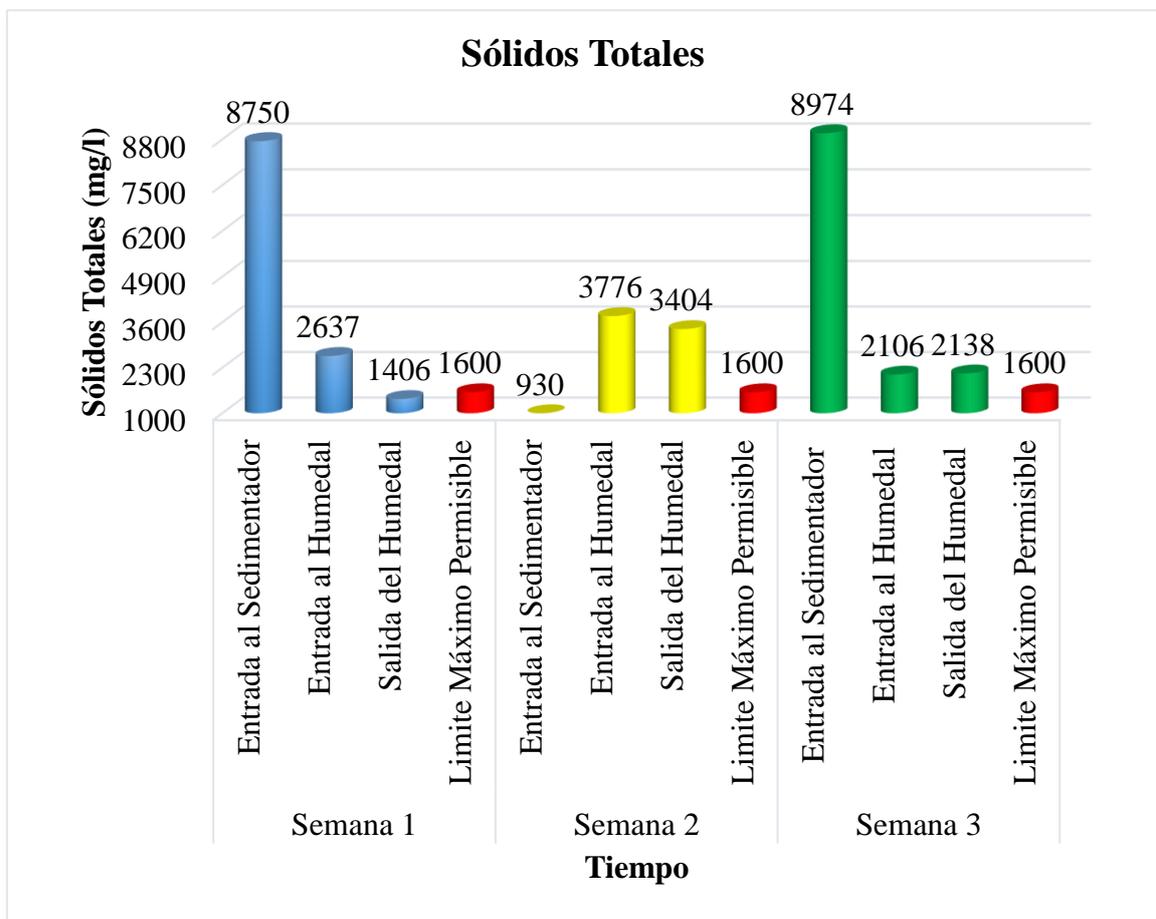
En la Gráfica 10, se observan los resultados de los sólidos suspendidos totales durante las tres semanas de muestreo y están dentro de un rango de 19 mg/l a 456 mg/l teniendo un valor promedio a la entrada al sedimentador de 290 mg/l; entrada al humedal 86 mg/l; salida al humedal 28mg/l. Este parámetro varia con respecto a la precipitación, se observa que los valores máximos se obtuvieron durante la semana 1 y 3 donde se registraron menores precipitaciones, mientras que para la semana 2 se observa valores minimos, registrándose mayores precipitaciones, pues los liquidos son diluidos por las aguas de lluvia Mediante la comparación con la normativa se determinó que para las tres semanas los valores de los sólidos suspendidos totales estaban por debajo de los límites máximos permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 097 A.

Sólidos Totales

Tabla 29 Resultados de los Sólidos Totales

SÓLIDOS TOTALES (mg/l)											
Semana 1				Semana 2				Semana 3			
Entrada al Sedimentador	Entrada al Humedal	Salida del Humedal	Limite Máximo Permisible	Entrada al Sedimentador	Entrada al Humedal	Salida del Humedal	Limite Máximo Permisible	Entrada al Sedimentador	Entrada al Humedal	Salida del Humedal	Limite Máximo Permisible
8750,0	2637,0	1406,0	1600,0	930,0	3776,0	3404,0	1600,0	8974,0	2106,0	2138,0	1600,0

Elaboración: Michelle Pullugando



Gráfica 11 Distribución y Frecuencia de los Sólidos Totales

Elaboración: Michelle Pullugando

En la Gráfica 11, se observan los resultados de los sólidos totales durante las tres semanas de muestreo están dentro de un rango de 930 mg/l a 8974 mg/l teniendo un valor promedio a la entrada al sedimentador de 6218,0 mg/l; entrada al humedal 2839,6 mg/l; salida al humedal 2316,0 mg/l. Este parámetro varió con respecto a la precipitación, durante la semana 1 y 3 se registraron menos precipitaciones por lo cual los valores son más altos,

mientras que para la semana 2 la concentración disminuyó al ingreso del sedimentador, mientras que al entrar al humedal aumentaron los niveles considerablemente, esto se debió a que, por las fuertes precipitaciones registradas, se realizó un lavado dentro del sedimentador. Mediante la comparación con la normativa se determinó que para la semana 1 los sólidos totales por estaban debajo de los límites máximos permisibles, mientras que en la semana 2 y 3 los valores sobrepasaron los límites máximos establecidos en el Acuerdo Ministerial 097 A.

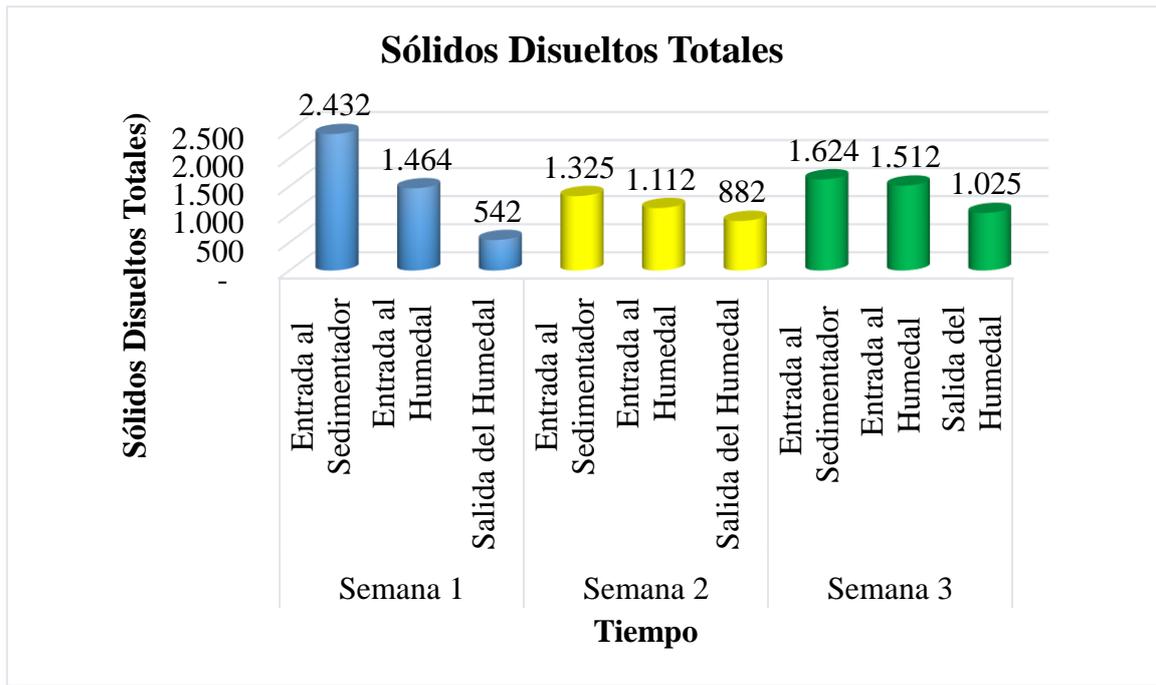
Los sólidos totales aumentan la turbiedad del agua y disminuye la calidad de la misma, la mayor parte de sólidos procedentes del lixiviado son de origen orgánico el cual es arrastrado por los líquidos.

Sólidos Disueltos Totales

Tabla 30 Resultados de Sólidos Totales

SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (mg/l)								
Semana 1			Semana 2			Semana 3		
Entrada al Sedimentador	Entrada al Humedal	Salida del Humedal	Entrada al Sedimentador	Entrada al Humedal	Salida del Humedal	Entrada al Sedimentador	Entrada al Humedal	Salida del Humedal
2.432	1.464	542	1.325	1.112	882	1.624	1.512	1.025

Elaboración: Michelle Pullugando



Gráfica 12 Distribución y Frecuencia de Sólidos Disueltos Totales

Elaboración: Michelle Pullugando

En la Gráfica 12, se observan que los valores obtenidos están en el rango de 1542 mg/l a 2432,0 mg/l durante las tres semanas, teniendo un valor promedio a la entrada al sedimentador de 1793,6 mg/l; entrada al humedal 1362,6 mg/l; salida al humedal 816,3 mg/l. Los sólidos disueltos están relacionados con el grado de mineralización del agua ya que son iones de sales minerales que el agua ha conseguido disolver a su paso. Debido a que los lixiviados presentan altas concentraciones de turbiedad y color, hace imposible que se estime los sólidos disueltos a partir de la conductividad.

La concentración de sólidos disueltos presenta valores altos durante la semana 1 y 3 por la baja presencia de precipitación. En días lluviosos como lo es en la semana 2 la concentración disminuye pues el lixiviados es diluido por las aguas de lluvia.

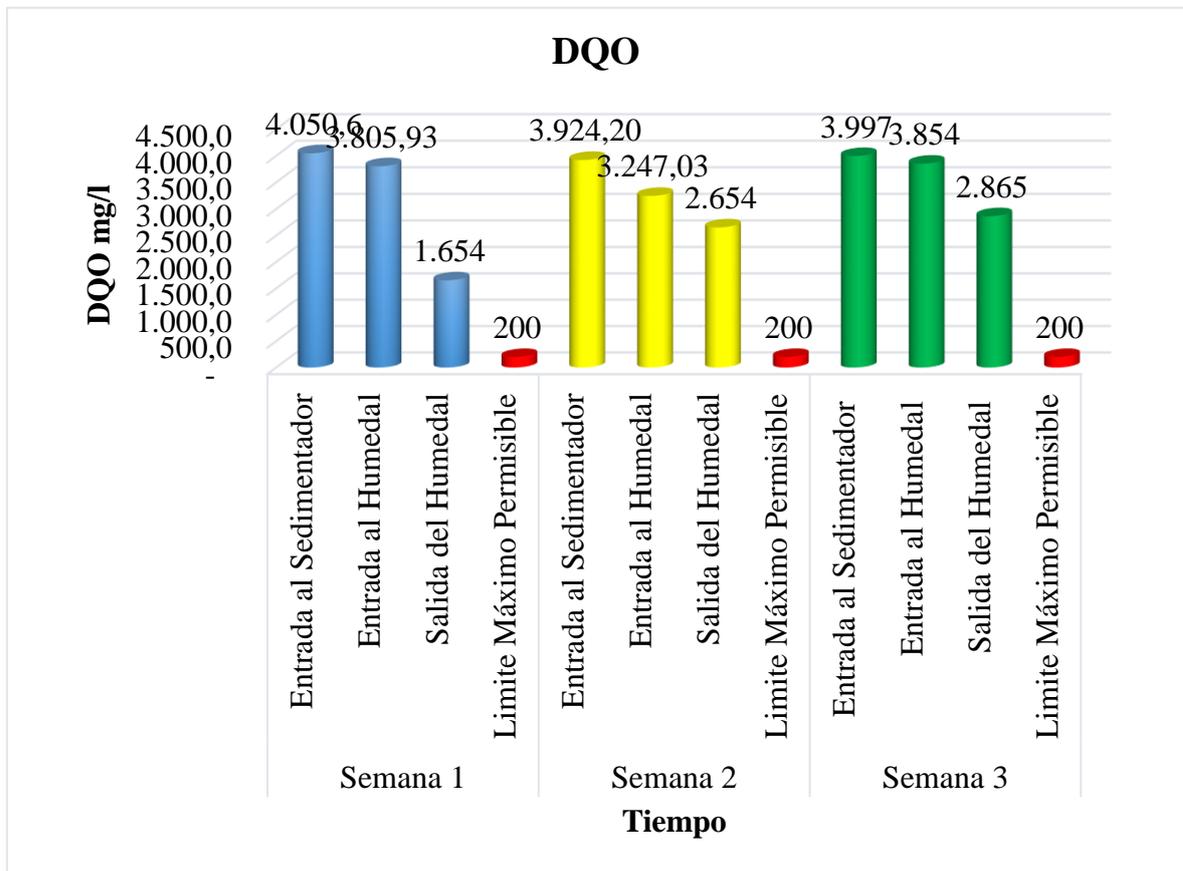
Este parámetro no se encuentra descrito en la normativa ecuatoriana ni posee un límite permisible de acuerdo al TULSMA, OMS, OPS, por lo tanto no se realiza una comparación de la misma.

Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Tabla 31 Resultados Demanda Química de Oxígeno

DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (mg/l)											
Semana 1				Semana 2				Semana 3			
Entrada al Sedimentador	Entrada al Humedal	Salida del Humedal	Limite Máximo Permisible	Entrada al Sedimentador	Entrada al Humedal	Salida del Humedal	Limite Máximo Permisible	Entrada al Sedimentador	Entrada al Humedal	Salida del Humedal	Limite Máximo Permisible
4.050,6	3.805,93	1.654	200	3.924,20	3.247,03	2.654	200	3.997	3.854	2.865	200

Elaboración: Michelle Pullugando



Gráfica 13 Distribución y Frecuencia DQO

Elaboración: Michelle Pullugando

En la Gráfica 13, se observan los valores de DQO durante las tres semanas en un rango de 1654,0 mg/l a 4050,6 mg/l teniendo un valor promedio a la entrada al sedimentador de 3.990,6 mg/l; entrada al humedal 3.635,6 mg/l; salida al humedal 2391,0 mg/l. El comportamiento de este parámetro respecto a la precipitación, es similar en las tres semanas

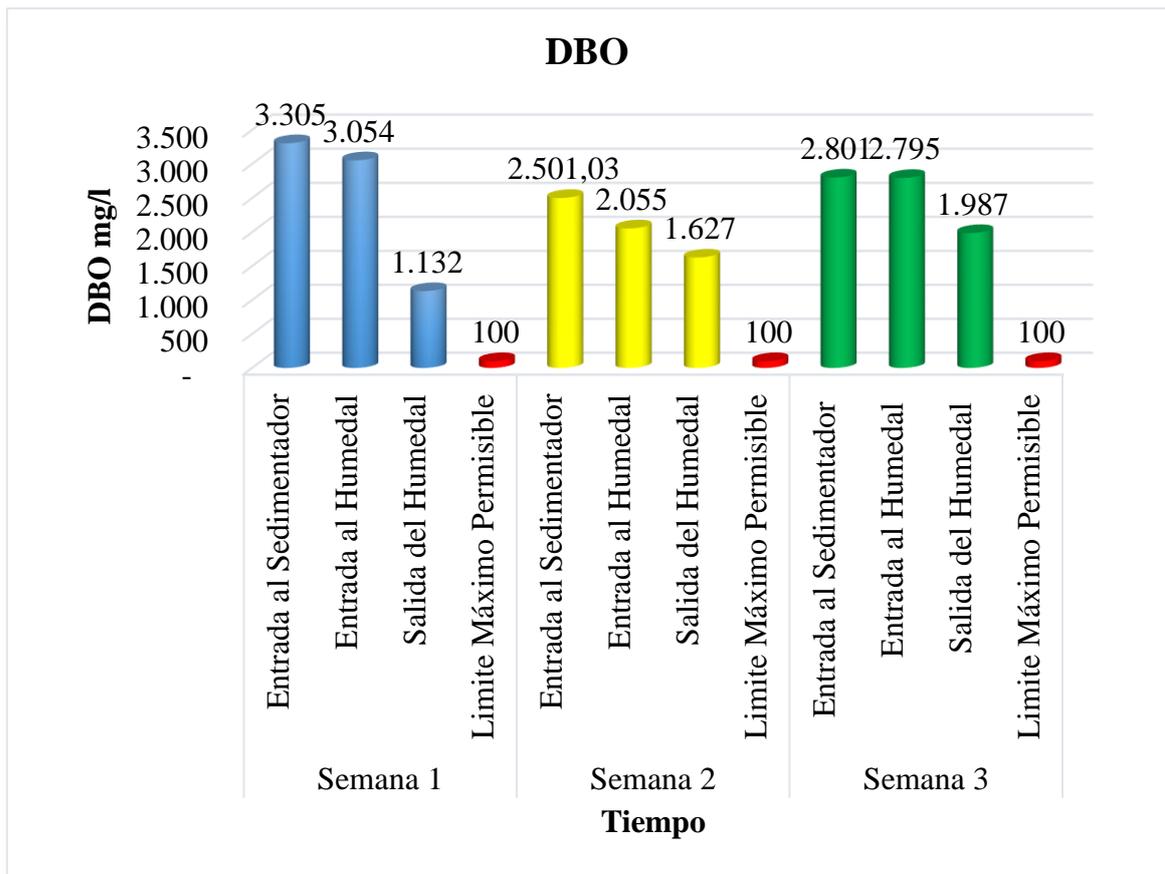
presentándose un valor mínimo en la segunda semana al tener mayores precipitaciones, y valores máximos en la 1 y 3 semana, con precipitaciones bajas. Asimismo, claramente se identifica que el humedal remueve gran parte de la concentración, pero al realizar una comparación con la normativa de los límites máximos permisibles este lixiviado excede el valor establecido para las tres semanas

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

Tabla 32 Resultados Demanda Bioquímica de Oxígeno

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (mg/l)											
Semana 1				Semana 2				Semana 3			
Entrada al Sedimentador	Entrada al Humedal	Salida del Humedal	Límite Máximo Permisible	Entrada al Sedimentador	Entrada al Humedal	Salida del Humedal	Límite Máximo Permisible	Entrada al Sedimentador	Entrada al Humedal	Salida del Humedal	Límite Máximo Permisible
3.305	3.054	1.132	100	2.501,03	2.055	1.627	100	2.801	2.795	1.987	100

Elaboración: Michelle Pullugando



Gráfica 14 Distribución y Frecuencia DBO

Elaboración: Michelle Pullugando

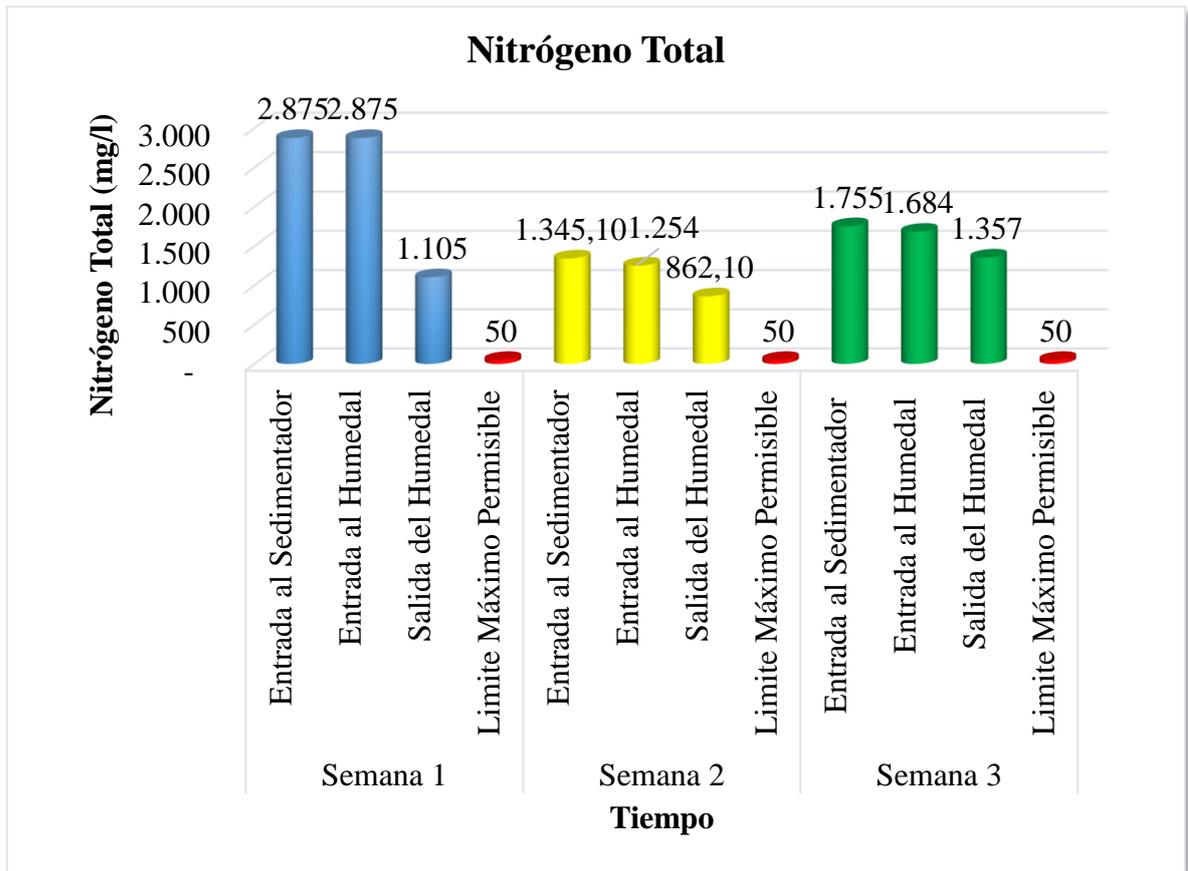
En la Gráfica 14, se observan los valores obtenidos de la DBO, durante las tres semanas de muestreo están dentro de un rango de 1132,0 mg/l a 3305,0 mg/l teniendo un valor promedio a la entrada al sedimentador de 2869,01 mg/l; entrada al humedal 2634,6 mg/l; salida al humedal 1582,0 mg/l. La DBO durante la semana 1 y 2 presenta concentraciones elevadas al existir poca presencia de lluvia, mientras que para la semana 2 disminuye la concentración debido a las precipitaciones registradas, diluyéndose por el agua de lluvia. Mediante la comparación con la normativa se determina que para las tres semanas los valores de la DBO exceden los límites máximos permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 097 A.

Nitrógeno Total

Tabla 33 Resultados de Nitrógeno Total

NITRÓGENO TOTAL (mg/l)											
Semana 1				Semana 2				Semana 3			
Entrada al Sedimentador	Entrada al Humedal	Salida del Humedal	Límite Máximo Permissible	Entrada al Sedimentador	Entrada al Humedal	Salida del Humedal	Límite Máximo Permissible	Entrada al Sedimentador	Entrada al Humedal	Salida del Humedal	Límite Máximo Permissible
2.875	2.875	1.105	50	1.345,10	1.254	862,10	50,00	1.755	1.684	1.357	50

Elaboración: Michelle Pullugando



Gráfica 15 Distribución y Frecuencia del Nitrógeno Total

Elaboración: Michelle Pullugando

En la Gráfica 15, se observan los resultados del Nitrógeno Total durante las tres semanas en un rango de 862,10 mg/l a 2875,0 mg/l teniendo un valor promedio a la entrada al sedimentador de 1991,7 mg/l; entrada al humedal 1937,6 mg/l; salida al humedal 1108,03 mg/l. El Nitrógeno Total durante la semana 1 y 2 presentaron concentraciones elevadas al tener pocas precipitaciones, mientras que para la semana 2 disminuyó la concentración debido a las precipitaciones registradas, en donde se diluyó el líquido por la presencia de aguas de lluvia.

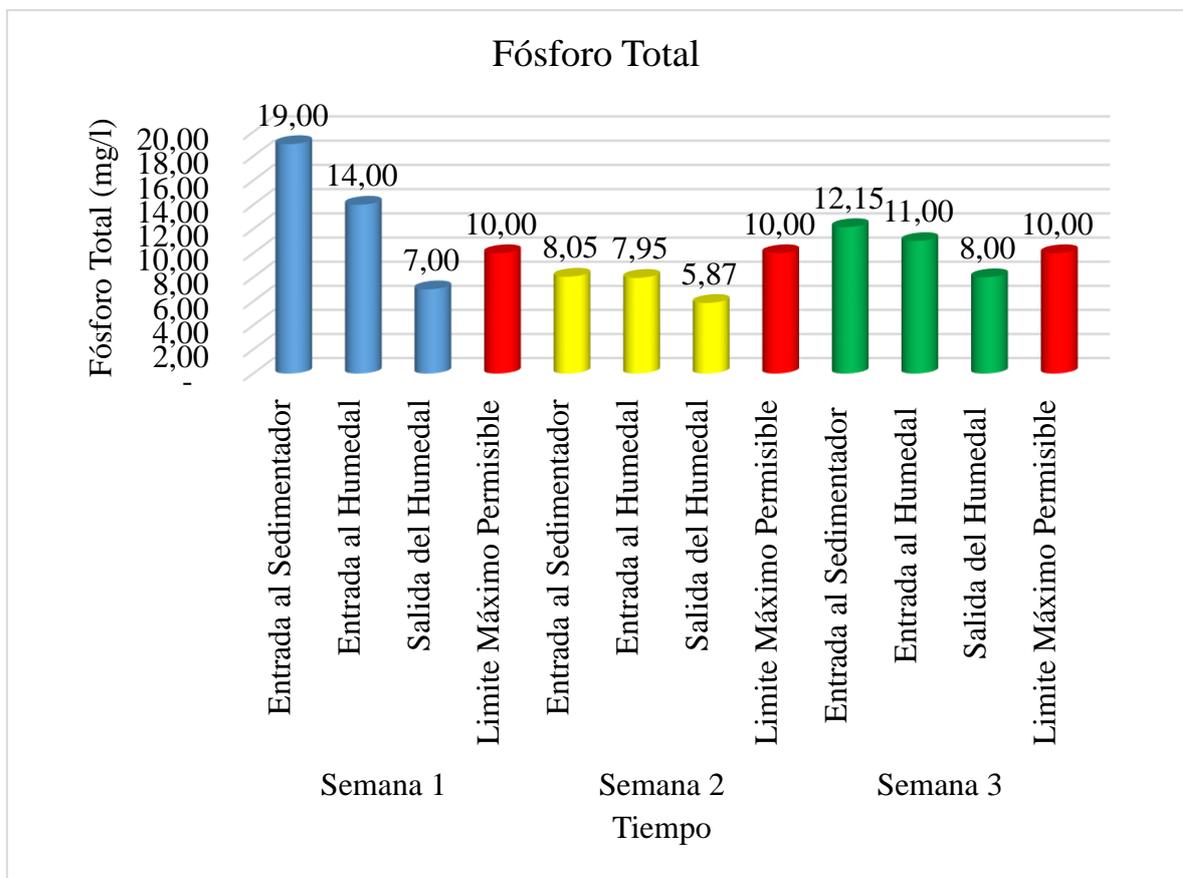
A las altas concentraciones de Nitrógeno Total se le atribuye la gran cantidad de materia orgánica presente en el relleno, que debido a procesos biológicos se transforman en estos contaminantes. Mediante la comparación con la normativa se determina que para las tres semanas los valores del Nitrógeno Total exceden los límites máximos permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 097 A.

