



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y
BIOTECNOLOGÍA



CARRERA DE INGENIERÍA BIOQUÍMICA

Cuantificación de metales pesados de muestras de lixiviado provenientes de residuos sólidos urbanos del relleno sanitario del cantón Baños de Agua Santa

Trabajo de Titulación, modalidad proyecto de investigación, previa la obtención del Título de Ingeniera Bioquímica, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Autora: Grace Valeria Guevara Naranjo

Tutor: Ing. Mg. Fernando Cayetano Alvarez Calvache

Ambato – Ecuador

Junio - 2019

APROBACIÓN DEL TUTOR

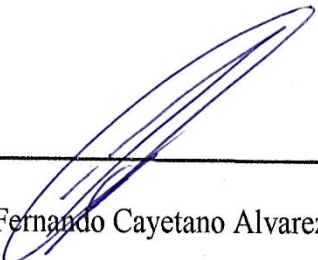
Ing. Mg. Fernando Cayetano Alvarez Calvache

G

CERTIFICA:

Que el presente trabajo de titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este Trabajo modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que responde a las normas establecidas en el Reglamento de Títulos y Grados de la Facultad.

Ambato, 26 de abril del 2019



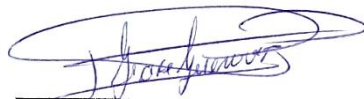
Ing. Mg. Fernando Cayetano Alvarez Calvache

C.I. 180104502-0

TUTOR

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Grace Valeria Guevara Naranjo, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Proyecto de Investigación, previo a la obtención del título de Ingeniera Bioquímica son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas.



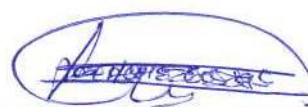
Grace Valeria Guevara Naranjo

C.I. 180508130-2

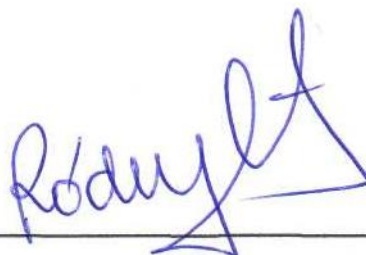
AUTORA

APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos Profesores Calificadores, aprueban el presente Trabajo de Titulación modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato. Para constancia firman:



Presidente del tribunal



Dr. Ing. Rodny David Peñafiel Ayala

C.I. 1712283520



Dr. Jorge Alexander Briceño Carrasquel

C.I.1758404071

Ambato, 21 de mayo del 2019

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto de Investigación o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Proyecto, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este Proyecto dentro de las regulaciones de la universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.



Grace Valeria Guevara Naranjo

C.I. 180508130-2

AUTORA

DEDICATORIA

*A Dios por haberme dado la salud
y la inteligencia para cumplir este logro,
nunca me abandono, me guía por un buen camino
y me da la fortaleza para seguir adelante.*

*A mis padres Fausto y Nancy quiénes han sido mi apoyo
para lograr culminar mis estudios, ellos
son mi motivación y mi inspiración de cada día*

*A mis hermanos Israel y Sofía que son mi gran apoyo
y compañía, y es por ellos el esfuerzo y
la dedicación para culminar este objetivo.*

AGRADECIMIENTO

A Dios por la fortaleza para culminar esta etapa universitaria, la inteligencia y la salud en este trayecto de mi vida.

A mis padres y mis hermanos por confiar siempre en mí, por el cariño, el amor, y el apoyo que me han brindado cada día, por ser un ejemplo de respeto y lucha; y que todo sacrificio y dedicación tiene su recompensa. Gracias por querer siempre lo mejor para mí. Es para ustedes todos mis logros.

Ing. Mg. Fernando Alvarez por brindarme su total apoyo y confianza durante la realización del trabajo; e impartirme sus conocimientos para culminar mi proyecto de titulación. Gracias por sus enseñanzas.

A mis calificadores de tesis Dr. Jorge Briceño y Dr. Rodny Peñafiel, un agradecimiento especial por la ayuda impartida en cada duda que les he preguntado y me han brindado su conocimiento para lograr mi trabajo de titulación, por su predisposición para la revisión del trabajo. Gracias por brindarme su total apoyo en la investigación.

A mis profesores de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos por impartir sus conocimientos y ayudar en la formación como unos buenos profesionales.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I EL PROBLEMA

1.1	Tema de investigación	3
1.2	Justificación	3
1.3	Objetivos	4
1.3.1	Objetivo General	4
1.3.2	Objetivos Específicos.....	4

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1	Antecedentes investigativos	5
2.1.1.	Residuos sólidos urbanos	5
2.1.2	Generación de residuos sólidos urbanos en Ecuador	6
2.1.3	Lixiviados.....	6
2.1.4	Características de los lixiviados	7
2.1.5	Calidad y cantidad de los lixiviados	7
2.1.6	Cambios químicos y biológicos que suceden en un relleno sanitario	8
2.1.7	Propiedades de los metales pesados	10
2.1.8	Toxicidad de los metales pesados	10
2.1.9	Tratamiento de lixiviados.....	11
2.1.9.1	Sistemas naturales	12
2.1.9.2	Fitorremediación	12
2.1.9.3	Humedales construidos	13
2.1.9.4	Humedal artificial de flujo superficial	14
2.1.9.5	Humedales artificiales de flujo subsuperficial	15
2.1.10	Alternativas de tratamiento a la planta de tratamiento.....	16
2.1.11	Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua libro VI acuerdo Ministerial No 097	18
2.2	Hipótesis	19
2.3	Señalamiento de variables de la hipótesis	20
2.1.3	Variable independiente	20
2.1.4	Variables dependientes	20

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1	Localización y aspectos físicos	21
3.1.2	Descripción general de la planta de tratamiento del relleno sanitario .	23
3.1.3	Proceso de la planta de tratamiento.....	23
3.1.4	Clima.....	25
3.1.5	Clima en las tomas de muestras.	26
3.1.6	Hidrología	26
3.1.7	Geología	27
3.2	Población y muestra	27
3.2.1	Proyección de la Población del Cantón Baños de Agua Santa para el año 2018.....	27
3.2.2	Generación de residuos sólidos.....	28
3.3	Materiales y reactivos.....	29
3.3.1	Materiales.....	29
3.3.2	Reactivos.....	29
3.3.3	Equipos.....	30
3.3.4	Materiales de protección	30
3.4	Método.....	30
3.4.1	Objetivo del muestreo	30
3.4.2	Precauciones al tomar la muestra.....	31
3.2.1	Cronograma de la toma de muestras	31
3.2.2	El muestreo	31
3.2.3	Tipo de Muestreo	32
3.2.4	Características del muestreo.....	32
3.2.5	Sitio del muestreo.....	33
3.2.6	Etiquetado	33
3.2.7	Determinación de potencial de hidrógeno (pH).....	33
3.2.8	Determinación de la conductividad.....	34
3.2.9	Determinación de la temperatura	34
3.2.10	Procedimiento de sólidos totales (ST)	34
3.2.11	Procedimiento de Demanda Química de Oxígeno (DQO).....	35
3.2.12	Procedimiento de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DB05).....	35
3.2.13	Adecuación de las muestras para la determinación de metales pesado	36

3.2.14	Determinación del estándar cinc	36
3.2.15	Determinación del estándar cobre (Cu)	37
3.2.16	Determinación del estándar arsénico (As)	38
3.2.17	Determinación del estándar mercurio (Hg).....	38
3.3	Diseño experimental.....	39

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.1	Resultados de potencial de hidrógeno (pH).....	42
4.1.2	Resultados de temperatura	43
4.1.3	Resultados de conductividad (mS/cm).....	44
4.1.4	Demanda química de oxígeno (DQO)	45
4.1.5	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DB05)	46
4.1.6	Resultados de sólidos totales (ST)	47
4.1.7	Resultados de cinc (Zn).....	48
4.1.8	Resultados de cobre (Cu)	49
4.1.9	Resultados de arsénico (As).....	50
4.1.10	Resultados de mercurio (Hg)	51
4.2	Cálculos	52
4.3	Estrategias para controlar los impactos negativos en la generación de lixiviados.	55
4.4	Verificación de hipótesis	56

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	Conclusiones	59
5.2	Recomendaciones	60
	Referencias bibliográficas.....	66
	Anexos	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Producción de basura al día por persona de cada región del Ecuador	6
Tabla 2. Clasificación general del lixiviado por edad.....	8
Tabla 3. Composición de un lixiviado en las fases del relleno sanitario	9
Tabla 4. Clasificación de metales pesados con propiedades físicas.....	10
Tabla 5. Tipos de sistemas naturales.....	12
Tabla 6. Procesos biológicos-químicos- físicos en la descontaminación de aguas residuales mediante la construcción de humedales	14
Tabla 7. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce	19
Tabla 8. Coordenadas geográficas del relleno sanitario del cantón Baños de Agua Santa.....	22
Tabla 9. Datos del clima del cantón Baños de Agua Santa.....	25
Tabla 10. Parámetros del clima.....	26
Tabla 11. Proyección de la población para el año 2018.....	28
Tabla 12. Sitios estratégicos de recolección de la basura	28
Tabla 13. Características de sus desechos sólidos en el cantón Baños de Agua Santa	29
Tabla 14. Cronograma de la toma de muestras	31
Tabla 15. Coordenadas geográficas del sitio de muestreo.	33
Tabla 16. Diseño de etiquetado	33
Tabla 17. Parámetros resultantes de la combinación de los factores de la forma A*B*C	40
Tabla 18. ANOVA (Análisis de varianza)	41
Tabla 19. Resultados obtenidos de Potencial de Hidrógeno en el relleno sanitario ..	42
Tabla 20. Resultados obtenidos de temperatura en el relleno sanitario	43
Tabla 21. Resultados obtenidos de Conductividad en el relleno sanitario.....	44
Tabla 22. Resultados obtenidos de Demanda Química de Oxígeno en el relleno sanitario.....	45
Tabla 23. Resultados obtenidos de Demanda Bioquímica de Oxígeno en el relleno sanitario.....	46
Tabla 24. Resultados obtenidos de sólidos totales en el relleno sanitario	47
Tabla 25. Resultados obtenidos de cinc en el relleno sanitario.....	48

Tabla 26. Resultados obtenidos de cobre en el relleno sanitario	49
Tabla 27. Resultados obtenidos de arsénico en el relleno sanitario	50
Tabla 28. Resultados obtenidos de mercurio en el relleno sanitario.....	51
Tabla 29. Parámetros obtenidos del mes 1	56
Tabla 30. Parámetros obtenidos del mes 2.....	57
Tabla 31. Parámetros obtenidos del mes 3.....	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vertedero antiguo del Cantón Baños de Agua Santa.....	5
Figura 2. Demostración del contaminante	13
Figura 3. Humedal artificial de flujo superficial.....	15
Figura 4. Humedal artificial de flujo horizontal.....	15
Figura 5. Humedal artificial de flujo vertical.....	16
Figura 6. Localización Geográfica del relleno sanitario del cantón Baños de Agua Santa.....	22
Figura 7. Pozo de revisión de la celda emergente 1 y 2.....	23
Figura 8. Sedimentador primario de doble cámara	24
Figura 9. Filtro Anaerobio.....	24
Figura 10. Humedal artificial de flujo subsuperficial	25
Figura 11. Resultados de potencial de hidrógeno	42
Figura 12. Resultados de temperatura °C	43
Figura 13. Resultados de conductividad	44
Figura 14. Resultados de Demanda Química de oxígeno	45
Figura 15. Resultados de Demanda Bioquímica de oxígeno	46
Figura 16. Resultados de sólidos totales	47
Figura 17. Resultados de cinc	48
Figura 18. Resultados de Cobre	49
Figura 19. Resultados de arsénico.....	50
Figura 20. Resultados de mercurio.....	51
Figura 21. Recolección de la muestra en el punto 1 sedimentador.....	68
Figura 22. Recolección de la muestra en el punto 2 entrada al humedal artificial	68
Figura 23. Recolección de la muestra en el punto 3 descarga final	69
Figura 24. Muestras en botellas de vidrio	69
Figura 25. Filtración de las muestras	69
Figura 26 Determinación de pH y conductividad	70
Figura 27. Muestras en cenizas	70
Figura 28. Muestras en el desecador	70
Figura 29. Pesaje de la muestra + cápsula	70
Figura 30. Muestras en la mufla.....	70

Figura 31. Digestión de las muestras	70
Figura 32. Preparación de estándares	71
Figura 33. Determinación de metales en el espectrofotómetro de absorción atómica	71
Figura 34. Relleno Sanitario del Cantón Baños de Agua Santa.....	72

RESUMEN

En el cantón Baños de Agua Santa el manejo de los residuos sólidos contaba con un vertedero a cielo abierto en el cual no había ningún tipo de reciclaje y una grave contaminación ambiental, es por eso que para finales del año 2017 la municipalidad busco alternativas que mejoró notablemente el destino de la basura, pasando de tener un botadero sin un manejo técnico de los desperdicios y a cielo abierto, a un relleno sanitario con celdas emergentes, manejo de lixiviados y cierre técnico; desde ese entonces no se realizó ningún análisis físico químico para verificar su funcionamiento es por tanto que el presente trabajo de Titulación realizó algunos análisis para determinar el funcionamiento del mismo. Se realizó la cuantificación de metales pesados de muestras de lixiviado; en el cual se recolectó 3 muestras con 1 réplica cada una, durante tres meses, un día por mes cada una, dando un total de 18 tomas, las tomas se realizaron en el pozo 1 sedimentador, pozo 2 entrada al humedal artificial y pozo 3 descarga final que sería luego del tratamiento de lixiviados y antes de ser vertidos en la quebrada adyacente al relleno sanitario Se realizaron análisis físicos químicos como determinación de pH, conductividad, DQO, DBO₅, temperatura, sólidos totales, cinc, cobre, arsénico y mercurio para verificar los resultados obtenidos cumplan con el rango máximo permisible que establece la norma de Calidad Ambiental de descarga de efluente al recurso agua.

Palabras clave: relleno sanitario, lixiviado, residuos sólidos, humedal artificial, sedimentador.

ABSTRACT

In Baños de Agua Santa the solid waste management had an open-air dump in which there was no recycling, a serious environmental contamination, that is why by the end of 2017 the municipality sought alternatives that significantly improved the fate of garbage, going from having a dump without a technical management of waste and in the open, to a landfill with emerging cells, leachate management and technical closure; since then, no physical-chemical analysis was carried out to verify its operation. Therefore, the present work of Titulación carried out some analyzes to determine its operation. The heavy metals were quantified from leachate samples; in which 3 samples were collected with 1 replicate each, for three months, one day per month each, giving a total of 18 intakes, the intakes were made in well 1 settler, well 2 inlet to artificial wetland and well 3 final discharge that would be after the leachate treatment and before being discharged into the creek adjacent to the sanitary landfill. Physical chemical analyzes were performed such as pH, conductivity, COD, BOD₅, temperature, total solids, zinc, copper, arsenic and mercury determination. Verify the results obtained comply with the maximum permissible range established by the Environmental Quality standard for discharge of effluent to the water resource.