Fósforo Total

Tabla 34 Resultados del Fósforo Total

FÓSFORO TOTAL (mg/l)											
Semana 1				Semana 2				Semana 3			
Entrada al Sedimentador	Entrada al Humedal	Salida del Humedal	Limite Máximo Permissible	Entrada al Sedimentador	Entrada al Humedal	Salida del Humedal	Limite Máximo Permissible	Entrada al Sedimentador	Entrada al Humedal	Salida del Humedal	Limite Máximo Permissible
19,00	14,00	7,00	10,00	8,05	7,95	5,87	10,00	12,15	11,00	8,00	10,00

Elaboración: Michelle Pullugando



Gráfica 16 Distribución y Frecuencia del Fósforo Total

Elaboración: Michelle Pullugando

En la Gráfica 16, se observan los resultados del Fósforo Total durante las tres semanas de muestreo están dentro de un rango de 5,87 mg/l a 19,00 mg/l teniendo un valor promedio a la entrada al sedimentador de 13,06 mg/l; entrada al humedal 10,98 mg/l; salida al humedal 6,95 mg/l. El Fósforo Total durante la semana 1 y 2 presenta concentraciones elevadas al existir poca presencia de lluvia, mientras que para la semana 2 disminuye la concentración

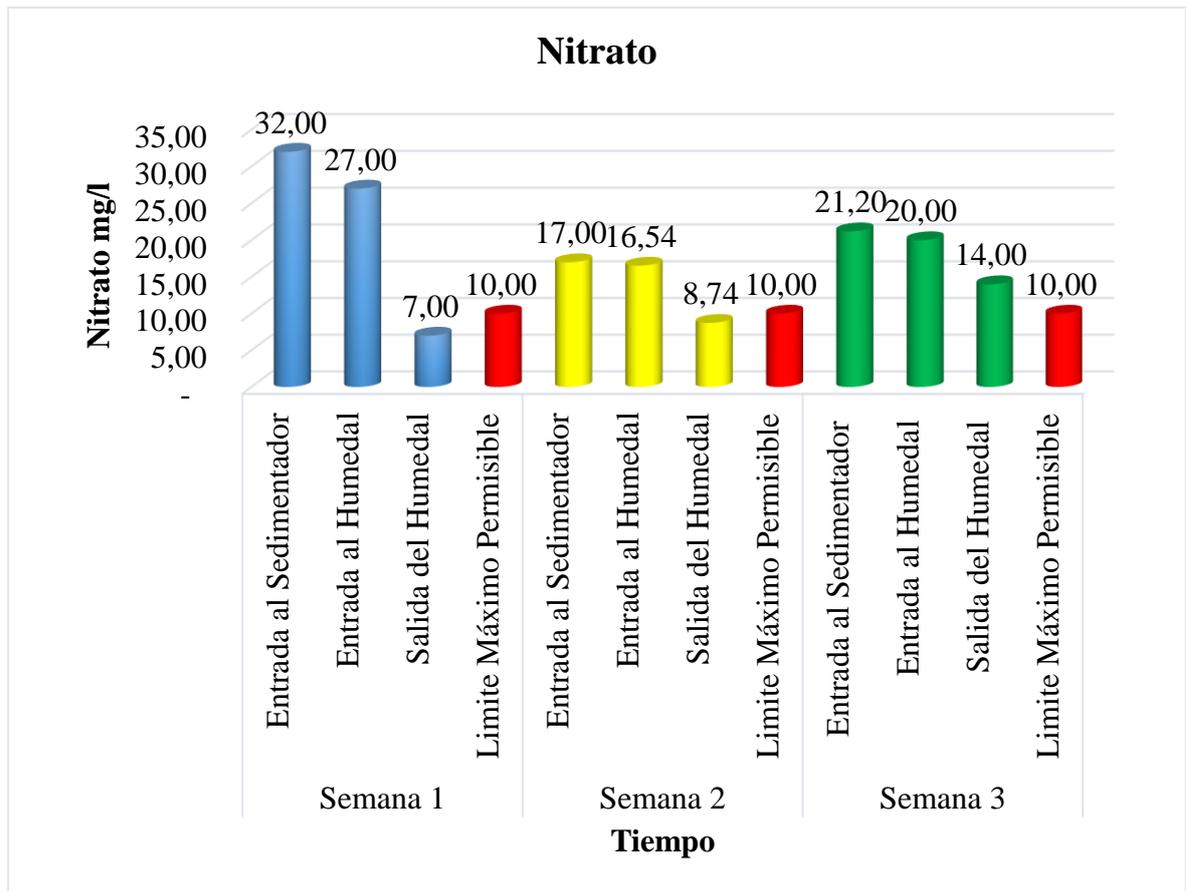
debido a las lluvias, así diluyéndose el lixiviado. Mediante la comparación con la normativa se determina que para las tres semanas los valores del Fósforo Total están por debajo de los límites máximos permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 097 A.

Nitrato

Tabla 35 Resultados de Nitrato

NITRATO (mg/l)											
Semana 1				Semana 2				Semana 3			
Entrada al Sedimentador	Entrada al Humedal	Salida del Humedal	Límite Máximo Permissible	Entrada al Sedimentador	Entrada al Humedal	Salida del Humedal	Límite Máximo Permissible	Entrada al Sedimentador	Entrada al Humedal	Salida del Humedal	Límite Máximo Permissible
32,00	27,00	7,00	10,00	17,00	16,54	8,74	10,00	21,20	20,00	14,00	10,00

Elaboración: Michelle Pullugando



Gráfica 17 Distribución y Frecuencia de Nitrato

Elaboración: Michelle Pullugando

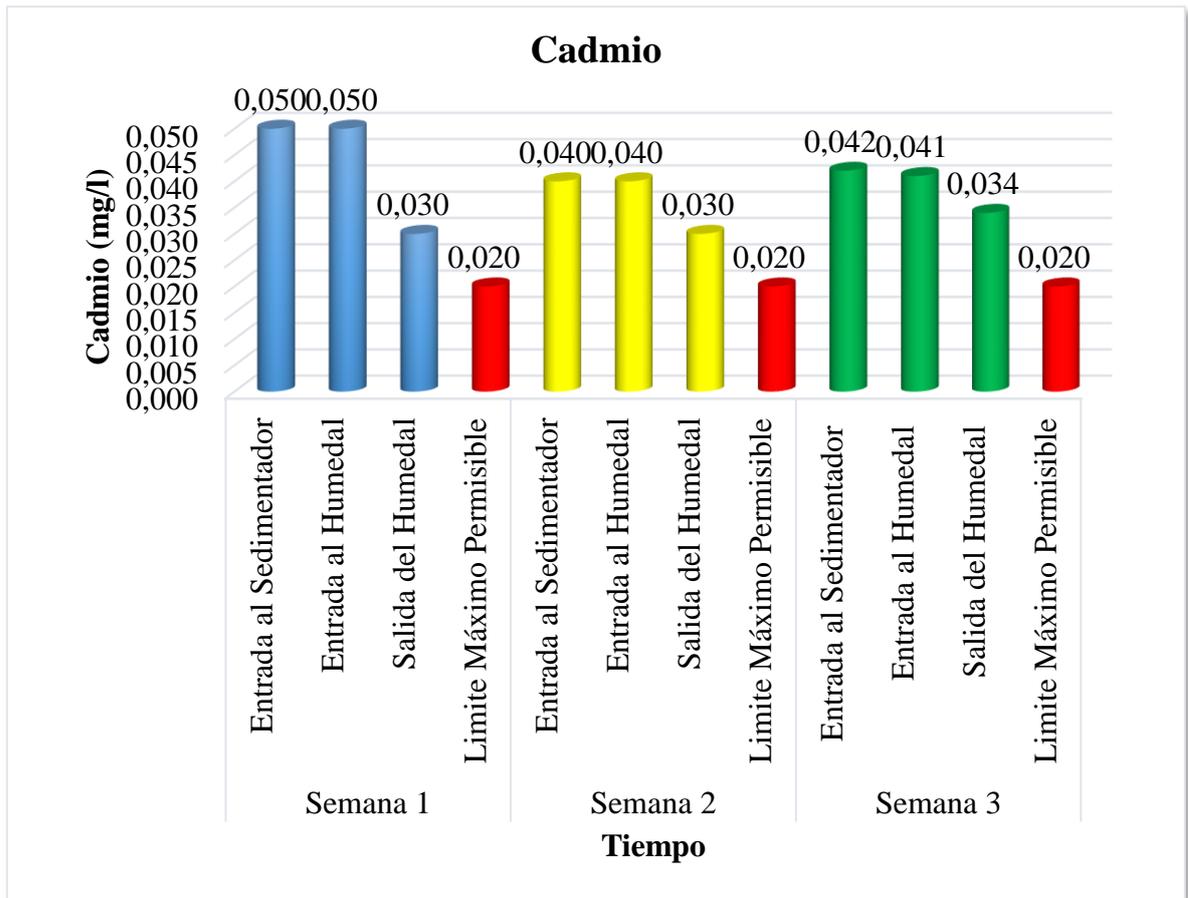
En la Gráfica 17 los resultados del Nitrato durante las tres semanas de muestreo están dentro de un rango de 7,0 mg/l a 32,0 mg/l teniendo un valor promedio a la entrada al sedimentador de 23,40 mg/l; entrada al humedal 21,18 mg/l; salida al humedal 9,91 mg/l. El Nitrato durante la semana 1 presenta concentraciones elevadas al existir poca presencia de lluvia, mientras que para la semana 2 y 3 disminuye la concentración debido a las lluvias, así diluyéndose el lixiviado. Además se observa que el humedal remueve significativamente la concentración de Nitrato en los lixiviados. Mediante la comparación con la normativa se determina que para la semana 1 y 2 los valores de Nitrato están por debajo de los límites permisibles mientras que para la semana 3 excede los límites máximos permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 097 A.

Cadmio

Tabla 36 Resultados del Cadmio

CADMIO (mg/l)											
Semana 1				Semana 2				Semana 3			
Entrada al Sedimentador	Entrada al Humedal	Salida del Humedal	Límite Máximo Permissible	Entrada al Sedimentador	Entrada al Humedal	Salida del Humedal	Límite Máximo Permissible	Entrada al Sedimentador	Entrada al Humedal	Salida del Humedal	Límite Máximo Permissible
0,050	0,050	0,030	0,020	0,040	0,040	0,030	0,020	0,042	0,041	0,034	0,020

Elaboración: Michelle Pullugando



Gráfica 18 Distribución y Frecuencia del Cadmio

Elaboración: Michelle Pullugando

En la Gráfica 18, se observaron los resultados del Cadmio durante las tres semanas de muestreo y están dentro de un rango de 0,030 mg/l a 0,050 mg/l teniendo un valor promedio a la entrada al sedimentador de 0,044 mg/l; entrada al humedal 0,0437 mg/l; salida al humedal 0,031 mg/l. La concentración de Cadmio independientemente de las precipitaciones no fluctúa tanto durante las tres semanas, se evidencia que el humedal se encuentra removiendo el contaminante, pero el mismo no es suficiente para que cumpla con los límites máximos permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 097 A.

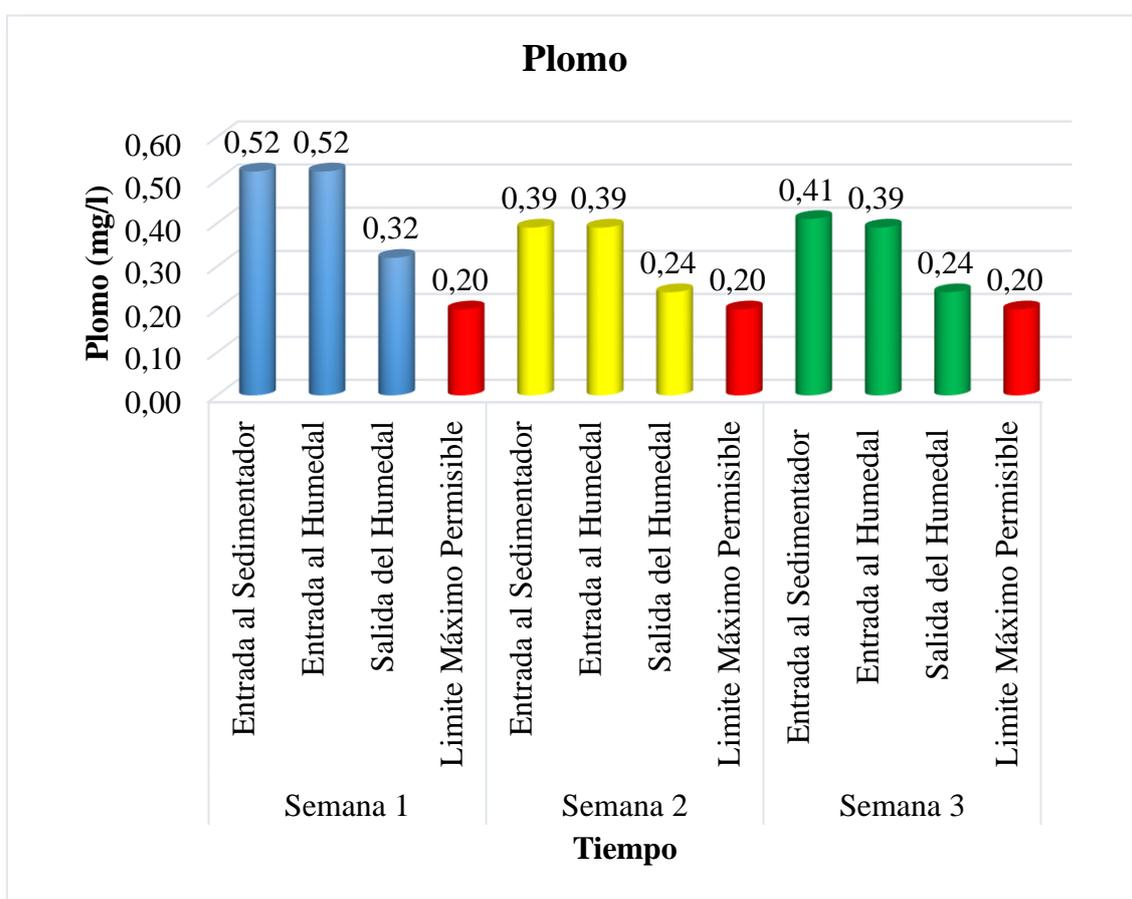
Esta concentración de cadmio se debe a que en el relleno se depositan artefactos como baterías de celulares, tubos PVC, esto en lo que respecta a actividades antropogénicas, pero también se da por factores naturales como la meteorización de las rocas.

Plomo

Tabla 37 Resultados del Plomo

PLOMO (mg/l)											
Semana 1				Semana 2				Semana 3			
Entrada al Sedimentador	Entrada al Humedal	Salida del Humedal	Limite Máximo Permissible	Entrada al Sedimentador	Entrada al Humedal	Salida del Humedal	Limite Máximo Permissible	Entrada al Sedimentador	Entrada al Humedal	Salida del Humedal	Limite Máximo Permissible
0,52	0,52	0,32	0,20	0,39	0,39	0,24	0,20	0,41	0,39	0,24	0,20

Elaboración: Michelle Pullugando



Gráfica 19 Distribución y Frecuencia del Plomo

Elaboración: Michelle Pullugando

En la Gráfica 19, se observaron los resultados del Plomo durante las tres semanas de muestreo y están dentro de un rango de 0,24 mg/l a 0,52 mg/l teniendo un valor promedio a la entrada al sedimentador de 0,44 mg/l; entrada al humedal 0,43 mg/l; salida al humedal 0,26 mg/l. La concentración de Plomo independientemente de las precipitaciones no fluctúa tanto durante las tres semanas, se evidencia que el humedal se encuentra removiendo el

contaminante, pero el mismo sobrepasa la norma aplicable establecido en el Acuerdo Ministerial 097 A.

Estos valores se deben a que en el relleno se encuentran depositando materiales sintéticos, restos de cerámica, esmaltes de vidrio, así como otros elementos.

Objetivo 2 Identificar el cumplimiento de la normativa vigente establecida en el Acuerdo Ministerial 097 A.

Tabla 38 Cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles para la semana 1

N°	Parámetros	Unidades	Semana 1			Límites Máximos Permisibles Acuerdo Ministerial 097A	Descripción
			Entrada al Sedimentador	Entrada al Humedal	Salida del Humedal		
1	Oxígeno Disuelto	mg/l	0,25	0,52	0,23		
2	pH.		7,98	7,83	8,01	9,00	CUMPLE
3	Conductividad	us/cm	11,65	4,23	2,49		
4	Temperatura	°C	23,4	23,27	23,33	35	CUMPLE
5	Turbiedad	NTU	642	155	55		
6	Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	368	108	19	130	CUMPLE
7	Sólidos Totales	mg/l	8750	2637	1406	1600	CUMPLE
8	Sólidos Disueltos Totales	mg/l	2.432	1.464	542		
9	DQO	mg/l	4.050,6	3.805,93	1.654	200	NO CUMPLE
10	DBO	mg/l	3.305	3.054	1.132	100	NO CUMPLE
11	Nitrógeno Total	mg/l	2.875	2.875	1.105	50	NO CUMPLE
12	Fósforo Total	mg/l	19	14	7	10	CUMPLE
13	Nitrato	mg/l	32	27	7	10	CUMPLE
14	Cadmio	mg/l	0,05	0,05	0,03	0,02	NO CUMPLE
15	Plomo	mg/l	0,52	0,52	0,32	0,2	NO CUMPLE

Elaboración: Michelle Pullugando

Los resultados de los análisis se compararon con la normativa vigente del Ecuador, Acuerdo Ministerial 097 A; Tabla 9. Límites de Descarga hacia un cuerpo de agua dulce. Para la primera semana de muestreo: pH, Temperatura, Sólidos Suspendidos Totales, Sólidos Totales, Fósforo Total y Nitrato cumplen con los estándares de la normativa. DQO, DBO, Nitrógeno Total, Cadmio y Plomo presentan rangos elevados que sobrepasan lo establecido, mientras que, para Oxígeno Disuelto, Conductividad, Turbiedad, Sólidos Disueltos Totales no se encontraron límites máximos permisibles, tanto en el Acuerdo 091, Anexo 1 ya derogado y en la normativa establecida por la OPS/OMS.

Tabla 39 Cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles para la semana 2

N°	Parámetros	Unidades	Semana 2				Límites Máximos Permisibles Acuerdo Ministerial 097A	Descripción
			Entrada al Sedimentador	Entrada al Humedal	Salida del Humedal			
1	Oxígeno Disuelto	mg/l	6,72	5,00	5,33			
2	pH.		8,06	8,01	8,10	9,00	CUMPLE	
3	Conductividad	us/cm	1406	6,49	5,97			
4	Temperatura	°C	21,60	21,30	21,13	35	CUMPLE	
5	Turbiedad	NTU	124	209	107			
6	Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	46	92	32	130	CUMPLE	
7	Sólidos Totales	mg/l	930	3776	3404	1600	NO CUMPLE	
8	Sólidos Disueltos Totales	mg/l	1.325	1.112	882			
9	DQO	mg/l	3.924,20	3.247,03	2.654	200	NO CUMPLE	
10	DBO	mg/l	2.501,03	2.055	1.627	100	NO CUMPLE	
11	Nitrógeno Total	mg/l	1.345,10	1.254	862,10	50	NO CUMPLE	
12	Fósforo Total	mg/l	8,05	7,95	5,87	10	CUMPLE	
13	Nitrato	mg/l	17	16,54	8,74	10	CUMPLE	
14	Cadmio	mg/l	0,04	0,04	0,03	0,02	NO CUMPLE	
15	Plomo	mg/l	0,39	0,39	0,24	0,2	NO CUMPLE	

Elaboración: Michelle Pullugando

Los resultados de los análisis se compararon con la normativa vigente del Ecuador, Acuerdo Ministerial 097 A; Tabla 9. Límites de Descarga hacia un cuerpo de agua dulce. Para la segunda semana de muestreo: pH, Temperatura, Sólidos Suspendidos Totales, Fósforo Total y Nitrato cumplen con los estándares de la normativa. Sólidos Totales, DQO, DBO, Nitrógeno Total, Cadmio y Plomo presentan rangos elevados que sobrepasan lo establecido, mientras que, para Oxígeno Disuelto, Conductividad, Turbiedad, Sólidos Disueltos Totales no se encontraron límites máximos permisibles, tanto en el Acuerdo 091, Anexo 1 ya derogado y en la normativa establecida por la OPS/OMS.

Tabla 40 Cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles para la semana 3

N°	Parámetros	Unidades	Semana 3				Límites Máximos Permisibles Acuerdo Ministerial 097A	Descripción
			Entrada al Sedimentador	Entrada al Humedal	Salida del Humedal			
1	Oxígeno Disuelto	mg/l	0,39	0,08	0,07			
2	pH.		8,24	8,35	8,45	9,00	CUMPLE	
3	Conductividad	us/cm	14,22	4,82	4,42			
4	Temperatura	°C	21,57	21,50	21,20	35	CUMPLE	
5	Turbiedad	NTU	909	115	47			
6	Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	456	60	33	130	CUMPLE	
7	Sólidos Totales	mg/l	8.974	2.106	2.138	1600	NO CUMPLE	
8	Sólidos Disueltos Totales	mg/l	1.624	1.512	1.025			
9	DQO	mg/l	3.997	3.854	2.865	200	NO CUMPLE	
10	DBO	mg/l	2.801	2.795	1.987	100	NO CUMPLE	
11	Nitrógeno Total	mg/l	1.755	1.684	1.357	50	NO CUMPLE	
12	Fósforo Total	mg/l	12,15	11	8	10	CUMPLE	
13	Nitrato	mg/l	21,20	20	14	10	NO CUMPLE	
14	Cadmio	mg/l	0,042	0,041	0,034	0,02	NO CUMPLE	
15	Plomo	mg/l	0,41	0,39	0,24	0,2	NO CUMPLE	

Elaboración: Michelle Pullugando

Los resultados de los análisis se compararon con la normativa vigente del Ecuador, Acuerdo Ministerial 097 A; Tabla 9. Límites de Descarga hacia un cuerpo de agua dulce. Para la segunda semana de muestreo: pH, Temperatura, Sólidos Suspendidos Totales, Fósforo Total cumplen con los estándares de la normativa. Sólidos Totales, DQO, DBO, Nitrógeno Total, Nitrato, Cadmio y Plomo presentan rangos elevados que sobrepasan lo establecido, mientras que, para Oxígeno Disuelto, Conductividad, Turbiedad, Sólidos Disueltos Totales no se encontraron límites máximos permisibles, tanto en el Acuerdo 091, Anexo 1 ya derogado y en la normativa establecida por la OPS/OMS.

El tratamiento de la PTL está basado en un sedimentador de doble cámara, filtro anaeróbico y finalmente de un humedal artificial. La caracterización en cada uno de los procesos nos dio los siguientes resultados para la remoción de los contaminantes del lixiviado. Para cada uno de los parámetros durante las tres semanas de muestreo se presentan variaciones en la concentración la carga orgánica, así como en la remoción de cada uno de los procesos. De los 15 parámetros puestos a consideración en esta caracterización 7 se compararon con la (tabla 4), en donde (Kreith & Tchobanoglous, 2002) manifiesta los rangos para la identificación de si es un lixiviado nuevo o maduro, en este caso con los valores de concentración de DBO, DQO, Sólidos suspendidos totales, Nitrógeno Orgánico, Nitrato, Fósforo Total, pH, se considera que la edad del lixiviado es menor a dos años, es decir nuevo. Asimismo en la (tabla 5) (Hester & Harrison, 2002) estudiaron la concentración del

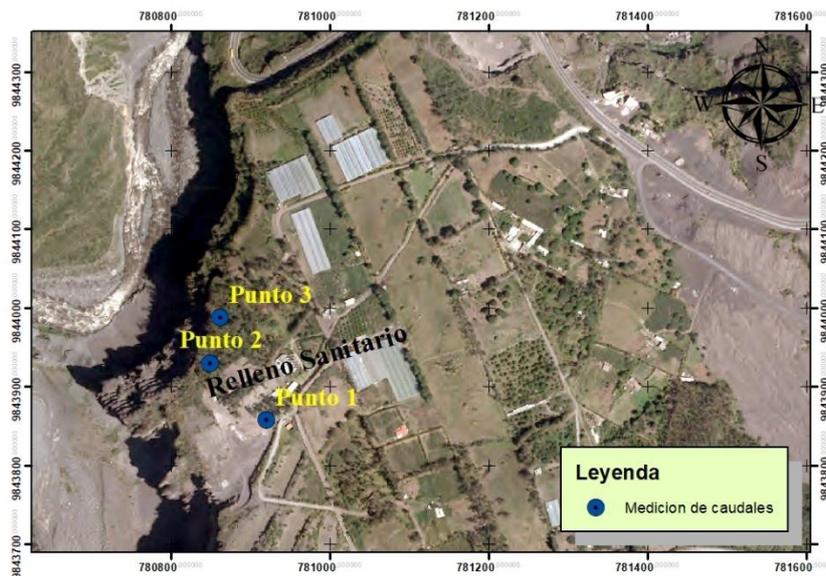
lixiviado basándose en las etapas del mismo: Acetogenico y Metanogenico. El lixiviado procedente del relleno se encuentra en la fase acetogenica en donde se produce alto contenido dióxido de carbono y nitrógeno.

Objetivo 3 Diagnosticar del funcionamiento de la planta de tratamiento de lixiviados.

El Cantón Baños de Agua Santa dentro de su proyecto de Cierre Técnico del Vertedero e Implementación de nuevas celdas emergentes construyo una planta de tratamiento de lixiviados para minimizar la carga contaminante que es descargada hacia el rio Chambo.

La Planta de tratamiento de Lixiviados se encuentra ubicada en la zona baja del relleno sanitario, está en funcionamiento desde el mes de octubre del 2017 y está diseñada para tratar un caudal aproximadamente de 21,62m³/día, que corresponde a las celdas emergentes.