Keywords: sanitary landfill, leachate, solid waste, artificial wetland, sedimentation

INTRODUCCIÓN

La construcción de un relleno sanitario tiene requerimientos mínimos y básicos para que su funcionamiento cubra las expectativas de saneamiento ambiental y tratamiento de los desechos sólidos urbanos, así como también no cause molestia ni peligro para la salud o la seguridad pública. Debe ser creado bajo principios de ingeniería y elementos de control; la basura se debe cubrir con una remoción diaria de tierra y compactarla para no desperdiciar espacio en las celdas emergentes, evitar malos olores y la presencia de moscos. **(Cabral de Báez, 2014).**

El suelo del cantón Baños de Agua Santa dentro del relleno sanitario, podrían modificar las características fisicoquímicas de los lixiviados por su efecto en la alcalinidad, “así los metales pesados pueden precipitarse en forma de carbonatos e hidróxidos quedando no biodisponibles y sedimentados” **(Robles, Morales; Piña; 2011)**

Según **Quintero; 2016** los residuos sólidos urbanos se pueden clasificar en dos grandes grupos en residuos sólidos peligrosos y los no peligrosos se dividen en ordinarios, biodegradables, los inertes y los reciclables.

Según **Borzacconi, Liliana, López Iván, Anido Carlos; 1996** el lixiviado es el líquido resultante de un proceso de percolación que se produce por la descomposición de la basura en el relleno sanitario. La composición de la basura y las condiciones en que trabaja el relleno sanitario como son grado de humedad y grado de compactación son los factores que depende la calidad del lixiviado.

La construcción de humedales es una práctica muy utilizada para el tratamiento de aguas residuales; ya que son capaces de depurar el agua, eliminar materia orgánica, nitrógeno, fósforo, sólidos suspendidos, algunos metales pesados y a veces sustancias químicas tóxicas. **(La hora, A., 2002)**

Según **Urzelai, 2001** los humedales han sido construidos con el propósito de dar un tratamiento y controlar la contaminación de aguas residuales, aguas de escorrentía urbana, municipales, agrícolas e industriales, están formados de capas impermeables de arcilla o de plástico, tienen 1 metro de profundidad y dentro de estos son aplicados

plantas acuáticas que se adaptan a vivir en el suelo de forma anaerobia, existen humedales flujo superficial y de flujo subsuperficial.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Tema de investigación

“CUANTIFICACIÓN DE METALES PESADOS DE MUESTRAS DE LIXIVIADO PROVENIENTES DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL RELLENO SANITARIO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA”

1.2 Justificación

El proceso de descomposición de los residuos sólidos urbanos genera diariamente un líquido comúnmente llamado lixiviado, el mismo que contiene metales pesados (MP) como parte de sus contaminantes, con altos niveles de toxicidad y afectación si es liberado en el ambiente. (Köfalusi & Aguilar, 2015).

Respecto a este tema, en el cantón Baños de Agua Santa el manejo de los residuos sólidos no es un tema alentador y pesar de que para finales del año 2017 se mejoró notablemente el destino de la basura, pasando de tener un botadero sin un manejo técnico de los desperdicios y a cielo abierto en el sector Juive Grande, a tener un relleno sanitario, el manejo de los lixiviados derivados de los procesos de descomposición microbiana aún es desconocido.

A través del Plan Ambiental de la ciudad, se realizó el cierre técnico de las celdas llenas que tenía el antiguo botadero de basura, con la vigilancia del Ministerio del Ambiente, construyéndose además el sistema de tratamiento de lixiviados a modo de humedal artificial, obra que tuvo un presupuesto para el Municipio de 850 mil dólares según el ingeniero Carlos León, director del Departamento de Ambiente.

De acuerdo a lo expuesto por el técnico Juan Carlos Caiza, quien realiza el mantenimiento del relleno, diariamente reciben entre 15 y 20 toneladas. Esta cantidad colmó la capacidad establecida de basura, debiendo ser cerrado técnicamente y pasando a utilizarse las celdas emergentes que tiene una vida útil de aproximadamente seis meses, de ahí se ha puesto en marcha el proyecto para la realización de una nueva celda unificada con una vida útil de cinco años.

En la actualidad, el relleno sanitario de 7 hectáreas cumple con todas las normas ambientales, con una básica recolección diferenciada de desechos orgánicos. Además, el humedal artificial establecido como una planta de tratamiento de lixiviados está compuesto esencialmente por plantas de totora que teóricamente facilitan la reducción de metales pesados, pero que no se ha podido comprobar que luego de ése tratamiento, el cuerpo de agua resultante cumpla con las normas fijadas por el Ministerio del Ambiente considerando el criterio de calidad según sea el cuerpo receptor.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

- Cuantificar metales pesados como el zinc, arsénico, mercurio y cobre de muestras de lixiviado provenientes de residuos sólidos urbanos del relleno sanitario del cantón Baños de Agua Santa.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Muestrear y caracterizar varios parámetros físicos como la temperatura, conductividad, pH; y parámetros químicos como DBO₅, DQO, sólidos totales, zinc, cobre, arsénico y mercurio; en muestras de lixiviado provenientes de residuos sólidos urbanos del relleno sanitario del cantón Baños de Agua Santa.
- Comparar los resultados con el cumplimiento de la normativa vigente sobre los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce establecida en la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua establecida en el Acuerdo Ministerial 097 A, según los resultados obtenidos.
- Recomendar estrategias para controlar los impactos negativos en la generación de lixiviados.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes investigativos

En el cantón Baños de Agua Santa el manejo de los residuos sólidos contaba con un vertedero a cielo abierto en el cual no había ningún tipo de reciclaje, no se encontraba en buenas condiciones y una grave contaminación ambiental, se depositaba todo tipo de basura provenientes del cantón Baños de Agua Santa (ver figura 1) y sus respectivas parroquias que son Ulba, Lligua, Río Verde y Río Negro; es por eso que para finales del año 2017 la municipalidad buscó alternativas que mejoró notablemente el destino de la basura, pasando de tener un botadero sin un manejo técnico de los desperdicios y a cielo abierto en el sector Juive Grande, a tener un relleno sanitario con celdas emergentes, el manejo de los lixiviados derivados de los procesos de descomposición, y el cierre técnico del botadero de basura. **(Carlos León; 2017)**



Figura 1. Vertedero antiguo del Cantón Baños de Agua Santa

2.1.1. Residuos sólidos urbanos

Se usa el término residuo sólido urbano para aquellos que se producen dentro de sectores urbanos y sus alrededores, que son producidos en los domicilios, oficinas, mercados, tiendas, etc.... La basura está compuesta por sustancias orgánicas como desperdicios de comida, desechos de papel, cartón, restos de madera, y sustancias inorgánicas como restos de vidrios y plásticos y otro tipo de sustancias peligrosas. **(Alejandro Quintero, 2016)**

Según **Quintero; (2016)** los residuos sólidos urbanos se pueden clasificar en dos grandes grupos en residuos sólidos peligrosos que son un peligro para el ciudadano y para el medio ambiente por sus propiedades corrosivas, explosivas o tóxicas y los no peligrosos que no son peligro para el ciudadano ni para el medio ambiente y se dividen en ordinarios (generados en la rutina diaria en escuelas, domicilios, oficinas, hospitales, etc.) y los biodegradables (se desintegran de forma rápida por ejemplo los restos de comida, frutas y verduras), los inertes (no se descomponen fácilmente ya que tardan bastante tiempo por ejemplo el cartón o el papel), y los reciclables(pueden ser utilizados nuevamente por ejemplo vidrios, telas. plástico o papel).

2.1.2 Generación de residuos sólidos urbanos en Ecuador

Según el INEC (2016) cada ciudadano del Ecuador produce 0,58 kilogramos diarios de residuos sólidos en el sector urbano. En los últimos datos obtenidos la recolección de toneladas diarias de residuos sólidos en promedio fue 12 897,98 kg, la cobertura del servicio de barrido alcanzó 88,7% y comprendió un área de 14 344,8 km. A continuación, se presenta una tabla 1 de la producción per cápita de cada región del Ecuador.

Tabla 1. Producción de basura al día por persona de cada región del Ecuador

REGIÓN	PRODUCCIÓN DE BASURA AL DÍA POR PERSONA(Kg/hab/día)
COSTA	0,61
SIERRA	0,56
AMAZONÍA	0,57
INSULAR	0,73

Fuente: El Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC; 2016)

2.1.3 Lixiviados

El lixiviado es el líquido resultante de un proceso de percolación que se produce por la descomposición de la basura en el relleno sanitario y por el contacto con la lluvia es capaz de disolver y movilizar el componente que se forma en los residuos sólidos

presentes. En los lixiviados se presenta elevadas cantidades de DQO y DBO_5 , sólidos volátiles, metales pesados. La composición del lixiviado depende de la edad del relleno sanitario, la geografía del terreno, composición de la basura, etc. **(Borzacconi Liliana, López Iván, Anido Carlos; 1996)**

2.1.4 Características de los lixiviados

- La composición de la basura y las condiciones en que trabaja el relleno sanitario como son grado de humedad y grado de compactación son los factores que depende la calidad del lixiviado.
- El lixiviado contiene materiales orgánicos e inorgánicos de forma suspendida, y varios microorganismos patógenos.
- El lixiviado presenta un olor intenso, es de color negro, líquido, y llega a formar espuma en sitios de mayor concentración.
- La cantidad del lixiviado varía según el área geográfica, edad del Relleno Sanitario, tipo de material depositado, pero una semejanza de todos los rellenos sanitarios es que coinciden con una alta carga orgánica, DQO y DBO_5 que son factores de contaminación.
- La pluviosidad y la humedad de los residuos son los aspectos que más inciden en la generación de lixiviados en un Relleno Sanitario. El agua de lluvia mezclada con lixiviados es considerada como lixiviado. **(Ávila, Deimer, Silva.; 2010)**

2.1.5 Calidad y cantidad de los lixiviados

El tiempo de funcionamiento y el tipo de relleno sanitario depende la calidad de los lixiviados, por tanto, podemos decir que los rellenos sanitarios de los países en desarrollo con lixiviado joven tienen concentraciones mayores de amoníaco, DBO_5 , DQO, metales y microorganismos patógenos a diferencia de los países desarrollados con lixiviados viejos. **(Giraldo, 2001)**

La cantidad y la calidad de los lixiviados depende del diseño y operación del sitio de disposición (grado de compactación del residuo, tiempo y modo de disposición, geomorfología de la cobertura y altura de enterramiento) tipo y solubilidad de los

residuos dispuestos (importancia del reciclaje, composición y cantidad de la basura) naturaleza del suelo (acumulación del agua por el suelo, topografía, cantidad de materia orgánica, litología y microorganismos) transformación microbiológica y tipo de clima (temperatura, evaporación, hidrología y escurrimiento en la superficie) y la interacción de los lixiviados con el medio ambiente. (Borzacconi, L. et al., 1996)

A continuación, se presenta una tabla de la clasificación general del lixiviado por edad.

Tabla 2. Clasificación general del lixiviado por edad

	VERTEDERO JOVEN	VERTEDERO INTERMEDIO	VERTEDERO MADURO
• EDAD (años)	< 5	5-10	> 10
• pH	8,26	8,5	9,58
• DQO (mg/L)	25455	6638	2197
• DBOs	13391	1594	165
• Compuestos orgánicos	80% (AGV)	5 – 30% AGV + ácidos húmicos y fúlvicos	Ácidos húmicos y fúlvicos
• Metales pesados	Bajo	Medio	Bajo
• Biodegradabilidad	Alto	Medio	Bajo

Fuente: Torres P.; Barba L.; Ojeda C.; Martínez J.; Castaño Y.; (2014)

2.1.6 Cambios químicos y biológicos que suceden en un relleno sanitario

Los lixiviados sufren transformaciones químicas, físicas y biológicas en el interior de un relleno sanitario, el mismo que consta de un proceso anaerobio semejante a los que ocurren en un biodigestor anaerobio, es decir un vertedero funciona como un gran reactor anaerobio en régimen discontinuo. Según **Park, et (1999)** la forma de descomposición de un relleno se divide en dos fases la fase de descomposición que es la aerobia de corta duración y la fase de descomposición anaerobia. Según **Pholand y Harper (1986)** describen 5 fases durante la descomposición de la sustancia orgánica en un relleno, están descritas a continuación:

- Fase 1 Ajuste Inicial: es necesario realizar un cierre técnico de cada área del vertedero y un establecimiento inicial del terreno; en esta fase son revelados los primeros cambios en los parámetros ambientales; se da la colocación inicial del residuo y una acumulación de humedad.
- Fase 2 Fase de transición: en esta fase se forma el lixiviado; funciona como un primer receptor de electrones; formación de nitratos y sulfatos; condiciones reductoras, productos metabólicos y ácidos orgánicos volátiles.
- Fase 3 acidificación: se presenta una disminución de pH, presencia de metales pesados, fermentación de residuos orgánicos, liberación de nutrientes como nitrógeno y fósforo.
- Fase 4 Metanogénesis: se estabiliza el pH y la concentración de ácidos orgánicos volátiles, formación de metano y dióxido de carbono (biogás), potencial redox se estabiliza a un valor mínimo, metales pesados, la materia orgánica decrece debido al biogás.
- Fase 5 Maduración final: disminuye la producción de biogás, presencia de oxígeno, producción de sustancias húmicas que removilizan metales pesados, aumento de potencial redox.