Para la determinación del caudal se utilizó el método volumétrico en los tres puntos. El relleno sanitario está compuesto por nueve pozos en donde se puede tomar muestras, determinación de caudales o a su vez para el mantenimiento de los mismos. El caudal se determinó en el primer pozo, ingreso al humedal, y salida del humedal como se muestra en la imagen.



Mapa 7 Puntos de Medición de Caudales

Fuente y Elaboración: Michelle Pullugando

Tabla 41 Coordenadas de los puntos de medición de caudales

Puntos	Caudal	Unidad
Punto 1	0,00674916	l/s
Punto 2	0,03585657	l/s
Punto 3	0,01193317	l/s

Fuente y Elaboración: Michelle Pullugando

La PTL posee tres componentes:

Pre-tratamiento

- Sedimentador primario de doble cámara

Procesos anaerobios

- Filtro Biológico anaeróbico

Sistema Natural

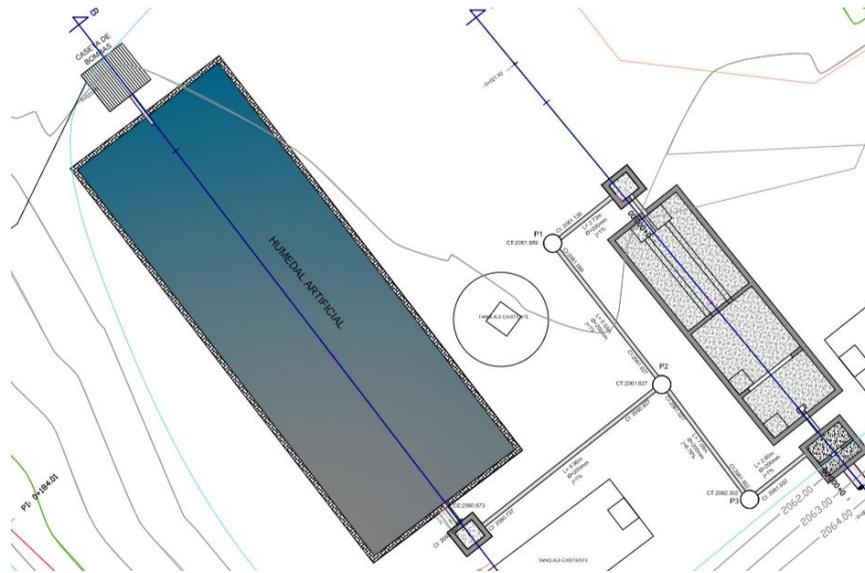
- Humedal artificial de flujo subsuperficial

Tabla 42 Etapas de la Planta de Tratamiento de Lixiviados del Cantón

ETAPA	PROCESO	FUNCIÓN
Pre-tratamiento	Sedimentador primario de doble cámara	Retiene los sólidos de los lixiviados
Procesos anaerobios	Filtro Biológico anaeróbico	Degrada la materia orgánica
Sistema Natural	Humedal artificial de flujo subsuperficial	Elimina la DBO, remueve metales pesados

Fuente: GADBAS 2017

Elaboración: Michelle Pullugando



Gráfica 20 Diseño de la Planta de Tratamiento de Lixiviados del Cantón Baños de Agua Santa

Fuente: Jefatura de Medio Ambiente del GADBAS 2017

Elaboración: Michelle Pullugando

Observaciones técnicas a la PTL

Los lixiviados recolectados por el sistema de drenajes o alcantarillado son llevados hacia tres pozos de revisión los mismos que se encuentran ubicados a la salida de cada una de las celdas emergentes, desde allí son descargados al sistema de alcantarillado que posteriormente se dirigen al sistema de tratamiento.

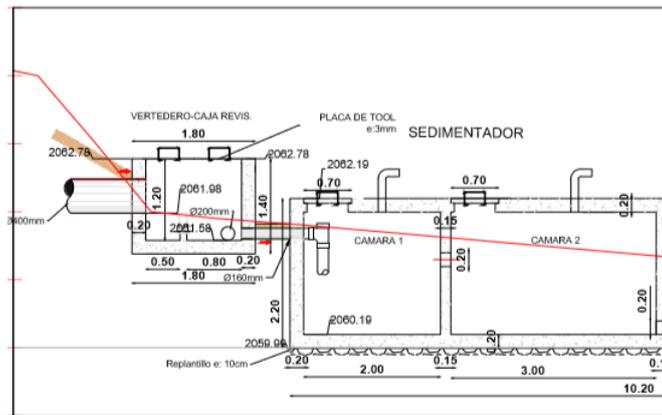


Fotografía 5 Pozos de Revisión

Fuente y Elaboración: Michelle Pullugando

Sedimentador primario de doble cámara

Previamente al ingreso a los sedimentadores existe una caja de revisión en donde se almacena el líquido. El sedimentador tiene la función de retener los sólidos decantables para así evitar su ingreso hacia el filtro biológico anaeróbico y pantano artificial. El mismo cuenta con una altura de 1,5 m, un ancho de 3 m y una longitud total de 4,9 m.



Gráfica 21 Diseño del sedimentador de doble cámara

Fuente: Jefatura de Medio Ambiente del GADBAS

Elaboración: Michelle Pullugando

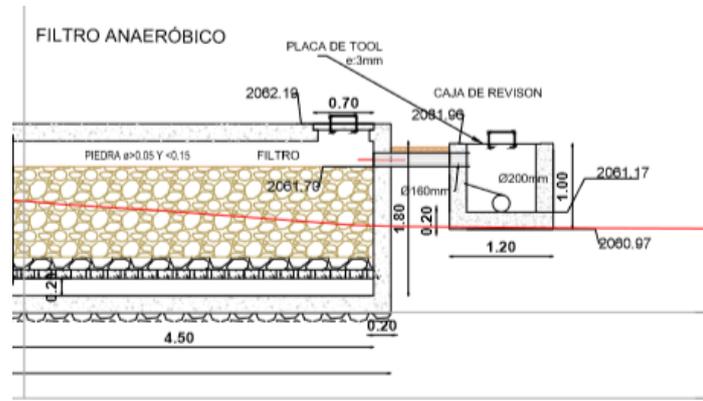


Fotografía 6 Estado Actual del Sedimentador de doble cámara

Elaboración: Michelle Pullugando

Filtro Biológico anaeróbico

El lixiviado ingresa al filtro sin sólidos en donde la principal función del filtro biológico anaeróbico es reducir la carga orgánica entre un 40 y un 50%, antes de que ingrese al humedal. Las dimensiones del filtro anaeróbico son 3 m de ancho y una longitud de 4,5 m.



Gráfica 22 Diseño del Filtro Anaeróbico

Fuente: Jefatura de Medio Ambiente del GADBAS

Elaboración: Michelle Pullugando



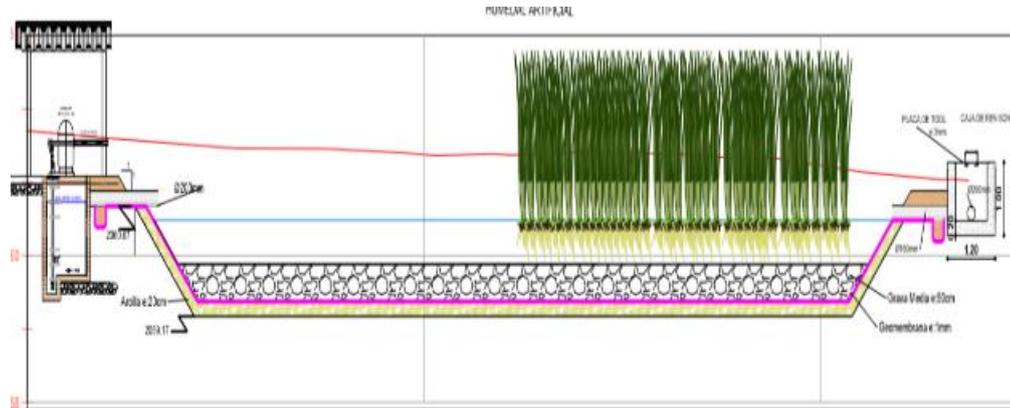
Fotografía 7 Estado Actual de filtro anaeróbico

Elaboración: Michelle Pullugando

A la salida del filtro anaeróbico tiene una última caja de revisión, para que ingrese hacia el humedal.

Humedal artificial de flujo subsuperficial

El pantano artificial tiene las dimensiones siguientes: largo 18 m y ancho de 6 m. Su función principal es reducir la carga orgánica en un 80% y los coliformes fecales y totales con una eficiencia similar al 99% (Peluffo & Fernández, 2016). El humedal está cubierto por geomembrana y la especie que se está utilizando para el tratamiento es la totora.



Gráfica 23 Diseño del Humedal Flujo Subsuperficial

Fuente: Jefatura de Medio Ambiente del GADBAS

Elaboración: Michelle Pullugando

Para culminar el tratamiento el lixiviado pasa a una tercera caja de revision, seguidamente al último pozo y finalmente sale por una tubería hacia el Río Chambo, la descarga no es directa hacia el río ya que el líquido cae a roca y va drenando hacia llegar a la cuenca hidrica.



Fotografía 8 Estado Actual del Humedal

Elaboración: Michelle Pullugando

Objetivo 4. Establecer alternativas de mejoramiento en la remoción de los contaminantes dentro de la planta de tratamiento de lixiviados.

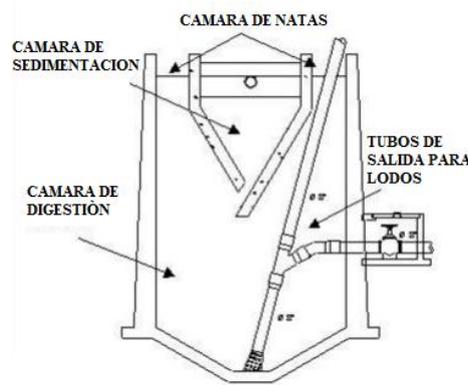
El propósito de esta investigación fue en primer instancia realizar una caracterización de los lixiviados para así evaluar el funcionamiento de la planta de tratamiento, Conforme a los resultados obtenidos se da constancia de que la planta si está funcionando, pero no logra cumplir con los límites máximos de descarga hacia un cuerpo de agua dulce, por lo tanto se plantean cuatro alternativas para el mejoramiento de la planta: Tanque Imhoff, Reactor UASB y la posibilidad de utilizar otras especies de vegetación en el humedal artificial como él (*Phragmites australis*) y (*Cyperus Papyrus*).

1^{era} Alternativa: Tanque Imhoff

El Tanque Imhoff tiene como finalidad la remoción de grasas, Sólidos suspendidos, y DBO. Este consta de dos cámaras superpuestas. En la cámara inferior se acumulan los sólidos para su digestión anaeróbica y en la parte superior se retiene las espumas y grasas (Juana, 2005)

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

El tanque Imhoff está diseñado por dos compartimientos: 1. Sección inferior para la digestión de lodos 2. Compartimiento superior para la sedimentación (Hoffmann et al., 2011).



Gráfica 24 Primera Alternativa: Diseño del tanque Imhoff

Fuente: (Organización Panamericana de Salud, 2005)

Modificado: Michelle Pullugando

Cálculo de Diseño para la población del año 2010

Datos de Partida

1	Número de habitantes equivalentes	20.018 habitantes
2	Dotación (litros/habitantes*día)	6.11 m ³ /día
3	Número de líneas	2
4	Producción de fangos (litros/ habitantes*año)	80
5	Meses transcurridos entre dos limpiezas de fangos	6 meses
6	Porcentaje de fangos eliminados en cada limpieza (%)	66,6

Caudal de diseño (m³/h)

$$Q_D = \frac{\# \text{ habitantes} * \text{dotación}}{24}$$

$$Q_D = \frac{20.018 \text{ hab} * 6,11 \text{ m}^3/\text{dia}}{24}$$

$$Q_D = 5,09 \text{ m}^3/\text{h}$$

Caudal de diseño unitario (m³/h)

$$Q_{\text{Dunitario}} = \frac{Q_D}{\# \text{ de líneas}}$$

$$Q_{\text{Dunitario}} = \frac{5,09 \text{ m}^3/\text{h}}{2}$$

$$Q_{\text{Dunitario}} = 2,5450 \text{ m}^3/\text{h}$$

Diámetro del Decantador (m)

$$D_{\text{Decantador}} = \left(\left(\frac{Q_{\text{Dunitario}}}{0,6} \right) * \frac{4}{\pi} \right)^{0,5}$$

$$D_{\text{Decantador}} = \left(\left(\frac{2,5450 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{0,6} \right) * \frac{4}{\pi} \right)^{0,5}$$

$$D_{\text{Decantador}} = 2,3239 \text{ m}$$

Diámetro del Tanque Imhoff

$$D_{\text{Tanque Imhoff}} = D_{\text{Decantador}} + 0,5 + 0,5$$

$$D_{\text{Tanque Imhoff}} = 2,3239\text{m} + 0,5 + 0,5$$

$$D_{\text{Tanque Imhoff}} = 3,32 \text{ m}$$

Altura cilíndrica útil del decantador (m)

$$h_{\text{decantador}} = \left(\frac{3 * Q_{\text{Dunitario}}}{\pi \left(\frac{D_{\text{Decantador}}^2}{4} \right)} \right)$$

$$h_{\text{decantador}} = \left(\frac{3 * 2,54 \text{ m}^3/\text{h}}{\pi \left(\frac{2,32^2}{4} \right)} \right)$$

$$h_{\text{decantador}} = 0,11 \text{ m}$$

Volumen útil de la cámara de digestión (m3)

$V_{\text{camara de digestión}}$

$$= \frac{\text{Producción de fangos} \left(\frac{\text{lt}}{\text{hab}} * \text{dia} \right) * \left(\frac{\# \text{ de habitantes}}{\# \text{ de líneas}} \right) * \left(\frac{\text{meses transcurridos}}{12} \right) * \left(\frac{100}{\% \text{ de fangos}} \right)}{1000}$$

$$V_{\text{camara de digestión}} = \frac{80 \left(\frac{\text{lt}}{\text{hab}} * \text{dia} \right) * \left(\frac{20,018 \text{ hab}}{2} \right) * \left(\frac{6}{12} \right) * \left(\frac{100}{66,6} \right)}{1000}$$

$$V_{\text{camara de digestión}} = 60,11 \text{ m}^3$$

Altura útil de la cámara de digestión (m)

$$h_{\text{Camara de digestión}} = \left(\frac{V_{\text{camara de digestión}}}{\pi \left(\frac{D_{\text{Tanque Imhoff}}}{2} \right)^2} \right)$$

$$h_{\text{Camara de digestión}} = \left(\frac{60,11 \text{ m}^3}{\pi \left(\frac{3,32 \text{ m}}{2} \right)^2} \right)$$

$$h_{\text{Camara de digestión}} = 6,96 \text{ m}$$

Altura útil del Tanque Imhoff

$$h_{\text{tanque Imhoff}} = \frac{h_{\text{cilindrica del decantador}} + D_{\text{Decantador}}}{2 + h_{\text{camara de digestión}} + 0,4}$$

$$h_{\text{tanque Imhoff}} = \frac{0,11 \text{ m} + 2,32 \text{ m}}{2 + 6,96 \text{ m} + 0,4}$$

$$h_{\text{tanque Imhoff}} = 0,25 \text{ m}$$

Volumen Total del Tanque Imhoff

$$VT_{\text{tanque Imhoff}} = \left(\pi * \left(\frac{D_{\text{tanque Imhoff}}^2}{4} \right) * h_{\text{tanque Imhoff}} \right)$$

$$VT_{\text{tanque Imhoff}} = \left(\pi * \left(\frac{11,02^2}{4} \right) * 0,25 \text{ m} \right)$$

$$VT_{\text{tanque Imhoff}} = 2,15 \text{ m}^3$$

Resultados del Cálculo

7	Caudal de diseño (m ³ /h)	5,09 m ³ /h
8	Caudal de diseño unitario (m ³ /h)	2,5450 m ³ /h
9	Diámetro del Decantador (m)	2,3239 m
10	Diámetro del Tanque Imhoff	3,32 m
11	Altura cilíndrica útil del decantador (m)	0,11 m
12	Volumen útil de la cámara de digestión (m ³)	60,11 m ³
13	Altura útil de la cámara de digestión (m)	6,96 m
14	Altura útil del Tanque Imhoff	0,25 m
15	Volumen Total del Tanque Imhoff	2,15 m ³

Cálculo de Diseño para la población del año 2018

1	Número de habitantes equivalentes	24.153 habitantes
2	Dotación (litros/habitantes*día)	6.11 m ³ /día
3	Número de líneas	2
4	Producción de fangos (litros/ habitantes*año)	80
5	Meses transcurridos entre dos limpiezas de fangos	6 meses
6	Porcentaje de fangos eliminados en cada limpieza (%)	66,6

Caudal de diseño (m3/h)

$$Q_D = \frac{\# \text{ habitantes} * \text{dotación}}{24}$$

$$Q_D = \frac{24.153 \text{ hab} * 6,11 \text{ m}^3/\text{dia}}{24}$$

$$Q_D = 6,14 \text{ m}^3/\text{h}$$

Caudal de diseño unitario (m3/h)

$$Q_{D\text{unitario}} = \frac{Q_D}{\# \text{ de lineas}}$$

$$Q_{D\text{unitario}} = \frac{6,14 \text{ m}^3/\text{h}}{2}$$

$$Q_{D\text{unitario}} = 3,07 \text{ m}^3/\text{h}$$

Diámetro del Decantador (m)

$$D_{\text{Decantador}} = \left(\left(\frac{Q_{D\text{unitario}}}{0,6} \right) * \frac{4}{\pi} \right)^{\wedge 0,5}$$

$$D_{\text{Decantador}} = \left(\left(\frac{3,07 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{0,6} \right) * \frac{4}{\pi} \right)^{0,5}$$

$$D_{\text{Decantador}} = 2,55 \text{ m}$$

Diámetro del Tanque Imhoff

$$D_{\text{Tanque Imhoff}} = D_{\text{Decantador}} + 0,5 + 0,5$$

$$D_{\text{Tanque Imhoff}} = 2,55\text{m} + 0,5 + 0,5$$

$$D_{\text{Tanque Imhoff}} = 3,55 \text{ m}$$

Altura cilíndrica útil del decantador (m)

$$h_{\text{decantador}} = \left(\frac{3 * Q_{\text{Dunitario}}}{\pi \left(\frac{D_{\text{Decantador}}^2}{4} \right)} \right)$$

$$h_{\text{decantador}} = \left(\frac{3 * 3,07 \text{ m}^3/\text{h}}{\pi \left(\frac{2,55^2}{4} \right)} \right)$$

$$h_{\text{decantador}} = 0,11 \text{ m}$$

Volumen útil de la cámara de digestión (m³)

$V_{\text{camara de digestión}}$

$$= \frac{\text{Producción de fangos} \left(\frac{\text{lt}}{\text{hab}} * \text{dia} \right) * \left(\frac{\# \text{ de habitantes}}{\# \text{ de líneas}} \right) * \left(\frac{\text{meses transcurridos}}{12} \right) * \left(\frac{100}{\% \text{ de fangos}} \right)}{1000}$$

$$V_{\text{camara de digestión}} = \frac{80 \left(\frac{\text{lt}}{\text{hab}} * \text{dia} \right) * \left(\frac{24.153 \text{ hab}}{2} \right) * \left(\frac{6}{12} \right) * \left(\frac{100}{66,6} \right)}{1000}$$

$$V_{\text{camara de digestión}} = 73,14 \text{ m}^3$$

Altura útil de la cámara de digestión (m)

$$h_{\text{Camara de digestión}} = \left(\frac{V_{\text{camara de digestión}}}{\pi \left(\frac{D_{\text{Tanque Imhoff}}}{2} \right)^2} \right)$$

$$h_{\text{Camara de digestión}} = \left(\frac{73,14 \text{ m}^3}{\pi \left(\frac{3,55 \text{ m}}{2} \right)^2} \right)$$

$$h_{\text{Camara de digestión}} = 7,39 \text{ m}$$

Altura útil del Tanque Imhoff

$$h_{\text{tanque Imhoff}} = \frac{h_{\text{cilindrica del decantador}} + D_{\text{Decantador}}}{2 + h_{\text{camara de digestión}} + 0,4}$$

$$h_{\text{tanque Imhoff}} = \frac{0,11 \text{ m} + 2,55 \text{ m}}{2 + 7,39 \text{ m} + 0,4}$$

$$h_{\text{tanque Imhoff}} = 0,27\text{m}$$

Volumen Total del Tanque Imhoff

$$VT_{\text{tanque Imhoff}} = \left(\pi * \left(\frac{D^2_{\text{tanque Imhoff}}}{4} \right) * h_{\text{tanque Imhoff}} \right)$$

$$VT_{\text{tanque Imhoff}} = \left(\pi * \left(\frac{12,60}{4} \right) * 0,27\text{m} \right)$$

$$VT_{\text{tanque Imhoff}} = 2,67 \text{ m}^3$$

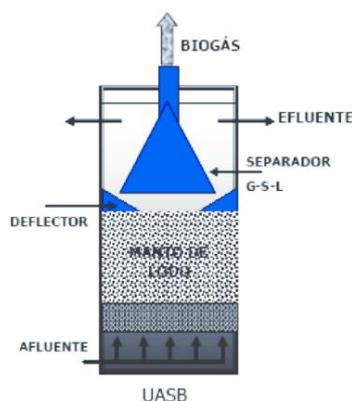
Resultados del Cálculo

7	Caudal de diseño (m3/h)	6,14 m3/h
8	Caudal de diseño unitario (m3/h)	3,07 m3/h
9	Diámetro del Decantador (m)	2,55 m
10	Diámetro del Tanque Imhoff	3,55 m
11	Altura cilíndrica útil del decantador (m)	0,11 m
12	Volumen útil de la cámara de digestión (m3)	73,14 m3
13	Altura útil de la cámara de digestión (m)	7,39 m
14	Altura útil del Tanque Imhoff	0,27 m
15	Volumen Total del Tanque Imhoff	2,67 m3

2^{da} 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 América Latina este método es utilizado como remplazo del sedimentador primario, sistema de lodos activados ya que pueden lograr una eficiencia de 60 % a 80% de remoción de DQO y DBO (Caicedo & Molina, 2004)

Para que el reactor funcione correctamente se debe disminuir el pH y el fosforo en lo posible a 5,75 para ampliar la eficiencia hasta un 90%



Gráfica 25 Segunda Alternativa: Diseño del Reactor UASB

Fuente y Elaboración :(Caicedo & Molina, 2004)

Vegetación Para Humedales Artificiales

3^{ra} Alternativa: Carrizo (*Phragmites australis*)

El carrizo es una planta silvestre que se propaga fácilmente de manera natural. Por lo general crece en pantanos, drenajes y cabeceras húmedas, con amplia distribución geográfica (desde zonas templadas a tropicales (Gerritsen et al., 2009).

La eficiencia de *P. australis* como planta fitorremediadora ha sido altamente estudiada a nivel mundial, no solo para mejoramiento de aguas residuales, sino también para la descontaminación de metales pesados en lodos residuales; se ha encontrado una efectividad del 95% - 99% para remover elementos traza del ambiente (Mora Ravelo et al., 2016).

El carrizo se adapta en aguas no contaminadas como en aguas alcalinas, se lo utiliza en humedales de flujo subsuperficial por ser una especie robusta y poliforme. Una de las ventajas de esta planta es que sus raíces penetran mas profundamente en el sustrato (Ariño, 2013). Varios estudios manifiestan que el carrizo tiene la capacidad de tolerar 10 mg/l de plomo en aguas residuales contaminadas con metales pesados. Este tipo de vegetación concentra el plomo en el tallo en lugar de hacerlo en las hojas como la mayoría de especies macrofitas lo hacen (Martínez, 2012).



Fotografía 9 Tercera Alternativa: (*Phragmites australis*)

Fuente y Elaboración: (Martínez, 2012)

4^{ta} Alternativa: Papiro (*Cyperus Papyrus*)

El Papiro usualmente llega a tener una altura de 0.5 a 1.5m, con una profundidad de 0.2 – 0.4 m, se caracteriza por su absorción de metales pesados, el papiro se multiplica principalmente a través de sus rizomas, de las que brotan nuevos troncos a intervalos regulares. Esta especie vegetativa es capaz de tolerar temperaturas de 20 a 33°C, y tiene un pH entre 6 - 8,5 (Torres et al., 2015).

Un estudio implementado en Costa Rica mostro que *Cyperus Papyrus* presenta una eficiencia de remoción de carga orgánica de 91% para la DBO, 72% para DQO y un 73% para solidos totales (Pérez et al., 2013).

Asimismo, en la Ciudad de Cuenca se realizó un estudio de comparación entre (*Cyperus Papyrus*) y (*Phragmites australis*) en donde la especie con mayor eficiencia fue el papiro con más capacidad de remoción de DBO. DQO, nitrógeno amoniacal, nitratos, fósforo, esto se debe a la estructura de los tallos y al tipo de raíz, el papiro presenta una estructura porosa y sus raíces no son profundas formando una especie de redes permitiendo una mayor oxigenación del sistema. En el caso del carrizo sus tallos no poseen parénquima el cual es el principal tejido de la fotosíntesis y sus raíces se desarrollan de forma vertical, lo cual hace que su depuración sea en capas más profundas por lo tanto no garantiza la remoción de contaminantes debido al tamaño granular (Patiño & Zhinin, 2015).



Fotografía 10 Cuarta Alternativa (*Cyperus Papyrus*)

Fuente y Elaboración: (Patiño & Zhinin, 2015)

Efectos de las especies (*Phragmites australis*) y (*Cyperus Papyrus*) en humedales artificiales

Tabla 43 Efecto de las especies (*Phragmites australis*) y (*Cyperus Papyrus*) en humedales artificiales

Parte de la planta	Función
Partes sobre el agua	Disminuye la luz solar previniendo el crecimiento de las algas. Acumulación de nutrientes Reducción de los efectos del viento en la remoción de sólidos suspendidos.
Partes sumergidas en el agua	Producción de oxígeno Actúan como filtro Reducción de la velocidad de las corrientes Anclaje para la bio-capa-microbiana Absorción de nutrientes
Raíces y rizomas en el medio	Liberación de oxígeno Disminuye la erosión Toman el carbono, nutrientes, y elementos de traza y los incorporan a los tejidos de la planta El escape de oxígeno desde las estructuras subsuperficiales de las plantas. oxigena otros espacios dentro del sustrato.