Tabla 3. Composición de un lixiviado en las fases del relleno sanitario

PARÁMETROS	FASES DEL RELLENO SANITARIO			
	mg/L	TRANSICIÓN	ACIDIFICACIÓN	METANOGENÉNESIS
DBO ₅	100 - 10900	4000 - 40000	20 - 550	4 - 120
DQO	480 - 18000	6000 - 60000	500 - 4500	31 - 900
COT	100 - 3000	2283 - 4380	300 - 2230	70 - 260
NH ₃ -	120 - 125	30 - 3000	6 - 430	6 - 430
PO ₄ -	0.6 - 1.7	7.04 - 45.54	0.7 - 14	0.2 - 14
Sólidos totales	2450- 2050	4120 - 55300	2090 - 6410	1460-4640
pH	6,2	4,5 - 7,5	7,5 - 9,0	7.1 - 8.8
Cu	0.085-0.39	0.290- 0.388	0.03-0.18	0.02-0.56
Zn	0.06-21	0,1-120	0.03-4	0.40
Pb	0.001-0.004	0.265-0.900	0.01-1.0	0.01-0.1
Fe	68-312	76.7 - 164.4	3-280	4-20

Fuente: Méndez R.; Sandoval E.; Sauri M.; Castillo E.; (2012)

2.1.7 Propiedades de los metales pesados

Propiedades físicas

Estos metales tienen de uno a tres electrones de valencia con átomos poco electronegativos y baja energía de ionización, se caracterizan por tener alta densidad, brillantes, dúctiles, maleables, punto de fusión alto y son buenos conductores de calor y electricidad. Se clasifican en:

Tabla 4. Clasificación de metales pesados con propiedades físicas

CLASIFICACIÓN	CARACTERÍSTICAS
Ultraligeros	Densidad en g/cm ³ , inferior a 2, de este tipo son el magnesio y el berilio.
Ligeros	Densidad en g/cm ³ , de 2 a 4.5, como el aluminio y el titanio.
Pesados	Densidad en g/cm ³ , mayor a 5.0, son la mayoría de los metales.

Fuente: Nieboer, E. y Richardson, D. S. (1980)

Propiedades químicas

A estos metales también se los conoce como metales traza debido a su presencia en la corteza terrestre que es inferior al 0,1% y casi siempre menor del 0,01%; presentan diferentes estados de oxidación en suelo, agua y aire y diversos grados de reactividad, carga iónica y solubilidad en agua. Tienen una densidad mayor a 5 g/cm³, su número atómico es superior a 20, se excluye a los metales alcalinos y alcalinotérreos; están constituidos por elementos de transición y post-transición, incluyendo algunos metaloides como el arsénico y selenio. **(Giuliano, V., Pagnanelli, F; 2004)**

2.1.8 Toxicidad de los metales pesados

Algunos metales son esenciales para la vida como son el hierro, manganeso, cobre, cinc debido a que son parte de enzimas, proteínas y funcionan en diversos procesos bioquímicos en el desarrollo de animales y plantas, pero también pueden ser tóxicos a diferentes niveles. Los metales tóxicos en pequeñas cantidades son el mercurio, cadmio y plomo, ya que su acumulación en órganos y tejidos pueden presentar problemas de salud entre las personas que habitan cerca de los rellenos sanitarios. **(Izquierdo, 1995)**

A continuación, se detallan los metales pesados de interés en este trabajo de investigación.

- **Mercurio:** se produce libremente en la naturaleza, es el tercer elemento del grupo IIB de la tabla periódica, número atómico 80, peso atómico 200,59; valencia 1-2, su concentración en suelos es de 3 a 160 ppb, corteza terrestre 0,009, corrientes 0,07 µg/L y aguas subterráneas 0,5- 1 µg/L. Es utilizado para recubrir espejos, fabricación de lámparas de vapor, pinturas, aparatos de medición, pesticidas y fungicidas. El mercurio es no esencial para los seres vivos. (APHA/AWWA; 2005)
- **Arsénico:** pertenece al grupo de los metaloides, su número atómico es 33, se lo encuentra en estado sólido principalmente en forma de sulfuros y es extremadamente tóxico. Se encuentra en rocas y suelos en la hidrosfera y biosfera, es usado para la fabricación de semiconductores y como componente de semiconductores y como el arseniuro de galio. (APHA/AWWA; 2005)
- **Cobre:** su número atómico es 29, su masa atómica es 63,536, pertenece al grupo 11 de la tabla periódica, es un metal de transición de color rojizo y brillo metálico, se caracteriza por ser uno de los mejores conductores de electricidad y es utilizado para fabricar cables eléctricos y otros componentes electrónicos.
- **Cinc:** su número atómico es 30, se encuentra en el grupo 12 de la tabla periódica, color blanco azulado, a veces clasificado como metal de transición y una de sus aplicaciones más importantes es el galvanizado del acero, usado también en la industria aeroespacial para misiles y cápsulas espaciales y para la elaboración de baterías para computadoras. (APHA/AWWA; 2005)

2.1.9 Tratamiento de lixiviados

Es necesario realizar algún tipo de pretratamiento o tratamiento completo si no es posible realizar un buen reciclaje de la basura; por tanto, se debe elegir el proceso de tratamiento que puede ser tratamiento biológico, químico o físico que dependerá del tipo de contaminante que haya que separar. La construcción de un tipo de tratamiento depende de las características del lixiviado, la localización geográfica y física del Relleno Sanitario. (Renou; 2008)

2.1.9.1 Sistemas naturales

A través de mecanismos y procesos naturales se logra eliminar elementos contaminantes de las aguas residuales; este sistema no requiere energía externa ni reactivos químicos. En este tipo de sistema natural a diferencia de un sistema convencional no consumen energía para descontaminar y se puede dividir en dos tipos dependiendo en donde se localice el sistema de tratamiento en un terreno o en una masa de agua, a continuación, se muestra una tabla:

Tabla 5. Tipos de sistemas naturales

SISTEMAS NATURALES				
AGUA EN EL TERRENO		MASA DE AGUA		
APLICACIÓN SUBSUPERFICIAL	APLICACIÓN SUPERFICIAL			
Lechos filtrantes y Zanjias	Filtros verdes			
Construcción de humedales	Percolación infiltración	Construcción de humedales de flujo superficial	Sistemas con plantas flotantes o de agua	Lagunas naturales
Flujos subsuperficiales	Filtro de arena			

Fuente: (García, J., Corzo, A., 2008)

2.1.9.2 Fitorremediación

Se basa en el uso de la vegetación para descontaminar sustancias peligrosas para el medio ambiente mediante la remediación de suelos, aguas superficiales y subterráneas; esta técnica es muy aplicable cuando se encuentra contaminación por metales pesados, compuestos orgánicos. **(Urzelai, 2001, Alkorta, 2000).**

Existe dos tipos de fitorremediación:

- In planta: la planta absorbe el contaminante y lo retiene dentro de ella.
- Ex planta: en la rizosfera es degradado el contaminante.

Esta técnica es muy usada para la remediación de agua, suelos o aire contaminados, este tipo de plantas son utilizados como filtros en humedales; por ejemplos los árboles son usados para crear un flujo de agua hacia arriba en la parte de la raíz esto evita que la contaminación se filtre hacia abajo, por tanto, podemos decir que este tipo de técnica utiliza plantas para estabilizar las sustancias contaminantes en el suelo. **(Pilon-Smits, E., 2005)**

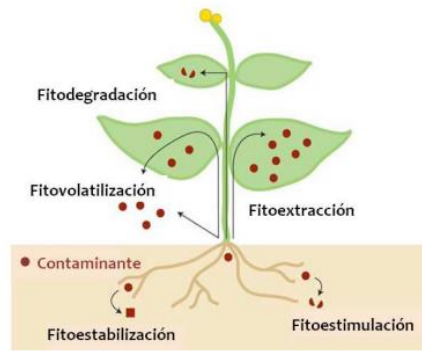


Figura 2. Demostración del contaminante

Fuente: (Pilon-Smits, E., 2005)

2.1.9.3 Humedales construidos

Este tipo de humedales son muy utilizados para el tratamiento de aguas residuales; tienen la forma de mosaico, contienen agua, vegetación sumergida y flotante. El agua se mantiene en estos humedales por un largo período de tiempo cada año; en estos humedales crecen microorganismos, insectos, moscas, vegetales que se adaptan a las condiciones del humedal; a la vez estos son capaces de depurar el agua, eliminar materia orgánica, nitrógeno, fósforo, sólidos suspendidos, algunos metales pesados y a veces sustancias químicas tóxicas. **(La hora, A., 21/08/2002)**

Los humedales han sido construidos con el propósito de dar un tratamiento y controlar la contaminación de aguas residuales, aguas de escorrentía urbana, municipales, agrícolas e industriales. En otros países también son llamados humedales artificiales, están formados de capas impermeables de arcilla o de plástico, y estructuras para el control del flujo de entrada y salida, son poco profundos aproximadamente 1 metro de profundidad y dentro de estos son aplicados plantas acuáticas que se adaptan a vivir a una fuerte limitación de la disponibilidad de oxígeno en el suelo es decir en forma anaerobia. Existen dos tipos de humedales de flujo superficial de flujo subsuperficial. **(Urzelai, 2001)**

A continuación, una tabla de los procesos biológicos, químicos y físicos en la descontaminación de aguas residuales mediante la construcción de humedales.

Tabla 6. Procesos biológicos-químicos- físicos en la descontaminación de aguas residuales mediante la construcción de humedales

CONTAMINANTE	PROCESO DE ELIMINACIÓN
Nitrógeno	Amonificación
	Volatilización del amonio
	Nitrificación
	Desnitrificación
Fósforo	Adsorción
	Sedimentación
	Precipitación química
	Asimilación vegetal
Sólidos en suspensión	Floculación
	Sedimentación
	Filtración
	Degradación
Materia orgánica	Sedimentación
	Asimilación
	mineralización
Compuestos inorgánicos	Asimilación
	Inmovilización
Metales pesados	Fijación al sedimento
	Adsorción por las plantas
Patógenos	Sedimentación y muerte gradual
	Radiación UV
	Antibióticos naturales
	Predación

Fuente: (La hora, A., 21/08/2002)

2.1.9.4 Humedal artificial de flujo superficial

Según **Crites (2000)** este tipo de humedales son utilizados para mejorar la calidad de los efluentes; en este sistema el agua está expuesta directamente con la atmósfera y contienen la vegetación(plantas) sumergida en el agua a las mismas se adhieren bacterias que tratan el agua contaminada; contiene canales o tanques para prevenir la percolación del agua y tienen una profundidad de 1 a 4,5 metros (ver figura 3). Su función es retener el agua residual a través de la percolación y evapotranspiración.

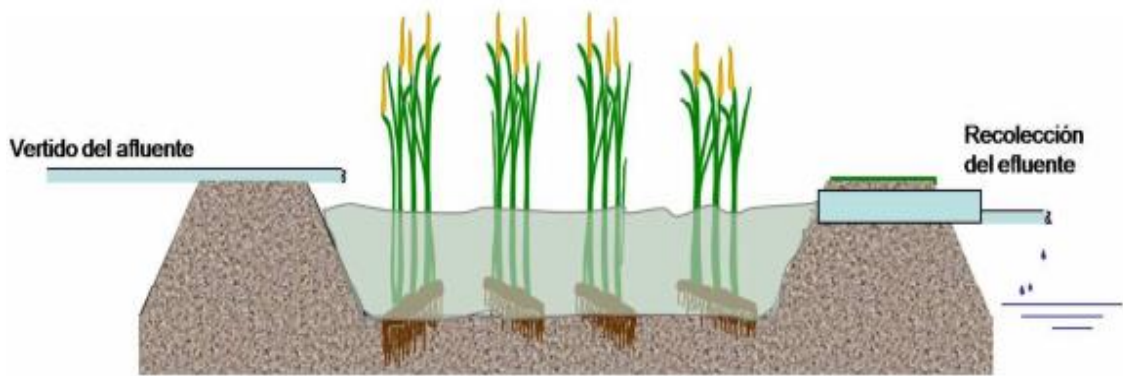


Figura 3. Humedal artificial de flujo superficial
Fuente: (García, J., Corzo, A., 2008)

2.1.9.5 Humedales artificiales de flujo subsuperficial

- **Humedal artificial de flujo horizontal**

Según García, J., Corzo, A., (2008) este tipo de humedales se encuentran permanentemente inundados por agua que oscila entre 0,3 a 0,9 metros de profundidad; se caracteriza porque el agua circula horizontalmente a través de los rizomas y raíces de las plantas acuáticas que habitan en este sistema (ver figura 4). Diariamente se elimina 6 gramos de DBO_5/m^2 .

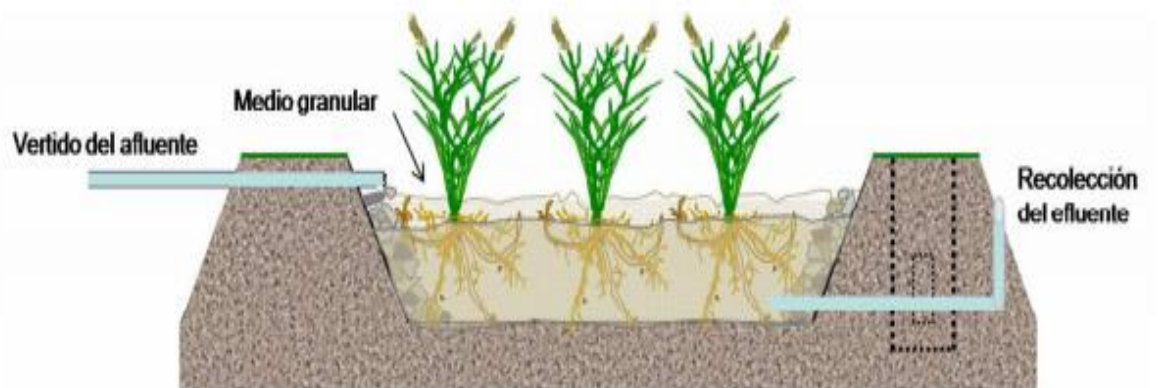


Figura 4. Humedal artificial de flujo horizontal.
Fuente: (García, J., Corzo, A., 2008)

- **Humedal artificial de flujo vertical**

El humedal de flujo vertical se combina con el humedal de flujo horizontal para que trabajen de forma gradual los procesos de nitrificación y desnitrificación y se logre

eliminar el nitrógeno; este tipo de sistema fue construido por primera vez en Europa como una ayuda o reemplazo a los humedales de flujo horizontal. (García, J., Corzo, A., 2008)

Según US EPA, (2000) un humedal artificial subsuperficial minimiza olores debido a como está construido especialmente el agua debe estar por debajo del nivel del medio poroso, debe tener sistema de entrada y salida del afluente, debe estar compactada con arcilla o láminas de plástico, medio granular y debe tener plantas acuáticas; las plantas acuáticas se siembran en el medio, su profundidad oscila entre 0,45 a 1 metro (ver figura 5).