Hojas y rizomas caídas	Descomposición en el suelo, fuente de carbono para los microorganismos
------------------------	--

Fuente: (Torres et al., 2015)

Modificado: Michelle Pullugando

Los tallos y hojas sumergidas de las especies *Cyperus Papyrus* y *Phragmites Australis*, se degradan y se convierten en restos de vegetación y que junto a los sólidos sedimentables que contiene el agua residual, sirven como sustrato para el crecimiento de la biota, que es la responsable en gran parte de la depuración del agua (Torres et al., 2015).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Con los resultados obtenidos de la caracterización física y química de los lixiviados se comprobó que el lixiviado es joven, es por eso que se presentan altos valores en cada uno de sus parámetros.
- El lixiviado del relleno sanitario de cantón Baños de Agua Santa presenta una alta concentración de materia orgánica, en donde la mayor parte de los parámetros analizados exceden los límites máximos permisibles del Acuerdo Ministerial 097 A, estos son: DQO 2391 mg/l; DBO 1582 mg/l Nitrógeno Total 1108 mg/l Cadmio 0,031 mg/l y Plomo 0,27 mg/l.
- La caracterización física y química de los lixiviados producidos en el relleno sanitario demuestra que los parámetros como pH, Conductividad, Temperatura, Oxígeno Disuelto, SDT, ST, SST, Fósforo Total, Turbiedad y Nitrato se encuentran dentro de los límites aceptables para las descargas hacia un cuerpo de agua dulce
- Una de las causas para que el lixiviado presente valores altos y exceda la normativa es porque no existe una clasificación desde la fuente por parte de la población.
- La planta de tratamiento de lixiviados se encuentra en buenas condiciones y sobre la base de los resultados de los análisis se puede constatar que se encuentra funcionando correctamente, en especial el humedal el cual remueve gran parte de la carga contaminante.
- Si bien la PTL está funcionando, esta no es capaz de cumplir con la normativa 097 A, la cual establece que todos sus parámetros cumplan con los límites máximos permisibles para poder ser descargados hacia un cuerpo de agua dulce, es por eso que se plantean cuatro alternativas que ayuden a la disminución de la DBO, DQO, Nitrógeno Total, Cadmio Plomo las cuales presentaron altos valores en su estudio.
- Sobre la base de revisiones bibliográficas se propone cuatro alternativas de tratamiento: Tanque Imhoff, Reactor UASB y la utilización de otras especies vegetativas como lo es (*Phragmites australis*) y (*Cyperus Papyrus*), para mejorar la remoción de estos parámetros DQO, DBO, Nitrógeno Total, Cadmio y Plomo.

- El tanque Imhoff está diseñado para tratar un volumen de 2,67 m³ proyectada a la población del año 2018. Puede remover SST de 45 a 70 % y la reducir la DBO de 25 a 50 %.
- El reactor UASB puede lograr una eficiencia de 60 % a 80% de remoción de DQO y DBO.
- Las especies (*Phragmites australis*) y (*Cyperus Papyrus*) logran eficiencias significativas, que van desde el 80 a 99% de remoción de carga orgánica, al igual que la totora representa una buena alternativa, ya que no tienen mayores requerimientos y los costos de operación e implementación son bajos.
- Realizar los análisis microbiológicos

Recomendaciones

- Realizar una caracterización de los lixiviados generados en un tiempo más prologado para evidenciar la variación el temporadas secas y temporadas lluviosas.
- Realizar una prueba piloto con la vegetación (*Phragmites australis*),y (*Cyperus Papyrus*) , así experimentar el funcionamiento en el humedal para tomarlo en cuenta en caso de que se necesite cambiar.
- Para el área donde se encuentra la planta de tratamiento de lixiviados es necesario colocar señaléticas de prevención para evitar riesgos tanto para el personal que labora como para los visitantes.
- Para posteriores estudios de aguas residuales, lixiviados se recomienda que la Universidad Estatal Amazónica cuente con los reactivos necesarios para realizar posteriores trabajos de investigación que será en beneficio de los alumnos y docentes.
- Se recomienda analizar también parámetros tales como aspectos microbiológicos como coliformes totales, fecales e independientemente a la técnica a utilizar para tener un registro amplio y conciso para elegir la técnica indicada.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

- Al-Yaqout, A. F., & Hamoda, M. F. (2003). Evaluation of landfill leachate in arid climate- a case study. *Environment International*, 29, 593–600.
- APHA. (2012). *Standard Methods for the Examination of water and Wastewater* (22nd ed.). American Water Works Association.
- Ariño, B. (2013). Estudio de la vegetación en el Humedal Artificial de la Pipa y en el Filtro verde V-30: Determinacion de la biomasa vegetal y su contenido nutritivo, evaluacion de la velocidad de crecimiento y asimilacion de nutrientes. Universidad Politécnica de Valencia.
- 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*. Mitlan, Veracruz, Mexico. Retrieved from <https://es.scribd.com/document/356880174/GESTION-DE-RESIDUOS-SOLIDOS-EN-ZONAS-MUNICIPALES-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/1213/>
- Christensen, T. H., Cossu, R., & Stegmann, R. (1994). *Landfilling of Waste: Leachate*. Elsevier Applied Science Publishers. London and New York. Retrieved from https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=SUtZDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=LANDFILLING+OF+WASTE:LEACHATE+ELSEVIER&ots=5et3_G6-tC&sig=FKQ9w-ZrkNifsFOuAmHbzsTQ2tw#v=onepage&q=LANDFILLING OF WASTE%3ALEACHATE ELSEVIER&f=false
- Clavijo, G. (2017). Estudio de diseño definitivo de cierre técnico de vertederos y celda emergente para el paquete 5 conformado por los gobiernos autonomos descentralizados municipales de la Maná y Latacunga, Provincia de Cotopaxi; Baños Provincia de Tungurahua; Riobamba y Cha. Baños de Agua Santa.
- COOTAD. (2014). *Codigo organico de organizacion territorial autonomia y descentralizacion (COOTAD)*, 1–188.
- Delgadillo, O., Camacho, A., Pérez, L., & Andrade, M. (2010). *Depuración de Aguas*

- Residuales por medio de Humedales Artificiales (Nelson Ant). Cochabamba, Bolivia: Proyecto GOV-AGUA. Retrieved from <https://books.google.com.ec/books?id=1kO2J5aDljQC&pg=PA91&lpg=PA91&dq=Metodologías+para+el+diseño+de+redes+de+monitoreo,+estadísticas,+precisión+de+las+determinaciones+analíticas+y+control+de+calidad,+Ministerio+de+Desarrollo+Social+y+Medio+Ambiente&source>
- 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>
- 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>
- Gadbas. (2014). Diagnóstico del Cantón Baños de Agua Santa. Actualización del Plan de Desarrollo Ordenamiento Territorial (2014-2019). Baños de Agua Santa. Retrieved from http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/1860000480001_Diagnostico GADBAS VF_16-03-2015_03-31-23.pdf
- Gerritsen, P. R. W., Ortiz-Arrona, C., & González-Figueroa, R. (2009). Usos populares, tradición y aprovechamiento del carrizo: estudio de caso en la costa sur de Jalisco, México. *Economía, Sociedad y Territorio*, 9(29), 185–207.
- 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>

- Gomez, H., Cruz, C., Porcel, R., & Veslasco, 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>
- Gonzales, S. (2014). Mejoramiento de la eficiencia de sistemas anaerobios y aerobios de tratamiento de aguas residuales domesticas atraves de humedales artificiales. Corporación Universitaria Minuto de Dios.
- Hach. (2009). Herramientas para análisis de agua para laboratorio y proceso. Retrieved from <https://es.scribd.com/doc/55187853/catalogo-Hach-Agua-de-calidad>
- Hach. (2015). Conductivity. In *Manual de Análisis de Agua* (8th ed., pp. 1–6). USA: Hach Company.
- HACH. (2015). Oxygen Dissolved Method 10360. Retrieved from <https://www.hach.com/asset-get.download-en.jsa?code=56933%0A>
- Hester, R. E., & Harrison, R. M. (2002). *Environmental and Health Impact of Solid Waste Management Activities*. Cambridge: The Royal Society of Chemistry.
- 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+subsuperficial+para+el+tratamiento+de+aguas+grises#0>
- Hudson, N. W. (1997). *Medición sobre el terreno de la erosión del suelo y de la escorrentía*. FAO. Retrieved from <http://www.fao.org/docrep/T0848S/t0848s00.htm#Contents>
- INEC-AME. (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/web-inec/Encuestas_Ambientales/Gestion_Integral_de_Residuos_Solidos/2016/Documento_tecnico_Residuos_solidos_2016_F.pdf
- INEC. (2010). *Población del Cantón Baños de Agua Santa*, Instituto Nacional de

- Estadísticas y Censos. Retrieved from <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/migracion/>
- INEC. (2014). Estadística de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales. Instituto Nacional de Estadistas y Censos. Quito-Ecuador. Retrieved from http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_ConsProvinciales_2014/Municipios-2014/201412_GADS MunicipalesDocumentoTecnicoDeResultados.pdf
- INEN. (1998). NTE INEN 2176: Agua. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo. Instituto Nacional de Normalización. Quito-Ecuador. Retrieved from <https://ia601909.us.archive.org/0/items/ec.nte.2176.1998/ec.nte.2176.1998.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.
- Kreith, F., & Tchobanoglous, G. (2002). Handbook of Solid Waste Management. Waste Management Research (Vol. 13). <https://doi.org/10.1006/wmre.1995.0050>
- Lapeña, M. R. (1999). Tratamiento de aguas residuales:Aguas 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=0ahUKEwjDxI_UnoTbAhXlpVkKHVnWDQ8Q6AEIYZAL#v=o
- López, L. (2011). Diagnostico, caracterización y propuesta de tratamiento de los lixiviados generados en el relleno sanitario de la ciudad de Ambato. Escuela Politecnica Nacional.
- MAE. (2015). Acuerdo N°. 097-A (Reformese el Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente. Quito-Ecuador.
- 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
- Martínez, P. A. (2012). Evaluación y Diseño de un Humedal Construido para la

- Depuración de Aguas Residuales Domésticas. Universidad de Murcia.
<https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2171.2482>
- Medina, A. (2014). Diseño de un Sistema de Tratamiento para Lixiviados Generados en el Relleno Sanitario de la Ciudad de Chunchi. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Retrieved from [http://dspace.esoch.edu.ec/bitstream/123456789/3651/1/96T00266 UDCTFC.pdf](http://dspace.esoch.edu.ec/bitstream/123456789/3651/1/96T00266%20UDCTFC.pdf)
- Méndez, P. (2004). Estudio de Calidad del Relleno Sanitario. Universidad Nacional de Colombia. Retrieved from http://www.bdigital.unal.edu.co/1059/1/patriciamedozasalgado.2004_.pdf
- Méndez, R., Cachón, E., Saurí, 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>
- Méndez, R. N., Castillo, E. B., Sauri, M. R. R., Quintal, C. F., Giacoman, G. V., & Jiménez, B. M. (2004). Tratamiento físicoquímico 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 http://www.researchgate.net/profile/German_Giacoman_Vallejos/publication/240643188_Tratamiento_fisicoquimico_de_los_lixivados_de_un_relleno_sanitario/links/543816c60cf2d6698bdd35b7.pdf
- Ministerio de Ambiente del Ecuador. (2015). Acuerdo No. 061 Reforma Del Libro VI Del Texto Unificado De Legislación Secundaria. Ministerio de Ambiente. Quito-Ecuador. Retrieved from [http://suia.ambiente.gob.ec/documents/10179/185880/ACUERDO+061+REFORMA A+LIBRO+VI+TULSMA+-+R.O.316+04+DE+MAYO+2015.pdf/3c02e9cb-0074-4fb0-afbe-0626370fa108](http://suia.ambiente.gob.ec/documents/10179/185880/ACUERDO+061+REFORMA+LIBRO+VI+TULSMA+-+R.O.316+04+DE+MAYO+2015.pdf/3c02e9cb-0074-4fb0-afbe-0626370fa108)
- 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+Gestion+detallado +MAE-PGNIDS+2010-2013.pdf/0b66f1c8-98bc-430a-bdab-75f8e7afeed0](http://suia.ambiente.gob.ec/documents/10179/254996/Informe+Gestion+detallado+MAE-PGNIDS+2010-2013.pdf/0b66f1c8-98bc-430a-bdab-75f8e7afeed0)
- Ministerio del Ambiente del Ecuador -COA. (2017). Código orgánico ambiental. Quito.
- Mora Ravelo, S. G., Masciandiaro, G., Peruzzi, E., Ceccanti, B., Macci, C., & Doni, S. (2016). Closing in organic waste water treatment with using sludge fitomineralization *Phragmites australis*. *Acta Universitaria*, 26(5), 18–23.

<https://doi.org/10.15174/au.2016.973>

- Mosquera, Y. B., & Borrero, J. L. (2012). Tratamiento de lixiviados mediante humedales artificiales : revisión del estado del arte. *Revista Tumbaga*, 7, 73–99.
- Noeggerath, I., & Salinas, A. (2011). Analisis 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 Panamericana de Salud. (2005). Guía Para el Desempeño de Tanques Séptico, Tanques Imhoff y Lagunas de Estabilización. Retrieved from <http://www.bvsde.ops-oms.org/tecapro/documentos/sanea/163esp-diseno-TI.pdf>
- Patiño, J., & Zhinin, F. (2015). Estudio comparativo de la capacidad depuradora de *Phragmites Australis* y *Cyperus Papyrus* en humedales artificiales subsuperficiales de flujo vertical para el tratamiento de aguas residuales en el cantón Santa Isabel. Universidad de Cuenca. Universidad de Cuenca.
- Peluffo, J. C., & Fernández, R. O. (2016). Tratamiento De Aguas Residuales Usando *Rhizophora Mangle*. Universidad de Cartagena.
- Pérez, R., Alfaro, C., Sasa, J., & Aguero, J. (2013). Evaluación Del Funcionamiento De Un Sistema Alternativo De Humedales Artificiales Para El Tratamiento De Aguas Residuales. *Uniciencia*, 27(1101-0275), 332–340. <https://doi.org/10.1046/j.1529-8817.1998.340812.x>
- 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. Linea 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.
- Sandoval, A. E. (2014). Evaluación del desempeño de humedales construidos subsuperficial de flujo horizontal sembrados con especies nativas tropicales para la eliminación de Cr (VI) Y Cd (II) de lixiviado de relleno sanitario. Universidad del Valle.

- SENPLADES. (2017). Proyecciones y Estudios Demograficos. Retrieved from <http://sni.gob.ec/proyecciones-y-estudios-demograficos>
- Tatsi, A. A., & Zouboulis, A. I. (2002). A field investigation of the quantity and quality of leachate from a municipal solid waste landfill in a Mediterranean climate (Thessaloniki, Greece). *Advances in Environmental Research*, 6, 207–219. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1093019101000521>
- Tchobanoglous, G., Theisen, H., & Vigil, S. (1994). *Gestión Integral de Residuos Sólidos*. (Interamericana de España S.A, Ed.). España.
- Torres, J., Magno, J., Pineda, R., & Cruz, M. (2015). Evaluación de la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales para riego mediante Humedales Artificiales de flujo libre superficial (FLS) con las especies *Cyperus Papyrus* y *Phragmites Australis* , en Carapongo- Lurigancho. *Ciencia, Tecnología y Desarrollo*, 1, 41–64. <https://doi.org/2313-7991>
- Vaquero, I. (2004). *Manual de Diseño y Construcción de Vertederos de Residuos Sólidos Urbanos*. Madrid: E.T.S.I.Minas-U.P.M.
- Yalcuk, A., & Ugurlu, A. (2009). Bioresource Technology Comparison of horizontal and vertical constructed wetland systems for landfill leachate treatment. *Bioresource Technology*, 100(9), 2521–2526. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.11.029>

CAPÍTULO VII

ANÉXOS



Anexo 1 Georreferenciación del área de estudio



Anexo 2 Medición del caudal volumétrico



Anexo 3 Muestras recolectadas en botellas



Anexo 4 Recolección de muestras del primer pozo



Anexo 5 Recolección de muestras del humedal artificial



Anexo 6 Etiquetado de las muestras



Anexo 7 Recolección de muestras en el último pozo



Anexo 8 Muestras recolectadas



Anexo 9 Determinación de Sólidos Totales



Anexo 10 Determinación de sólidos suspendidos, conductividad, oxígeno disuelto

Anexo 11 Determinación de pH,



Anexo 12 Determinación de la Turbiedad

Anexo 13 Relleno Sanitario del Cantón Baños



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Pullugando G. Joselyn M. **INFORME N°:** 065 - 18
EMPRESA: UEA (Pastaza) **N° SE:** 065 - 18
DIRECCIÓN: Relleno Sanitario · Baños **FECHA DE RECEPCIÓN:** 05 - 04 - 18
TELÉFONO: 0939918147 **FECHA DE INFORME:** 05 - 10 - 18

NÚMERO DE MUESTRAS: 3 **TIPO DE MUESTRA:**
IDENTIFICACIÓN: MA - 480 - 18 Ingreso a Sedimentador Agua*, Lixiviado
 MA - 481 - 18 Ingreso a Humedal Agua*, Lixiviado
 MA - 482 - 18 Salida de Humedal Agua*, Lixiviado

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 480 - 18

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	FECHA DE ANÁLISIS
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	STANDARD METHODS 5220-D mod	4050,60	05-07-2018
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5)	mg/O ₂ l	STANDARD METHODS 5210-B	3305,00	05-10-2018
Fósforo Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500-P-E mod	19,00	05-07-2018
Nitrógeno Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500-N-B mod	2875,00	05-07-2018
Cadmio	mg/l	STANDARD METHODS 3500-Cd-3111B	0,05	05-07-2018
Plomo	mg/l	STANDARD METHODS 3500-Pb-3111B	0,52	05-07-2018
Nitrato · N	mg/l	STANDARD METHODS 4500-NO ₃ -E mod	32,00	05-07-2018
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	STANDARD METHODS 2540-C	2432,00	05-07-2018

* Corresponde únicamente a muestra de agua.

MA - 481 - 18

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	FECHA DE ANÁLISIS
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	STANDARD METHODS 5220-D mod	3805,93	05-07-2018
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5)	mg/O ₂ l	STANDARD METHODS 5210-B	3054,00	05-10-2018
Fósforo Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500-P-E mod	14,00	05-07-2018
Nitrógeno Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500-N-B mod	2875,00	05-07-2018
Cadmio	mg/l	STANDARD METHODS 3500-Cd-3111B	0,05	05-07-2018
Plomo	mg/l	STANDARD METHODS 3500-Pb-3111B	0,52	05-07-2018
Nitrato · N	mg/l	STANDARD METHODS 4500-NO ₃ -E mod	27,00	05-07-2018
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	STANDARD METHODS 2540-C	1464,00	05-07-2018

* Corresponde únicamente a muestra de agua.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
 -Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 1 de 2

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1½ vía Guano Bloque Administrativo.

FMC2101-01



Anexo 14 Resultados de los análisis de la primera semana de muestreo



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



MA – 482 · 18

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	FECHA DE ANÁLISIS
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	STANDARD METHODS 5220·D mod	1654,00	05-07-2018
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5)	mg/O ₂ l	STANDARD METHODS 5210·B	1132,00	05-10-2018
Fósforo Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500·P·E mod	7,00	05-07-2018
Nitrógeno Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500·N·B mod	1105,00	05-07-2018
Cadmio	mg/l	STANDARD METHODS 3500·Cd·3111B	0,03	05-07-2018
Plomo	mg/l	STANDARD METHODS 3500·Pb·3111B	0,32	05-07-2018
Nitrato · N	mg/l	STANDARD METHODS 4500·NO ₃ ·E mod	7,00	05-07-2018
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	STANDARD METHODS 2540·C	542,00	05-07-2018

* Corresponde únicamente a muestra de agua.

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Analisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21^o EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21^o EDICIÓN

RESPONSABLES DEL ANALISIS:

Ing. Benito Mendoza T.
Dr. Juan Carlos Lara R.
Dr. Jinsop Mario Ruiz B.



Ing. Benito Mendoza
TECNICO DEL L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 2 de 2
L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 1/2 vía Guano Bloque Administrativo.

FMC2101-01

Anexo 15 Resultados de los análisis de la primera semana de muestreo



INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Pullugando G. Joselyn M. INFORME N°: 072 - 18
 EMPRESA: UEA (Pastaza) N° SE: 072 - 18
 DIRECCIÓN: Relleno Sanitario · Baños FECHA DE RECEPCIÓN: 05 - 11 - 18
 TELÉFONO: 0939918147 FECHA DE INFORME: 05 - 17 - 18

NÚMERO DE MUESTRAS: 3 TIPO DE MUESTRA:
 IDENTIFICACIÓN: MA - 480 - 18 Ingreso a Sedimentador Agua*, Lixiviado
 MA - 481 - 18 Ingreso a Humedal Agua*, Lixiviado
 MA - 482 - 18 Salida de Humedal Agua*, Lixiviado

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 480 - 18

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	FECHA DE ANÁLISIS
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	STANDARD METHODS 5220-D mod	3924,20	05 - 11 - 2018
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5)	mg/O ₂ l	STANDARD METHODS 5210-B	2501,03	05 - 11 - 2018
Fósforo Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500-P-E mod	8,05	05 - 11 - 2018
Nitrógeno Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500-N-B mod	1345,10	05 - 11 - 2018
Cadmio	mg/l	STANDARD METHODS 3500-Cd-3111B	0,04	05 - 11 - 2018
Plomo	mg/l	STANDARD METHODS 3500-Pb-3111B	0,39	05 - 11 - 2018
Nitrato · N	mg/l	STANDARD METHODS 4500-NO ₃ -E mod	17,00	05 - 11 - 2018
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	STANDARD METHODS 2540-C	1325,00	05 - 11 - 2018

* Corresponde únicamente a muestra de agua.

MA - 481 - 18

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	FECHA DE ANÁLISIS
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	STANDARD METHODS 5220-D mod	3247,03	05 - 11 - 2018
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5)	mg/O ₂ l	STANDARD METHODS 5210-B	2055,00	05 - 11 - 2018
Fósforo Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500-P-E mod	7,95	05 - 11 - 2018
Nitrógeno Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500-N-B mod	1254,00	05 - 11 - 2018
Cadmio	mg/l	STANDARD METHODS 3500-Cd-3111B	0,04	05 - 11 - 2018
Plomo	mg/l	STANDARD METHODS 3500-Pb-3111B	0,39	05 - 11 - 2018
Nitrato · N	mg/l	STANDARD METHODS 4500-NO ₃ -E mod	16,54	05 - 11 - 2018
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	STANDARD METHODS 2540-C	1112,00	05 - 11 - 2018

* Corresponde únicamente a muestra de agua.



Anexo 16 Resultados de los análisis de muestreo de la segunda semana



MA – 482 · 18

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	FECHA DE ANÁLISIS
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	STANDARD METHODS 5220-D mod	2654,00	05-11-2018
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5)	mg/O ₂ l	STANDARD METHODS 5210-B	1627,00	05-11-2018
Fósforo Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500-P-E mod	5,87	05-11-2018
Nitrógeno Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500-N-B mod	862,10	05-11-2018
Cadmio	mg/l	STANDARD METHODS 3500-Cd-3111B	0,03	05-11-2018
Plomo	mg/l	STANDARD METHODS 3500-Pb-3111B	0,24	05-11-2018
Nitrato · N	mg/l	STANDARD METHODS 4500-NO ₃ -E mod	8,74	05-11-2018
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	STANDARD METHODS 2540-C	882,00	05-11-2018

* Corresponde únicamente a muestra de agua.

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Analisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21^o EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21^o EDICIÓN

RESPONSABLES DEL ANALISIS:

Ing. Benito Mendoza T.
Dr. Juan Carlos Lara R.
Dr. Jinsop Mario Ruiz B.


Ing. Benito Mendoza
TECNICO DEL L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 2 de 2
L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 1/2 vía Guano Bloque Administrativo.

FMC2101-01

Anexo 17 Resultados de los de los análisis de muestreo de la segunda semana



INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Pullugando G. Joselyn M. INFORME N°: 075 - 18
 EMPRESA: UEA (Pastaza) N° SE: 075 - 18
 DIRECCIÓN: Relleno Sanitario · Baños FECHA DE RECEPCIÓN: 05 - 18 - 18
 TELÉFONO: 0939918147 FECHA DE INFORME: 05 - 23 - 18

NÚMERO DE MUESTRAS: 3 TIPO DE MUESTRA:
 IDENTIFICACIÓN: MA - 480 - 18 Ingreso a Sedimentador Agua*, Lixiviado
 MA - 481 - 18 Ingreso a Humedal Agua*, Lixiviado
 MA - 482 - 18 Salida de Humedal Agua*, Lixiviado

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 480 - 18

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	FECHA DE ANÁLISIS
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	STANDARD METHODS 5220-D mod	3997,10	05-23-2018
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5)	mg/O ₂ l	STANDARD METHODS 5210-B	2801,00	05-23-2018
Fósforo Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500-P-E mod	12,15	05-23-2018
Nitrógeno Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500-N-B mod	1755,00	05-23-2018
Cadmio	mg/l	STANDARD METHODS 3500-Cd-3111B	0,042	05-23-2018
Plomo	mg/l	STANDARD METHODS 3500-Pb-3111B	0,41	05-23-2018
Nitrato · N	mg/l	STANDARD METHODS 4500-NO3-E mod	21,20	05-23-2018
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	STANDARD METHODS 2540-C	1624,00	05-23-2018

* Corresponde únicamente a muestra de agua.

MA - 481 - 18

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	FECHA DE ANÁLISIS
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	STANDARD METHODS 5220-D mod	3854,00	05-23-2018
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5)	mg/O ₂ l	STANDARD METHODS 5210-B	2795,00	05-23-2018
Fósforo Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500-P-E mod	11,00	05-23-2018
Nitrógeno Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500-N-B mod	1684,00	05-23-2018
Cadmio	mg/l	STANDARD METHODS 3500-Cd-3111B	0,041	05-23-2018
Plomo	mg/l	STANDARD METHODS 3500-Pb-3111B	0,39	05-23-2018
Nitrato · N	mg/l	STANDARD METHODS 4500-NO3-E mod	20,00	05-23-2018
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	STANDARD METHODS 2540-C	1512,00	05-23-2018

* Corresponde únicamente a muestra de agua.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
 -Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 1 de 2

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1½ vía Guano Bloque Administrativo.

FMC2101-01



Anexo 18 Resultados de los análisis de muestreo de la tercera semana



MA – 482 · 18

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	FECHA DE ANÁLISIS
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	STANDARD METHODS 5220-D mod	2865,00	05-23-2018
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5)	mg/O ₂ l	STANDARD METHODS 5210-B	1987,00	05-23-2018
Fósforo Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500-P-E mod	8,00	05-23-2018
Nitrógeno Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500-N-B mod	1357,00	05-23-2018
Cadmio	mg/l	STANDARD METHODS 3500-Cd-3111B	0,034	05-23-2018
Plomo	mg/l	STANDARD METHODS 3500-Pb-3111B	0,24	05-23-2018
Nitrato · N	mg/l	STANDARD METHODS 4500-NO ₃ -E mod	14,00	05-23-2018
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	STANDARD METHODS 2540-C	1025,00	05-23-2018

* Corresponde únicamente a muestra de agua.

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Analisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21^o EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21^o EDICIÓN

RESPONSABLES DEL ANALISIS:

Ing. Benito Mendoza T.
Dr. Juan Carlos Lara R.
Dr. Jinsop Mario Ruiz B.


Ing. Benito Mendoza
TECNICO DEL L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 2 de 2
L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 1/2 vía Guano Bloque Administrativo.

FMC2101-01

Anexo 19 Resultados de los análisis de muestreo de la tercera semana