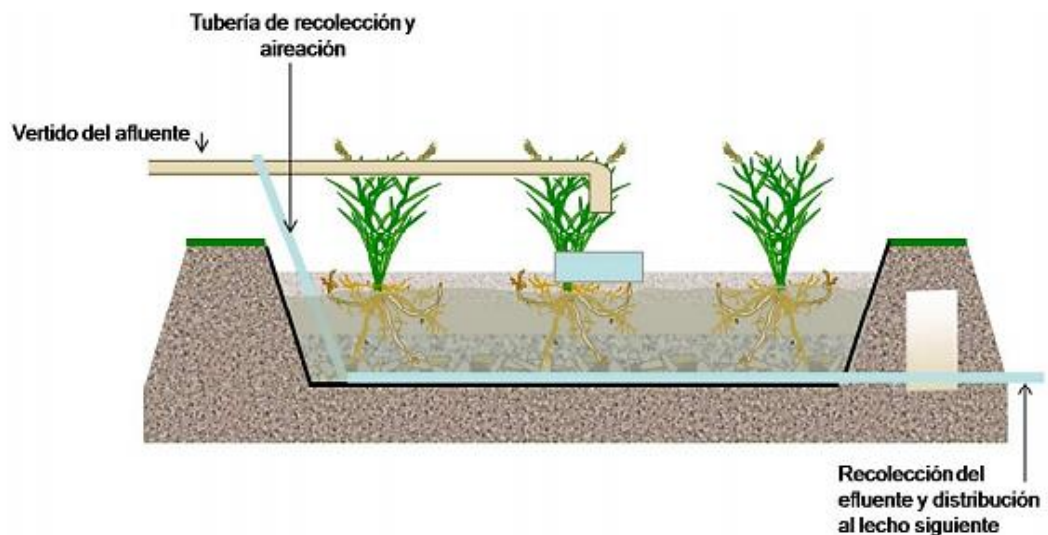


Figura 5. Humedal artificial de flujo vertical.

Fuente: (García, J., Corzo, A., 2008)

2.1.10 Alternativas de tratamiento a la planta de tratamiento.

Reactor Biológico – Reactor UASB

Es un biorreactor anaerobio, tubular de flujo ascendente, es decir el líquido o el lodo ingresa por la parte inferior y sale por la parte superior del biorreactor. Es utilizado para el tratamiento de aguas residuales con alta carga orgánica a una temperatura de 20°C a 35°C, a esta temperatura logra remover hasta un 80% DQO y DBO₅. Es de alta eficiencia y simplicidad ya que la construcción es simple y económico y requiere de poco espacio; el consumo de energía es bajo ya que funciona a temperatura ambiente;

el pH se logra mantener estable sin el uso de productos químicos. (Kennedy & Lentz, 2000)

Tanque Imhoff

Este tanque separa los lodos del efluente puede ser de forma rectangular o circular consiste en 3 compartimientos una cámara de sedimentación, cámara de digestión de lodos y área de ventilación y acumulación de las natas. Son capaces de eliminar entre el 30 y 40% de DBO y un 40 A 60% de la materia orgánica en suspensión. No consume energía, poco mantenimiento, no requiere de personal capacitado y son ideales para ciudades pequeñas. (Sasse, L. (1998)

Sulfato de aluminio $(Al)_2(SO_4)_3 * 18H_2O$

Es una sal de aluminio, se presenta en forma granular o sólida de color blanco, su concentración es de 17% y su concentración en polvo es $1000kg/m^3$, es de gran uso industrial como en el tratamiento de aguas residuales y purificación de aguas en el cual actúa como un agente coagulante y ayuda a eliminar impurezas. Se debe almacenar en un lugar seco libre de humedad. (Calcinor; 2015)

La cal

También es conocido como óxido de calcio (CaO), se obtiene del resultado de la calcinación de rocas calizas, la cal es muy utilizada para el tratamiento de aguas residuales y lodos y para mejorar la calidad del agua para consumo humano, y es un proceso sencillo y económico, Actúa eliminando impurezas, eliminar la turbiedad, neutralizar la acidez. (Calcinor; 2015)

Plantas acuáticas para el tratamiento de aguas residuales

- **Totoras (*Scirpus californicus*)**

La planta de totora (*Scirpus californicus*) es una hierba acuática perenne, un tipo de junco, su tamaño oscila los 4 metros de altura, de la cual la mitad se encuentra sumergida bajo el agua y la otra mitad sobre la superficie, esta planta crece en lagunas, zonas pantanosas, huachiques y valsares de la costa y la Amazonía. Las hojas de esta planta son acentuadas y de color verde brillante, las flores se encuentran agrupadas en

inflorescencias son diminutas de forma esférica y muy compactas, se caracterizan por crecer en hábitats acuáticos y humedales. (ECURED; 2016)

Según Villalba Diego (2016), director de Ambiente del Municipio de Ibarra estas plantas crecen en los humedales ya que sus raíces están aptas para eliminar y descontaminar material orgánico en el agua.

Heliconia psittacorum

Esta planta es de la familia Heliconiaceae monocotiledónea mide de 0,5 a 1,5 metros de altura, crecen en bosques húmedos de Sur América; presenta hojas con pecíolos, tiene flores anaranjadas o amarillas, presenta yemas vegetativas en su tallo rizomatoso. Son utilizadas en el tratamiento de aguas residuales y son muy importantes porque tienen un crecimiento rizomatoso que permite contrarrestar los movimientos de la tierra en las laderas erosionadas de los barrancos. (Solarte, J., 2012)

2.1.11 Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua libro VI acuerdo Ministerial No 097

Este proyecto de investigación tiene como finalidad comparar los datos obtenidos si coinciden con los datos bibliográficos que expone la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua.

Los metales pesados que serán analizados son aquellos que dispone el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA): Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua y que consta en la tabla que a continuación se presenta:

Tabla 7. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
• Demanda bioquímica de oxígeno DBO_5	DBO_5	mg/l	100
• Demanda química de oxígeno DQO	DQO	mg/l	250
• Potencial de hidrógeno pH	pH	mg/l	5 - 9
• Sólidos totales ST	-	mg/l	1600
• Conductividad	-	mS/cm	-
• Temperatura	°C	-	< 35
• Cinc (Zn)	Zn	mg/l	5,0
• Cobre (Cu)	Cu	mg/l	1,0
• Arsénico (As)	As	mg/l	0,1
• Mercurio (Hg)	Hg	mg/l	0,005

Fuente: (TULSMA; 2015)

2.2 Hipótesis

Hipótesis Nula

Todas las propiedades físico-químicas analizadas en este proyecto de investigación **NO** cumplen con la normativa vigente sobre los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce establecida en la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes del Recurso de Agua establecida en el Acuerdo Ministerial 097 A.

Hipótesis Alternativa

Algunas de las propiedades físico-químicas analizadas en este proyecto de investigación **SI** cumplen con la normativa vigente sobre los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce establecida en la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes del Recurso de Agua establecida en el Acuerdo Ministerial 097 A.

2.3 Señalamiento de variables de la hipótesis

2.1.3 Variable independiente

La normativa vigente sobre los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce establecida en la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua establecida en el Acuerdo Ministerial 097A.

2.1.4 Variables dependientes

Análisis de los resultados obtenidos en este proyecto de investigación.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización y aspectos físicos

3.1.1 Localización del relleno sanitario del Cantón Baños de Agua Santa

El Cantón Baños de Agua Santa es la segunda urbe más grande y poblada de la Provincia de Tungurahua tiene una extensión territorial actual de 1.065 Km². Se localiza al centro de la Región interandina del Ecuador; en los flancos externos de la cordillera oriental de los Andes, entre el río Bascún, el río Pastaza y las faldas del volcán Tungurahua, a una altitud de 1820 msnm y con un clima lluvioso tropical de 19°C en promedio. Al norte con la provincia de Napo. Sus límites son al sur con las provincias de Morona Santiago y Chimborazo, al este con la provincia de Pastaza, al oeste con los cantones de Pelileo y Patate. Sus coordenadas geográficas son las siguientes: Latitud: 2° 55' S y Longitud: 79° 04' O. **(SIN; 2014)**.

Debido al mal manejo de la basura las autoridades del Cantón Baños de Agua se vieron obligadas a mejorar el destino de la basura a partir del mes de octubre del 2017; pasando de tener un botadero sin un manejo técnico de los desperdicios y a cielo abierto en el sector Juive Grande, a tener un relleno sanitario y un manejo de los lixiviados. A través del Plan Ambiental de la ciudad, se realizó el cierre técnico de las celdas colmadas que tenía el antiguo botadero de basura; construyéndose además el sistema de tratamiento de lixiviados a modo de humedal artificial.

El Relleno Sanitario del Cantón Baños de Agua Santa se encuentra ubicado en el sector de Juive Grande más conocido como Los Pájaros a unos 7 kilómetros del Centro de la Ciudad, a una altura 2071 m.s.n.m. Está formado por tres celdas emergentes y un total de nueve pozos; consta de una planta de tratamiento de lixiviados que se encuentra localizada en la parte baja del Relleno Sanitario, y desde finales del año 2017 se encuentra funcionando este vertedero. **(GADBAS; 2017)**

A continuación, se presenta una tabla y una figura de las coordenadas geográficas del relleno sanitario del cantón Baños de Agua Santa.

Tabla 8. Coordenadas geográficas del relleno sanitario del cantón Baños de Agua Santa

PUNTOS GEOGRÁFICOS	COORDENADAS X	COORDENADAS Y
PUNTO 1	78475933	983378603
PUNTO 2	78475933	984234479
PUNTO 3	78476101	984356583
PUNTO 4	78476319	984367559
PUNTO 5	78476179	984349265
PUNTO 6	78475923	984349781
PUNTO 7	78475921	984269196
PUNTO 8	78476543	984057789
PUNTO 9	78456234	984165054

Fuente: (GADBAS; 2017)

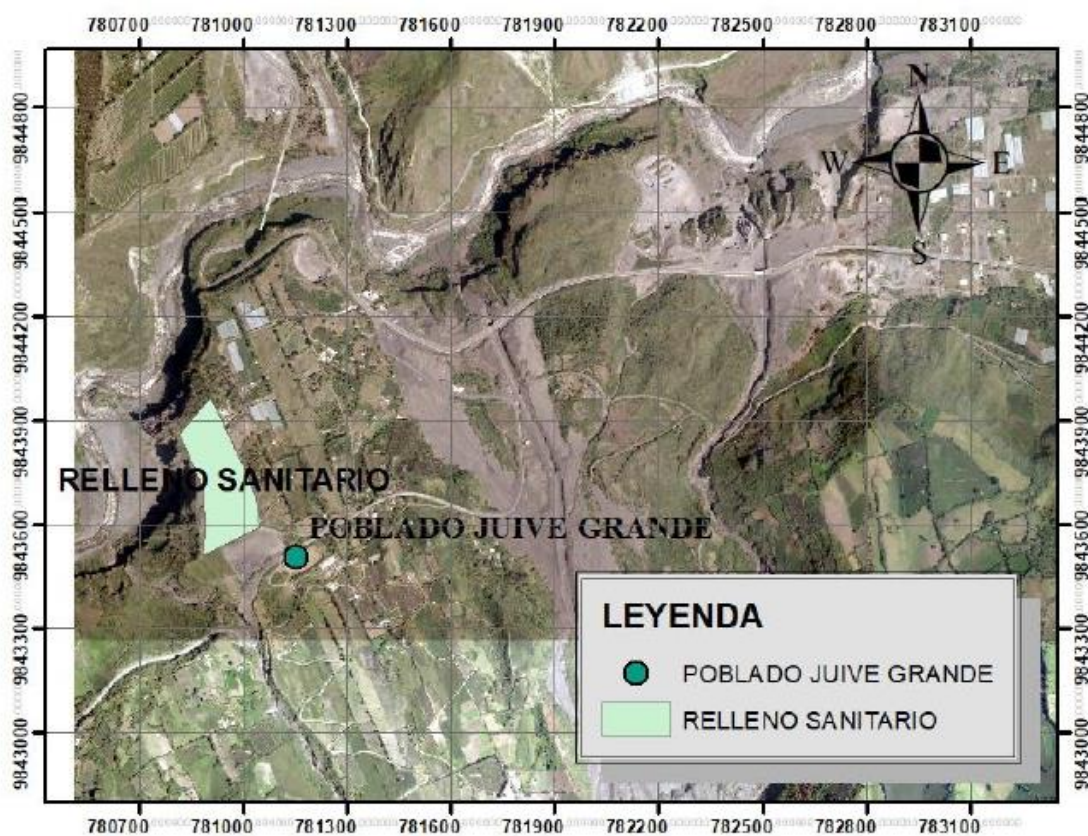


Figura 6. Localización Geográfica del relleno sanitario del cantón Baños de Agua Santa

Fuente: (GADBAS; 2017)

3.1.2 Descripción general de la planta de tratamiento del relleno sanitario

La planta de tratamiento está formada por tres sistemas; sistema de pretratamiento que consta de un sedimentador primario de doble cámara; sistema anaerobio que consta de un filtro biológico anaeróbico y un sistema natural que consta de un humedal artificial de flujo subsuperficial.

- Sistema de pretratamiento: consta de un sedimentador primario de doble cámara que retiene los sólidos de los lixiviados.
- Sistema anaerobio: consta de un filtro biológico anaeróbico que degrada la materia orgánica
- Sistema natural: consta de un humedal artificial de flujo subsuperficial que elimina los DBO_5 y remueve los metales pesados.

3.1.3 Proceso de la planta de tratamiento

Cada celda emergente se encuentra formada por un sistema de drenaje por donde pasan los lixiviados y son llevados a un pozo de revisión que se encuentran a la salida de cada celda emergente, posteriormente se dirigen al sistema de tratamiento (ver figura 7).



Figura 7. Pozo de revisión de la celda emergente 1 y 2

Sedimentador primario de doble cámara

El sedimentador tiene una altura de 1,5 metros de altura y 3,0 metros de ancho y una longitud de 4,9 metros; al ingreso tiene una caja de revisión y es aquí donde se almacena el líquido, su función es retener los sólidos de los lixiviados para evitar el ingreso al filtro biológico anaeróbico y al humedal artificial (ver figura 8).

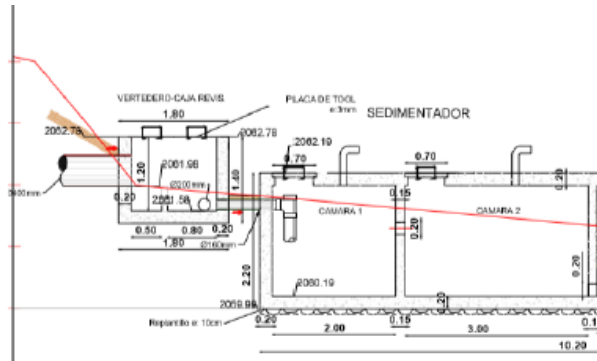


Figura 8. Sedimentador primario de doble cámara

Fuente: (GADBAS; 2017)

Filtro biológico anaerobio

El filtro biológico anaeróbico como se puede observar en la figura 9, mide 3 metros de ancho y una longitud de 4,5 metros; tiene como función degradar la materia orgánica entre un 40% y 50%, el lixiviado ingresa a este sistema sin sólidos y después pasa al humedal artificial.

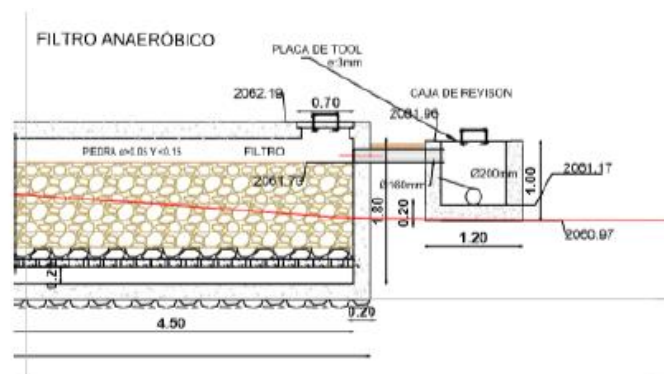


Figura 9. Filtro Anaerobio

Fuente: (GADBAS; 2017)

Humedal artificial

El humedal artificial subsuperficial tiene como función eliminar los DBO_5 , remover los metales pesados, reducir la carga orgánica casi en su totalidad aproximadamente un 80%, microorganismos patógenos como (*E. coli*, coliformes fecales, salmonella). El humedal mide 18 metros de largo y 6 metros de ancho y al alrededor de sus paredes está cubierto por una geomembrana de plástico y se le da como tratamiento la siembra de plantas totoras traídos de la Amazonía Ecuatoriana (ver figura 10).



Figura 10. Humedal artificial de flujo subsuperficial
Fuente: (GADBAS; 2017)

Pozo final

Una vez que el lixiviado sale del humedal artificial pasa al pozo número 8 de revisión y seguidamente llega a un pozo final y por último sale a una tubería que se encuentra expuesta hacia el Río Chambo; el descargue no se da directamente al río porque cae a la montaña rocosa y de a poco llega a la cuenca del río. (GADBAS; 2017)

3.1.4 Clima

El clima en el Cantón Baños de Agua Santa es templado y cálido, la temperatura oscila en un máximo de 28,0 °C/ 82,4°F y un mínimo de 15°C/ 59°F; la temperatura promedio en Baños es 17,5°C y en un año la precipitación media es 1597 mm. A continuación, una tabla del clima promedio del cantón:

Tabla 9. Datos del clima del cantón Baños de Agua Santa

MESES	T media°C	T min°C	T max°C	Precip.(mm)
Enero	17.6	13.1	22.2	99
Febrero	17.7	13.2	22.3	111
Marzo	17.9	13.4	22.4	13.7
Abril	17.9	13.4	22.5	154
Mayo	17.7	13.2	22.3	159
Junio	17.1	12.6	21.6	207
Julio	16.5	12	21.1	173
Agosto	16.8	11.9	21.7	149
Septiembre	17.3	12.1	22.5	135
Octubre	17.9	12.8	23	105
Noviembre	18	12.8	23.3	80
Diciembre	17.8	12.8	22.9	88

Fuente: (CLIMATE-DATA; 2018)

La diferencia en la temperatura anual se encuentra alrededor de 1,5°C y la diferencia de la precipitación entre el mes lluvioso y el mes más seco es de 127 mm.

3.1.5 Clima en las tomas de muestras.

La toma de muestras para este Proyecto de Investigación se realizó durante tres meses el mes de noviembre, diciembre 2018 y el mes de enero 2019; un día cada mes. Se tomó tres muestras por día en diferentes puntos del Relleno Sanitario. A continuación, una tabla con cada detalle:

Tabla 10. Parámetros del clima

MES	Noviembre 2018	Diciembre 2018	Enero 2019
DÍA	21/11/2018	21/12/2018	21/01/2019
• Temperatura (°C)	18,2	16,5	14,5
• Nubosidad (Octas)	6,0	6,0	7,0
• Humedad Relativa %	79	72	64
• Evaporación (mm)	5,0	4,3	3,7
• Índice UV	Alto	Moderado	Bajo
• Pluviosidad %	53%	55%	73%
• Velocidad promedio del viento (km)	5,4	5,4	6,1

Fuente: (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología; 2019)

3.1.6 Hidrología

Alrededor del relleno sanitario pasan dos ríos; el río Chambo con 624 hectáreas que nace de las estribaciones de la Provincia de Chimborazo y el río Pastaza con 106.309 hectáreas que se forma de la unión del río Patate y río Chambo en el sector puente las Juntas. (GADBAS; 2014)

3.1.7 Geología

El Cantón Baños de Agua Santa se encuentra en las faldas del volcán Tungurahua y en los flancos de la Cordillera Oriental de los Andes; se encuentra cerca del volcán Sangay. Su rango altitudinal va entre los 1176 msnm en el lugar de los valles hasta los 4992 msnm en la Cordillera Oriental. Hay presencia de arcilla semimetamorfizada debido a las erupciones volcánicas que se vienen dando en la zona.

El relleno sanitario se encuentra en una zona volcánica con vertientes moderadas y pendiente de 20% y 40% y un desnivel entre 90 y 180 metros, está formado por rocas volcánicas y material volcánico. (GADBAS; 2014)

3.2 Población y muestra

Con la ecuación 1 se determinó la proyección de la población del cantón Baños de Agua Santa para el año 2018.

3.2.1 Proyección de la Población del Cantón Baños de Agua Santa para el año 2018.

Según el censo 2010 el cantón contaba con una población de 20018 habitantes, de los cuales 9984 eran mujeres y 10034 eran hombres en total en la zona urbana Baños y las zonas rurales que son Ulba, Lligua, Río Verde y Río Negro.

Mediante el método de la fórmula de Malthus se calcula la proyección de la población para el año 2018. (CNA; 1998)

$$Pf = Pa (1 + \Delta)^x$$

(Ecuación 1)

Dónde:

Pf= Población

Pa= Población actual (censo 2010)

Δ = Incremento medio actual (se obtiene dividiendo el incremento decenal entre el número de veces que se restaron).

x= número de períodos decenales a partir del período económico que se fije.

Tabla 11. Proyección de la población para el año 2018

PARROQUIAS URBANAS	PARROQUIAS RURALES	CENSO 2010	PROYECCIÓN 2018
Baños		14653	17690
	Ulba	2532	3047
	Río Verde	1307	1510
	Río Negro	1246	1568
	Lligua	280	339
	TOTAL	20018	24154

Fuente: (INEC; 2016)

3.2.2 Generación de residuos sólidos

La recolección de la basura en el Cantón Baños de Agua Santa se recoge mediante el recorrido de un camión por la ciudad y sus zonas rurales, y luego son llevados directamente al relleno sanitario. Según la Jefatura de Medio Ambiente la basura que entra al relleno diariamente es de 16 toneladas/día; la generación de basura por persona al día en el cantón es de 0,54 Kg/hab/día. y la compactación y cobertura en las celdas emergentes se realiza cada día para evitar la presencia de moscos y malos olores. **(Jefatura de Medio Ambiente; 2019)**

Tabla 12. Sitios estratégicos de recolección de la basura

SITIOS	DESCRIPCIÓN
Mercados	El cantón cuenta con un mercado municipal que funciona todos los días y dos plazas municipales que funcionan miércoles, viernes y domingo.
Camal	Los residuos del camal son utilizados para el compost que se realiza en el vertedero.
Industrias	Residuos como los productos de la caña, la melcocha que son utilizados para el compost, y avícolas.
Centros de salud	Hospital Básico Baños, veterinarias, laboratorios, centro de tatuajes, centros de odontología, estos residuos son recogidos directamente por una camioneta para desechos peligrosos.

Fuente: (Jefatura de Medio Ambiente; 2019)

Tabla 13. Características de sus desechos sólidos en el cantón Baños de Agua Santa

Descripción	Cantidad en %		Destino	
	Urbano	Rural	Relleno	Ventas
Desechos orgánicos	68,15	0,01	x	
Cartón	1,40	0,00	x	
Papel	1,40	0,02	x	
Plástico	9,00	0,40		x
Vidrio	4,00	0,10		x
Chatarra	0,30	0,00		x
Pilas	0,11	0,00	x	
Desechos peligrosos	0,00	0,00	x	

Fuente: (Jefatura de Medio Ambiente; 2019)

Como se puede analizar, los desechos orgánicos son los de mayor prevalencia dentro de la recolección de residuos sólidos urbanos, siendo además los que más producen lixiviados, por lo que es necesaria la aplicación de mecanismos adecuados para su tratamiento y disposición final.

3.3 Materiales y reactivos

A continuación, se encuentran los materiales y reactivos utilizados en el proyecto.

3.3.1 Materiales

- Vidrios de reloj
- Crisoles
- Pinzas para crisoles
- Papel filtro
- Embudo de filtración
- Vasos de precipitación
- Balones de aforo
- Envases de vidrio de 1 litro
- Envases de plástico de 250 ml
- Etiquetas
- Balón de reflujo

3.3.2 Reactivos

- Ácido clorhídrico al 15%
- Agua destilada
- Sulfato de mercurio ($Hg SO_4$)
- Dicromato de potasio
- Ácido sulfúrico

- Indicador ferroína
- Estándar cinc
- Estándar cobre
- Estándar mercurio
- Estándar arsénico
- Sulfato de plata ($Ag_2 SO_4$)
- Dicromato 0,250 N

3.3.3 Equipos

- Estufa
- Mufla
- Plancha de calentamiento
- Desecador
- Reverbero
- Balanza analítica
- Refrigerador
- Espectrofotómetro de absorción atómica
- pH metro
- Conductímetro de mesa-Orion Star A 212

3.3.4 Materiales de protección

- Mascarilla respiratoria
- Guantes de vinilo
- Gafas protectoras de ojos
- Ropa de protección

3.4 Método

3.4.1 Objetivo del muestreo

El objetivo de la toma de muestras es la obtención de una porción de material cuyo volumen sea lo suficientemente pequeño como para que pueda ser transportado con facilidad y manipulado en el laboratorio sin que por ello deje de representar con exactitud al material de donde procede. Se recoge en cuatro envases de 1 litro del lugar mismo donde proceden y manipular correctamente de tal forma que no se produzcan alteraciones significativas en su composición antes de que se hagan las pruebas correspondientes.

3.4.2 Precauciones al tomar la muestra

En las muestras que contienen vestigios **metálicos hay que tomar precauciones** especiales y con cuidado, utilizando mascarillas respiradoras en la boca antigases tóxicos, gafas protectoras para los ojos, guantes de goma para manejar líquidos peligrosos y ropa protectora.

3.2.1 Cronograma de la toma de muestras

Las muestras se llevaron al laboratorio de Bromatología y Nutrición Animal de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo con la cual se realizó un convenio para realizar los respectivos análisis del nivel de metales pesados (Zn, Cu, As, Hg), pH, conductividad y sólidos totales y también serán llevados al laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo para determinar DQO Y DBOs.

Tabla 14. Cronograma de la toma de muestras

	Número de muestras	Réplicas	Hora	MESES		
				Noviembre 2018	Diciembre 2018	Enero 2019
Pozo 1	1	1	08H30	Fecha	Fecha	Fecha
Pozo 2	1	1	09H00	21/11/2018	21/12/2018	21/01/2019
Pozo 3	1	1	09H30			

3.2.2 El muestreo

Para establecer los cambios que se hayan producido en el lixiviado al salir del sistema de tratamiento humedal artificial, fue necesario la toma de varias muestras, considerando la influencia del clima, es decir, hay días secos y lluviosos, por lo que se establecieron jornadas de muestreo de acuerdo a las precipitaciones.

Para el presente trabajo se realizarán tres meses de muestreo (una jornada = un día cada mes) en el cuál se recogió 3 muestras con una réplica cada una, la recolección se dará en la mañana, con la finalidad de diferenciar el nivel de concentración de metales pesados que arroja el humedal en relación con la cantidad de agua lluvia recibido. Los análisis serán “in-situ” (pH, conductividad, temperatura), “ex-situ” (DBO₅, DQO, Sólidos Totales, cinc, cobre, arsénico y mercurio).

Al finalizar el proceso se estableció si es necesario un tratamiento previo de remoción de metales pesados, si el humedal no cumple su función y arroja agua con niveles por

encima de los permitidos y que constan en la tabla de los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce establecida en la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes del Recurso Agua del Ministerio de Ambiente.

De los tres meses de muestreo, una se realizó en un día seco y una en un día lluvioso, solicitando al Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) los datos correspondientes sobre la duración, magnitud e intensidad de la lluvia del día de recolección de muestras.

3.2.3 Tipo de Muestreo

Muestra Puntual

La toma de las muestras para este proyecto de investigación se realizó mediante el método de muestra puntual debido a que se recoge manualmente. Este método se utiliza en investigaciones para identificar una contaminación en muestras de agua de entrada o de salida de una planta de tratamiento y para determinar parámetros inestables. (EDAR; 2013)

3.2.4 Características del muestreo

Se tomaron 3 muestras con 1 réplica cada una, durante tres meses, un día por mes cada una, dando un total de 18 tomas, cada una de ellas se llevará al laboratorio de Bromatología y Nutrición Animal de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo con la cual se realizó un convenio para realizar los respectivos análisis del nivel de metales pesados. Estas muestras estarán contenidas en un envase vidrio de 1 litro y almacenado inmediatamente en un sistema de frío, hasta su análisis.

Las porciones individuales se recogieron en envases de abertura amplia, con un diámetro de al menos 35 mm en la boca y con una capacidad de 1 litro. No se utilizó conservantes, siendo todas, muestras individuales. La obtención de una muestra debe cumplir con los requisitos requeridos por el laboratorio e implica que aquella no debe deteriorarse o contaminarse con ningún otro componente químico ni orgánico antes de llegar a manos del laboratorio.

Antes de llenar el envase con la muestra hay que lavarlo dos o tres veces con el agua final que se va a recoger, siguiendo los Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales de la American Public Health Association (1992).

3.2.5 Sitio del muestreo

El lugar donde se realizó el muestreo es en el pozo 1 sedimentador, pozo 2 entrada al humedal artificial y pozo 3 descarga final que sería luego del tratamiento de lixiviados y antes de ser vertidos en la quebrada adyacente al relleno sanitario (cuerpo de agua dulce) en el sector Los Pájaros del cantón Baños de Agua Santa.



Tabla 15. Coordenadas geográficas del sitio de muestreo.

PUNTOS GEOGRÁFICOS	DESCRIPCIÓN	COORDENADAS X	COORDENADAS Y
PUNTO 1	Sedimentador	78476101	984356583
PUNTO 2	Entrada al humedal artificial	78475921	984269196
PUNTO 3	Descarga final	78456234	984165054

Fuente: (GADBAS; 2017)

3.2.6 Etiquetado

Tabla 16. Diseño de etiquetado

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS INGENIERÍA BIOQUÍMICA 	
UBICACIÓN:	
COORDENADAS:	
DETALLE DEL PUNTO DEL MUESTREO	
FECHA DE RECOLECCIÓN:	
TIPO DE MUESTRA:	
HORA DE RECOLECCIÓN:	
CONDICIONES ATMOSFÉRICAS:	
TEMPERATURA:	
HUMEDAD:	
CLIMA:	

3.2.7 Determinación de potencial de hidrógeno (pH)

Se calibra el equipo, se debe colocar el electrodo dentro de la muestra, se realiza una agitación y se debe esperar un corto tiempo hasta que se estabilice el resultado, anotar el último dato que da el pH metro. (CLICKMICA, 2014)

3.2.8 Determinación de la conductividad

Se calibra el equipo, se debe colocar el electrodo dentro de la muestra, se realiza una agitación y se debe esperar un corto tiempo hasta que se estabilice el resultado, anotar el último dato. (IDEAM, 2006)

3.2.9 Determinación de la temperatura

Tomar la muestra en una botella o un recipiente grande como baldes, debe tener una gran cantidad de agua para evitar los errores por la transferencia de calor con el ambiente, luego se introduce el termómetro, se debe realizar un movimiento circular provocando una agitación y se registra el valor de la temperatura, es recomendable hacerlo lo más rápido posible. (INVEMAR; 2003)

3.2.10 Procedimiento de sólidos totales (ST)

Filtrar las muestras, dejar secar las muestras, poner los crisoles en la estufa por tres horas, sacar los crisoles y ponerlos en el desecador por 30 minutos, pesar los crisoles, poner las muestras en los crisoles, llevar al reverbero para eliminar humedad, llevar a la mufla por 4 horas, dejar en el desecador por 1 hora y luego pesar. (INVEMAR; 2003)

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

$$\text{Sólidos Totales (} \frac{\text{g}}{\text{l}} \text{)} = \left(\frac{\text{A} - \text{B}}{\text{ml (muestra)}} \right) * 1000$$

(Ecuación 2)

Donde:

A: Peso cápsula + la muestra (g)

B: Peso de la cápsula (g)

3.2.11 Procedimiento de Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Tomar 50 ml de muestra, diluir 50 ml en un balón de 500 ml, adicionar un gramo de sulfato de plata, después agregar 5,0 ml de ácido sulfúrico y disolver con el sulfato de plata y poner a enfriar, seguidamente colocar 25 ml de dicromato 0,250 N, dejar circular el agua refrigerante del balón en el condensador y poner 60ml H₂SO₄, adicionar 1,0 g de sulfato de mercurio en 50 ml de muestra y mantener el reflujo por dos horas, después de este tiempo apartar el condensador y diluir la muestra dos veces con agua destilada y dejar enfriar, después realizar una titulación usando 0,10 – 0,15 ml de indicador ferroina. Tomar datos cuando cambie de color azul verdoso a pardo rojizo. (INVEMAR; 2003)

$$\text{mgDQO/L} = \frac{(A - B) * N * 8000}{(\text{ml})\text{muestra}}$$

(Ecuación 3)

Donde:

A: Volumen (ml) de FAS usado para el blanco

B: ml de sulfato ferroso amónico para la muestra (ml)

N= Normalidad del sulfato ferroso amónico

3.2.12 Procedimiento de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

Tomar la muestra y saturar con oxígeno con una bomba durante unos 10 a 15 minutos a 20 °C. Si la muestra se encuentra muy contaminada dejar en reposo durante dos horas. Colocar la muestra en 3 botellas DBO, evitar totalmente la entrada de aire, sellar las botellas y ponerles en la incubadora a 20 +/- 1°C durante 5 días. Mediante el método Winkler determinar el contenido de oxígeno a los 5 días 6 horas y registrar su promedio como C₅. (INVEMAR; 2003)

$$\text{DBO (mg O}_2 \text{/L)} = d ((C_o - C_n) - (B_o - B_n))$$

(Ecuación 4)

Donde:

C_o = Contenido de oxígeno disuelto en la muestra del día cero

C_n = Contenido de oxígeno disuelto en la muestra para el día n (n=5)

d= Factor de dilución

B_o = Contenido de oxígeno disuelto del blanco de reactivo inicial

B_n = Contenido de oxígeno disuelto del blanco de reactivo después de n días de la incubación

3.2.13 Adecuación de las muestras para la determinación de metales pesados

Procedimiento de la preparación de las muestras para medir metales pesados como el cinc, cobre, arsénico y mercurio

Filtrar las muestras, dejar secar las muestras, poner los crisoles en la estufa por tres horas, sacar los crisoles y ponerlos en el desecador por 30 minutos, pesar los crisoles, poner las muestras en los crisoles, llevar al reverbero para eliminar humedad, llevar a la mufla por 4 horas a una temperatura de 125°C, dejar en el desecador por 1 hora y luego pesar. Digestar las muestras 1gr de muestra con 15 ml de Ácido clorhídrico al 15%, Poner los crisoles con muestra en la plancha de calentamiento por 6 minutos, después añadir 5 ml de agua destilada a cada muestra, aforar las muestras en balones de aforó de 100ml. (IDEAM; 2004)

3.2.14 Determinación del estándar cinc

realizar las diluciones respectivas para la preparación de los estándares, se realizó en dos concentraciones a 10ppm y 25ppm, es decir se tomó 1,25ml de estándar y se aforó en un balón de 100ml con agua destilada, de este balón se tomó 20ml y se aforó en un balón de 50ml con agua destilada siendo este la concentración de 25ppm; de la muestra madre se tomó 25ml y se aforo en un balón de 50ml con agua destilada siendo este la concentración de 10ppm. Luego se pasó a medir en el espectrofotómetro de absorción atómica con la lámpara de Zinc con una longitud de onda de 1,076. (IDEAM; 2004)

$$\text{mg de metal / L de muestra} = A * \frac{\text{Volumen final}}{\text{Volumen alícuota}}$$

(Ecuación 5)

Dónde:

A= mg/L de metal en alícuota diluida a muestra procesada de la curva de calibración

Volumen final= Volumen al que se llevó la alícuota a diluir

Volumen alícuota= mL tomados de alícuota de muestra.

3.2.15 Determinación del estándar cobre (Cu)

Realizar las diluciones respectivas para la preparación de los estándares, se realizó en dos concentraciones a 3ppm y 7ppm, es decir se tomó 1,00 ml de estándar y se aforó en un balón de 100ml con agua destilada, de este balón se tomó 7,5 ml y se aforó en un balón de 50ml con agua destilada siendo este la concentración de 3ppm; de la muestra madre se tomó 17,5 ml y se aforó en un balón de 50ml con agua destilada siendo este la concentración de 7ppm. Luego se pasó a medir en el espectrofotómetro de absorción atómica con la lámpara de Cobre con una longitud de onda de 0,124.

(IDEAM; 2004)

$$\text{mg de metal / L de muestra} = A * \frac{\text{Volumen final}}{\text{Volumen alícuota}}$$

(Ecuación 6)

Dónde:

A= mg/L de metal en alícuota diluida a muestra procesada de la curva de calibración

Volumen final= Volumen al que se llevó la alícuota a diluir

Volumen alícuota= ml tomados de alícuota de muestra.

3.2.16 Determinación del estándar arsénico (As)

Realizar las diluciones respectivas para la preparación de los estándares, se realizó en tres concentraciones a 20ppm, 25ppm y 45ppm, es decir se tomó 1,00 ml de estándar y se aforó en un balón de 100ml con agua destilada, de este balón se tomó 4,5 ml y se aforó en un balón de 50ml con agua destilada siendo este la concentración de 45ppm; de la muestra madre se tomó 22.22 ml y se aforó en un balón de 50ml con agua destilada siendo este la concentración de 20ppm, de la muestra madre se tomó 27.78 ml y se aforo en un balón de 50ml con agua destilada siendo este la concentración de 25ppm Luego se pasó a medir en el espectrofotómetro de absorción atómica con la lámpara de Arsénico con una longitud de onda de 0,149. (INSHT; 2010)

$$M = V * (C_1 - C_2)$$

(Ecuación 7)

Dónde:

M: cantidad de arsénico, en μg presente en la muestra.

V: volumen(ml) hasta el cual han sido diluidos la muestra y el blanco.

C1: concentración de arsénico en μg /ml de disolución de muestra.

C2: concentración de arsénico en μg /ml de disolución del blanco de muestra.

3.2.17 Determinación del estándar mercurio (Hg)

Realizar las diluciones respectivas para la preparación de los estándares, se realizó en dos concentraciones a 50ppm y 100ppm, es decir se tomó 1,00 ml de estándar y se aforó en un balón de 100ml con agua destilada, de este balón se tomó 10 ml y se aforó en un balón de 50ml con agua destilada siendo este la concentración de 100ppm; de la muestra madre se tomó 5 ml y se aforó en un balón de 50ml con agua destilada siendo este la concentración de 50ppm. Luego se pasó a medir en el espectrofotómetro de absorción atómica con la lámpara de Cobre con una longitud de onda de 0,141. (IDEAM; 2004)

$$\text{mg de metal / L de muestra} = A * \frac{\text{Volumen final}}{\text{Volumen alícuota}}$$

(Ecuación 8)

Dónde:

A= mg/L de metal en alícuota diluida a muestra procesada de la curva de calibración

V final= Volumen al que se llevó la alícuota a diluir

V alícuota= mL tomados de alícuota de muestra.

3.3 Diseño experimental

Se realizó un diseño experimental de la forma A*B*C en cuál se tomó 3 factores; factor A: sectores de muestreo; factor B: horas de muestreo y factor C: días de muestreo. La toma de muestras se realizó 1 día al mes durante 3 meses, dividido en 3 partes: puntos de muestreo pozo 1(sedimentador), pozo 2 (entrada al humedal artificial) y pozo 3 (descarga final).

Factor A: Sectores de muestreo

a1: pozo 1(sedimentador)

a2: pozo 2 (entrada al humedal artificial)

a3: pozo 3 (descarga final)

Factor B: Horas de muestreo

b1: 08h30

b2: 09h00

b3:09h30

Factor C: Días de muestreo

c1: miércoles

c2: viernes

c3: lunes

Tabla 17. Parámetros resultantes de la combinación de los factores de la forma
A*B*C

PARÁMETROS	A: SECTORES	B:DÍAS	C: HORAS
a1b1c1	pozo 1(sedimentador)	08h30	Miércoles
a1b1c2	pozo 1(sedimentador)	08h30	Viernes
a1b1c3	pozo 1(sedimentador)	08h30	Lunes
a1b2c1	pozo 1(sedimentador)	09h00	Miércoles
a1b2c2	pozo 1(sedimentador)	09h00	Viernes
a1b2c3	pozo 1(sedimentador)	09h00	Lunes
a1b3c1	pozo 1(sedimentador)	09h30	Miércoles
a1b3c2	pozo 1(sedimentador)	09h30	Viernes
a1b3c3	pozo 1(sedimentador)	09h30	Lunes
a2b1c1	pozo 2 (entrada al humedal artificial)	08h30	Miércoles
a2b1c2	pozo 2 (entrada al humedal artificial)	08h30	Viernes
a2b1c3	pozo 2 (entrada al humedal artificial)	08h30	Lunes
a2b2c1	pozo 2 (entrada al humedal artificial)	09h00	Miércoles
a2b2c2	pozo 2 (entrada al humedal artificial)	09h00	Viernes
a2b2c3	pozo 2 (entrada al humedal artificial)	09h00	Lunes
a2b3c1	pozo 2 (entrada al humedal artificial)	09h30	Miércoles
a2b3c2	pozo 2 (entrada al humedal artificial)	09h30	Viernes
a2b3c3	pozo 2 (entrada al humedal artificial)	09h30	Lunes
a3b1c1	pozo 3 (descarga final)	08h30	Miércoles
a3b1c2	pozo 3 (descarga final)	08h30	Viernes
a3b1c3	pozo 3 (descarga final)	08h30	Lunes
a3b2c1	pozo 3 (descarga final)	09h00	Miércoles
a3b2c2	pozo 3 (descarga final)	09h00	Viernes
a3b2c3	pozo 3 (descarga final)	09h00	Lunes
a3b3c1	pozo 3 (descarga final)	09h30	Miércoles
a3b3c2	pozo 3 (descarga final)	09h30	Viernes
a3b3c3	pozo 3 (descarga final)	09h30	Lunes

Tabla 18. ANOVA (Análisis de varianza)

FUENTES DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD
Replicaciones	(r-1)
Factor A	(a-1)
Factor B	(b-1)
Factor C	(c-1)
Factor AB	(a-1) (b-1)
Factor AC	(a-1) (c-1)
Factor BC	(b-1) (c-1)
Factor ABC	(a-1) (b-1) (c-1)
Residuo	$(abc-1) - ((r-1) + (a-1) + (b-1) + (c-1) + (a-1)(b-1) + (a-1)(c-1) + (b-1)(c-1) + (a-1)(b-1)(c-1))$
Total	abc - 1

Fuente: (Lara Porras, A.M.;2000)

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presenta las siguientes tablas y gráficos con los resultados obtenidos en la parte experimental de los análisis físicos y químicos; en los tres diferentes meses que son noviembre, diciembre y enero.

4.1.1 Resultados de potencial de hidrógeno (pH)

Tabla 19. Resultados obtenidos de Potencial de Hidrógeno en el relleno sanitario
POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)

PUNTOS	MES 1 (21/11/2018)	MES 2 (21/12/2018)	MES 3 (21/01/2019)
SEDIMENTADOR	8,2 ± 0,2	8,56 ± 0,2	8,36 ± 0,2
ENTRADA AL HUMEDAL ARTIFICIAL	8,03 ± 0,2	7,95 ± 0,2	8,53 ± 0,2
DESCARGA FINAL	8,11 ± 0,2	8,15 ± 0,2	8,58 ± 0,2
LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	5 - 9	5 - 9	5 - 9

Se muestra el promedio ± desviación estándar, para n= 3

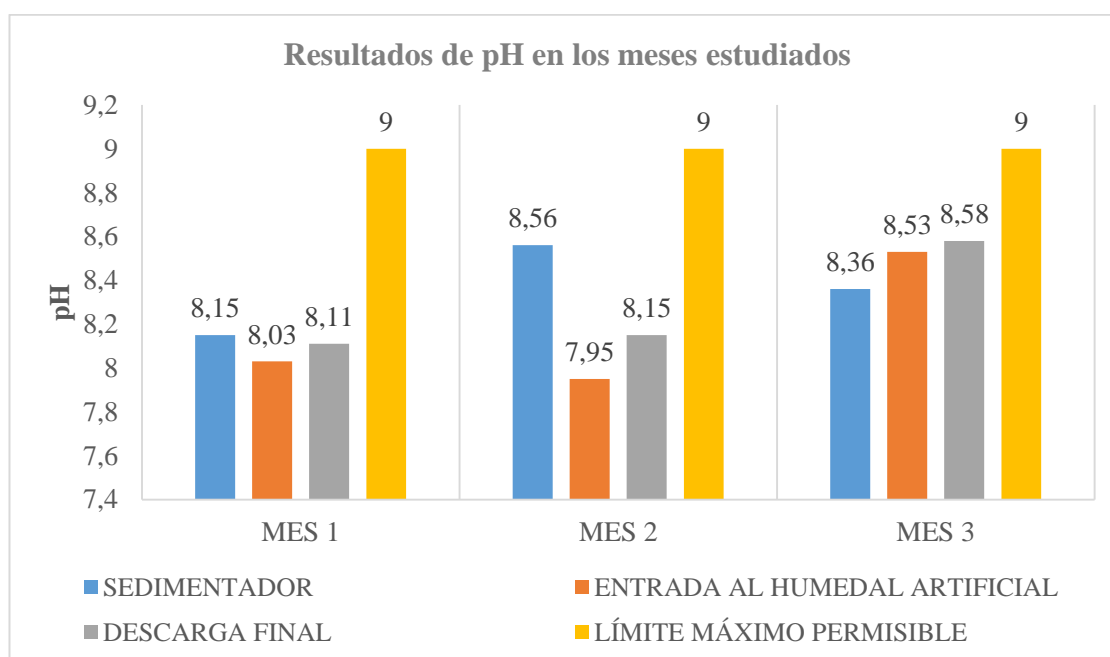


Figura 11. Resultados de potencial de hidrógeno

Según los datos obtenidos de pH se puede evidenciar que va de un rango mínimo de 7,95 a un rango máximo de 8,58; los datos de pH no varían entre sí, ya que son datos similares; se tiene un valor promedio en el sedimentador de 8,35; en la entrada al humedal artificial se tiene un valor promedio de 8,17 y un valor promedio en la descarga final de 8,28; los resultados son valores alcalinos es decir se encuentra en una etapa metanogénica ya que el pH es estable. Estos datos si cumplen con la Norma de Calidad Ambiental 097 A.

4.1.2 Resultados de temperatura

Tabla 20. Resultados obtenidos de temperatura en el relleno sanitario

TEMPERATURA °C			
PUNTOS	MES 1 (21/11/2018)	MES 2 (21/12/2018)	MES 3 (21/01/2019)
SEDIMENTADOR	16,9± 0,1	15,3± 0,1	13,8± 0,1
ENTRADA AL HUMEDAL ARTIFICIAL	17,2± 0,1	15,9± 0,1	14,1± 0,1
DESCARGA FINAL	17,3± 0,1	16,2± 0,1	14,5± 0,1
LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	35,0	35,0	35,0

Se muestra el promedio ± desviación estándar, para n= 3

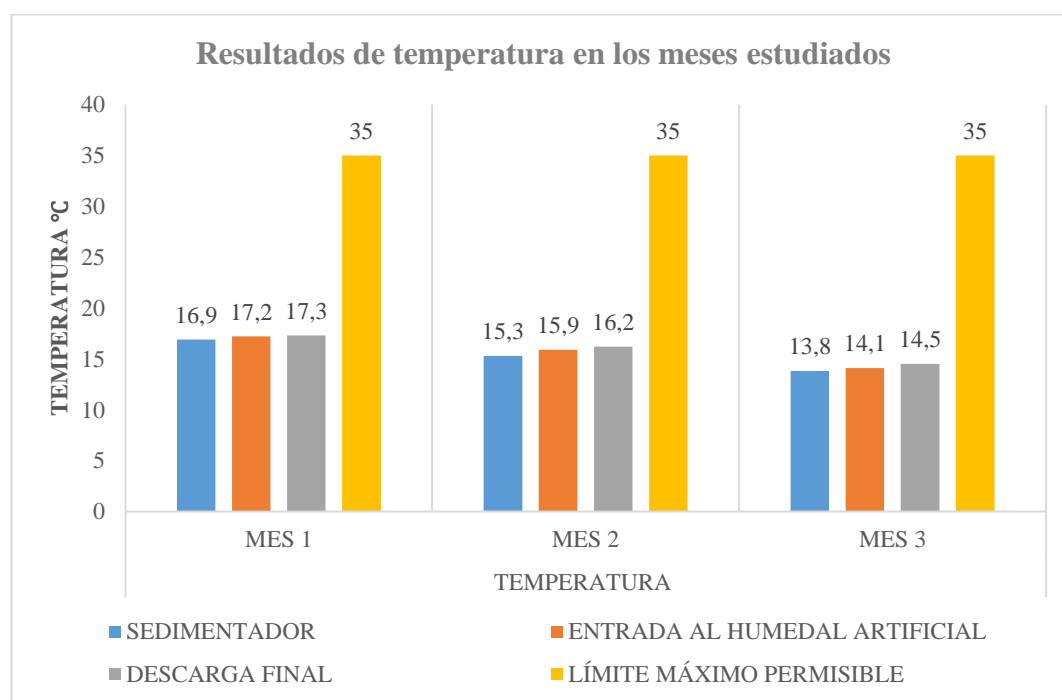


Figura 12. Resultados de temperatura °C

Como se puede observar los datos obtenidos en la tabla 20, tenemos una temperatura máxima de 17,3°C debido a que el clima en el mes de noviembre fue seco, no presentó lluvias y una temperatura mínima de 14,1°C en el mes de enero ya que ese mes fue lluvioso por tanto la temperatura fue menor. En el sedimentador tenemos un valor promedio de 15,3 °C, en la entrada al humedal artificial un valor promedio de 15,73 °C y en la descarga final de 16°C; estos valores de la temperatura son altos debido a la descomposición de la materia orgánica, los datos variaron según el clima y están dentro del límite máximo permisible que establece con la Norma de Calidad Ambiental 097 A.

4.1.3 Resultados de conductividad (mS/cm)

Tabla 21. Resultados obtenidos de Conductividad en el relleno sanitario

CONDUCTIVIDAD (mS/cm)			
PUNTOS	MES 1 (21/11/2018)	MES 2 (21/12/2018)	MES 3 (21/01/2019)
SEDIMENTADOR	20,4± 0,2	20,8± 0,1	19,7± 0,2
ENTRADA AL HUMEDAL ARTIFICIAL	20,5± 0,2	21,0± 0,1	19,8± 0,2
DESCARGA FINAL	21,2± 0,2	21,1± 0,1	19,7± 0,2

Se muestra el promedio ± desviación estándar, para n= 3

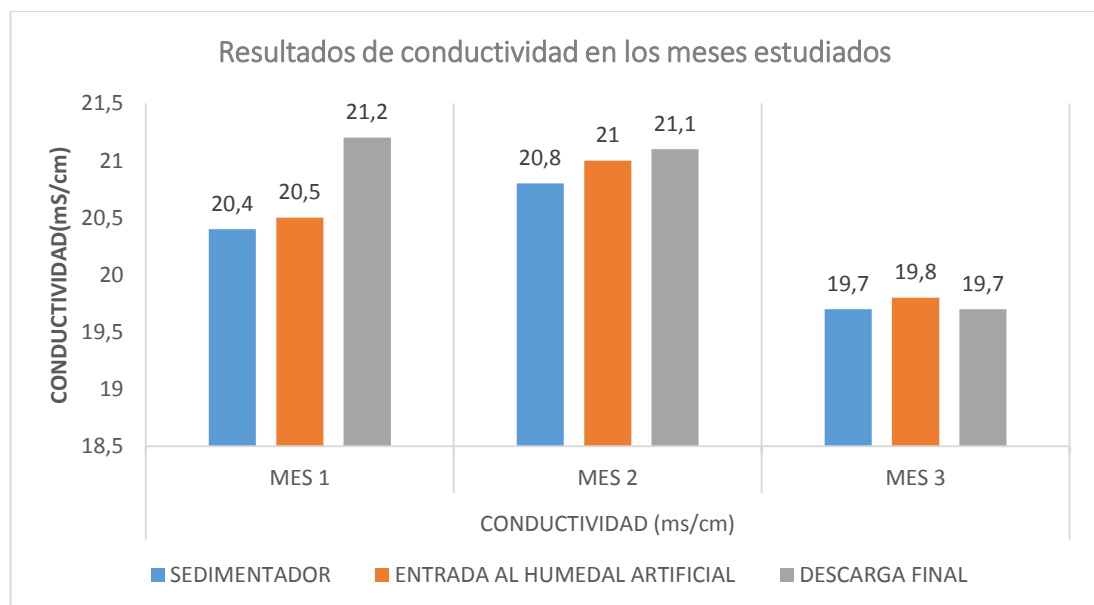


Figura 13. Resultados de conductividad

Los valores mostrados en la tabla 21 nos da un valor máximo de conductividad de 21,2 ms/cm y un valor mínimo de 19,7 ms/cm; en el sedimentador se obtuvo un valor promedio de 20.3 ms/cm; en la entrada al humedal artificial se obtuvo un valor promedio de 20,43 ms/cm y en la descarga final un valor promedio de 20,66 ms/cm, la conductividad en el mes de noviembre y diciembre es más alta debido a la presencia del sol y es un clima favorable y en el mes de enero tiende a bajar ya que se presenta días lluviosos; en el punto 3 de la descarga final presenta un valor mayor debido a la presencia de sales.

4.1.4 Demanda química de oxígeno (DQO)

Tabla 22. Resultados obtenidos de Demanda Química de Oxígeno en el relleno sanitario.

DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (mg/l)			
PUNTOS	MES 1 (21/11/2018)	MES 2 (21/12/2018)	MES 3 (21/01/2019)
SEDIMENTADOR	1300±0,1	537±0,1	1352±0,1
ENTRADA AL HUMEDAL ARTIFICIAL	1550±0,1	709±0,1	1580±0,1
DESCARGA FINAL	303±0,1	471	283
LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	250	250	250

Se muestra el promedio ± desviación estándar, para n= 2

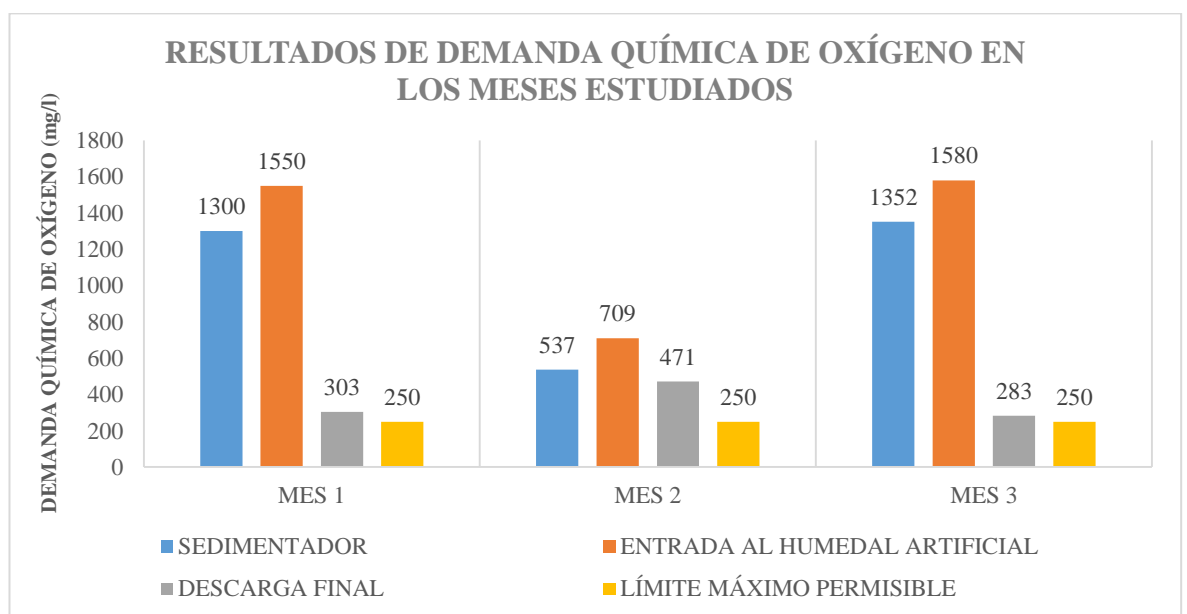


Figura 14. Resultados de Demanda Química de oxígeno

Según los resultados representados en la tabla 22 se tiene un valor máximo de DQO de 1580 mg/l y un valor mínimo de 283 mg/l; un valor promedio en el sedimentador de 1063 mg/l, en la entrada al humedal artificial un valor promedio de 1279 mg/l y en la descarga final un valor de 352 mg/l; en el punto de la descarga final los valores con menores esto demuestra que el humedal artificial remueve una gran parte de la concentración debido a las plantas de totoras que se encuentran sembradas en el mismo; pero aun así los valores de descarga final son mayores a los valores del límite máximo permisible es decir no cumplen con la Norma de Calidad Ambiental 097 A.

4.1.5 Resultados de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

Tabla 23. Resultados obtenidos de Demanda Bioquímica de Oxígeno en el relleno sanitario

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (mg/l)			
PUNTOS	MES 1 (21/11/2018)	MES 2 (21/12/2018)	MES 3 (21/01/2019)
SEDIMENTADOR	634 ±0,1	201 ±0,1	594 ±0,1
ENTRADA AL HUMEDAL ARTIFICIAL	720 ±0,1	339 ±0,1	676 ±0,1
DESCARGA FINAL	144 ±0,1	218 ±0,1	120 ±0,1
LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	100	100	100

Se muestra el promedio ± desviación estándar, para n= 2

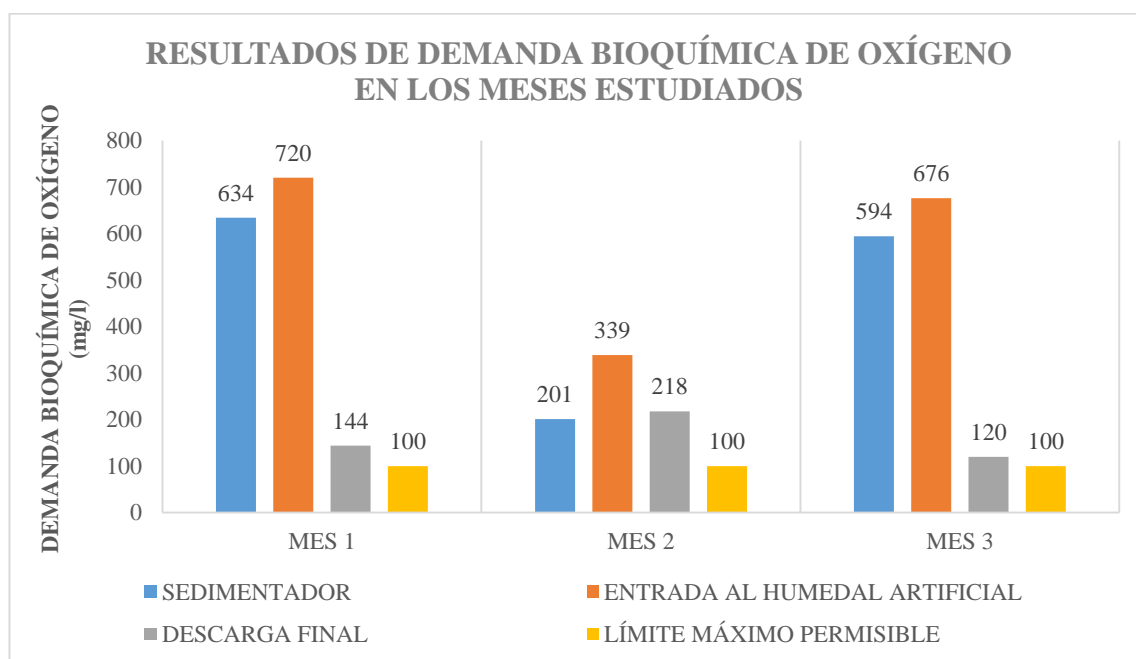


Figura 15. Resultados de Demanda Bioquímica de oxígeno

Según los datos representados en la tabla 23 se tiene un valor máximo de DQO de 720mg/l y un valor mínimo de 120mg/l; un valor promedio en el sedimentador de 476mg/l, en la entrada al humedal artificial un valor promedio de 578mg/l y en la descarga final un valor de 160mg/l; en el punto de la descarga final disminuye los valores debido a la remoción que realiza el humedal o también por el contacto con el agua lluvia, por los resultados podemos decir que el lixiviado es maduro y se encuentra en una fase de maduración ya que al inicio es una concentración mayor y en la descarga final disminuye; los valores de descarga final son mayores a los valores del límite máximo permisible es decir no cumplen con la Norma de Calidad Ambiental 097 A.

4.1.6 Resultados de sólidos totales (ST)

Tabla 24. Resultados obtenidos de sólidos totales en el relleno sanitario

SÓLIDOS TOTALES (mg/l)			
PUNTOS	MES 1 (21/11/2018)	MES 2 (21/12/2018)	MES 3 (21/01/2019)
SEDIMENTADOR	9142 ±0,2	8564 ±0,2	6295 ±0,2
ENTRADA AL HUMEDAL ARTIFICIAL	3636 ±0,2	6765 ±0,2	5336 ±0,2
DESCARGA FINAL	1716 ±0,2	1198 ±0,2	966 ±0,2
LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	1600	1600	1600

Se muestra el promedio ± desviación estándar, para n= 3

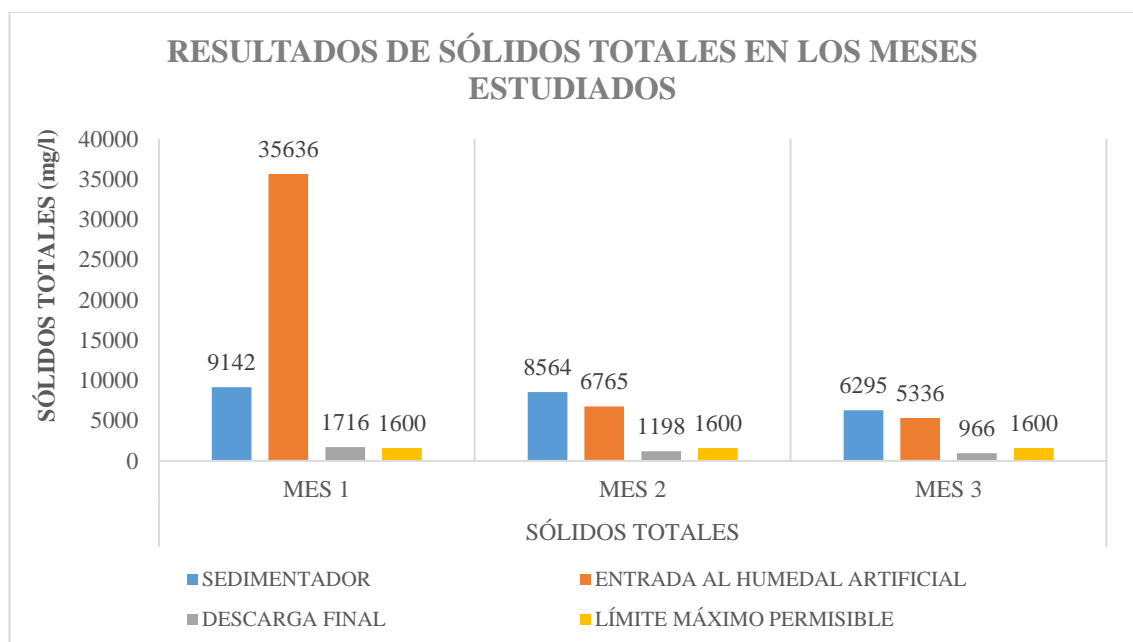


Figura 16. Resultados de sólidos totales

Según la figura 16 el valor de sólidos totales va de 9142 mg/l a 966mg/l; el valor promedio en el sedimentador es 8000 mg/l, en la entrada al humedal artificial es 5245 mg/l y en la descarga final de 1293 mg/l, en el mes de noviembre y diciembre se presenta mayor cantidad de sólidos totales debido al clima ya que no se presentó lluvia y en el mes de enero existió menos concentración de sólidos totales debido a la presencia de precipitaciones lo cual ayuda a un lavado del sedimentador. El mes de noviembre no cumple con la Norma de Calidad Ambiental 097 A y los otros dos meses si están dentro del rango máximo permisible.

4.1.7 Resultados de cinc (Zn)

Tabla 25. Resultados obtenidos de cinc en el relleno sanitario

PUNTOS	CINC (mg/l)		
	MES 1 (21/11/2018)	MES 2 (21/12/2018)	MES 3 (21/01/2019)
SEDIMENTADOR	0,271 ± 0,2	0,427 ± 0,2	0,414 ± 0,2
ENTRADA AL HUMEDAL ARTIFICIAL	0,26 ± 0,2	0,362 ± 0,2	0,295 ± 0,2
DESCARGA FINAL	0,188 ± 0,2	0,245 ± 0,2	0,282 ± 0,2
LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	5,0	5,0	5,0

Se muestra el promedio ± desviación estándar, para n= 3

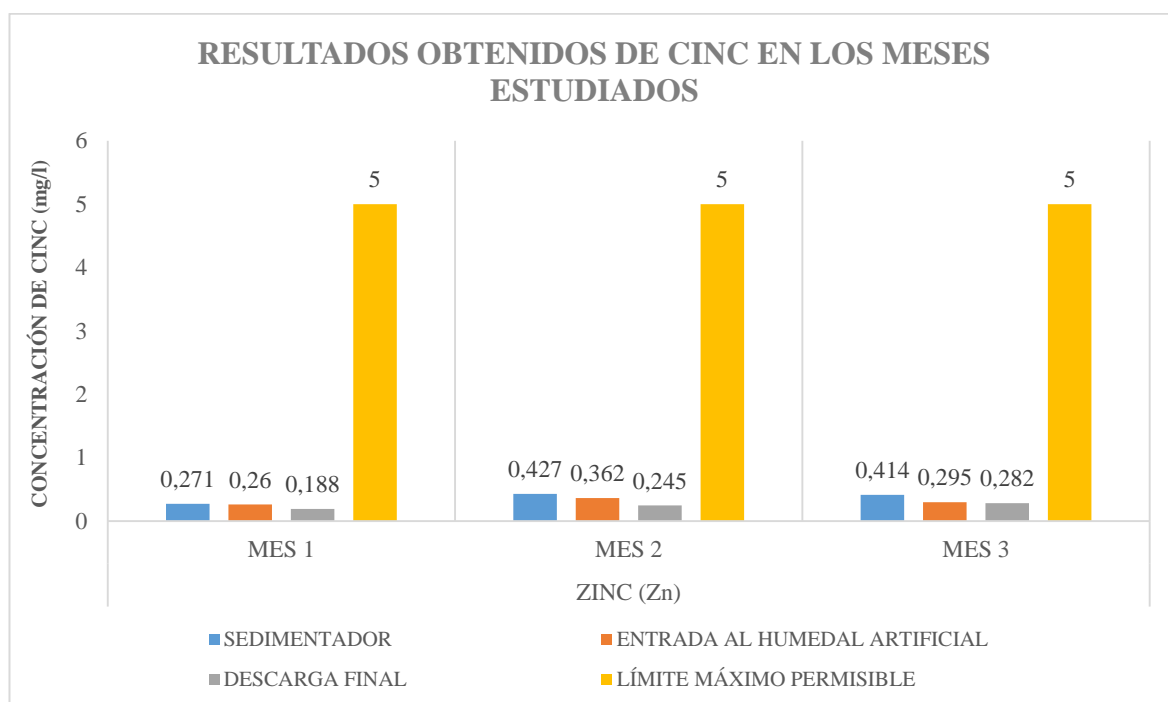


Figura 17. Resultados de cinc

Según la figura 17 los valores de cinc van de un valor máximo de 0,427mg/l a un valor mínimo de 0,188 mg/l, el sedimentador tiene un valor promedio de 0,37 mg/l; la entrada al humedal artificial un valor promedio de 0,305 mg/l y la descarga final un valor promedio de 0,238 mg/l, el humedal artificial si se encuentra removiendo este metal ya que se encuentra dentro del rango máximo permisible de la Norma de Calidad Ambiental 097 A. La presencia de este metal se debe a que no se realiza un buen reciclaje de la basura y existe basura que presenta este metal como las baterías de las computadoras portátiles y restos acero; también puede ser por el tipo de suelo como las rocas.

4.1.8 Resultados de cobre (Cu)

Tabla 26. Resultados obtenidos de cobre en el relleno sanitario

PUNTOS	COBRE (mg/l)		
	MES 1 (21/11/2018)	MES 2 (21/12/2018)	MES 3 (21/01/2019)
SEDIMENTADOR	0,948 ±0,2	1,057 ±0,2	1,718 ±0,2
ENTRADA AL HUMEDAL ARTIFICIAL	0,641 ±0,2	0,956 ±0,2	0,912 ±0,2
DESCARGA FINAL	0,129 ±0,2	0,215 ±0,2	0,561 ±0,2
LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	1,0	1,0	1,0

Se muestra el promedio ± desviación estándar, para n= 3

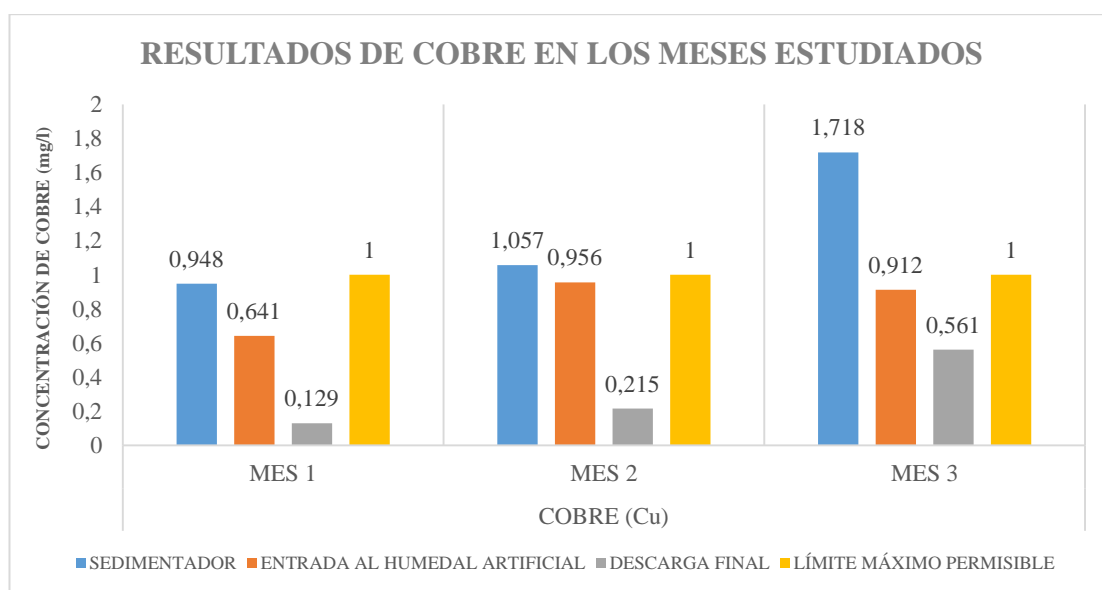


Figura 18. Resultados de Cobre

Según la figura 18 los valores de cobre tienen un valor máximo de 1,718 mg/l y un valor mínimo de 0,129 mg/l; el valor promedio del sedimentador es 1,241 mg/l; la entrada al humedal artificial un valor promedio de 0,836 mg/l y la descarga final un valor promedio de 0,301 mg/l; como se puede observar el humedal artificial si está cumpliendo con su función ya que si se encuentra removiendo este metal ya que al ingresar en el mismo disminuye la concentración y los resultados están dentro del rango máximo permisible de la Norma de Calidad Ambiental 097 A. La presencia de este metal se debe a que no hay un buen reciclaje de la basura y a la presencia de restos de cables eléctricos, equipos electrónicos y otros elementos eléctricos.

4.1.9 Resultados de arsénico (As)

Tabla 27. Resultados obtenidos de arsénico en el relleno sanitario

ARSÉNICO (mg/l)			
PUNTOS	MES 1 (21/11/2018)	MES 2 (21/12/2018)	MES 3 (21/01/2019)
SEDIMENTADOR	0,053 ±0,2	0,041 ±0,2	0,018 ±0,2
ENTRADA AL HUMEDAL ARTIFICIAL	0,041 ±0,2	0,039 ±0,2	0,013 ±0,2
DESCARGA FINAL	0,013 ±0,2	0,006 ±0,2	0,006 ±0,2
LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	0,1	0,1	0,1

Se muestra el promedio ± desviación estándar, para n= 3

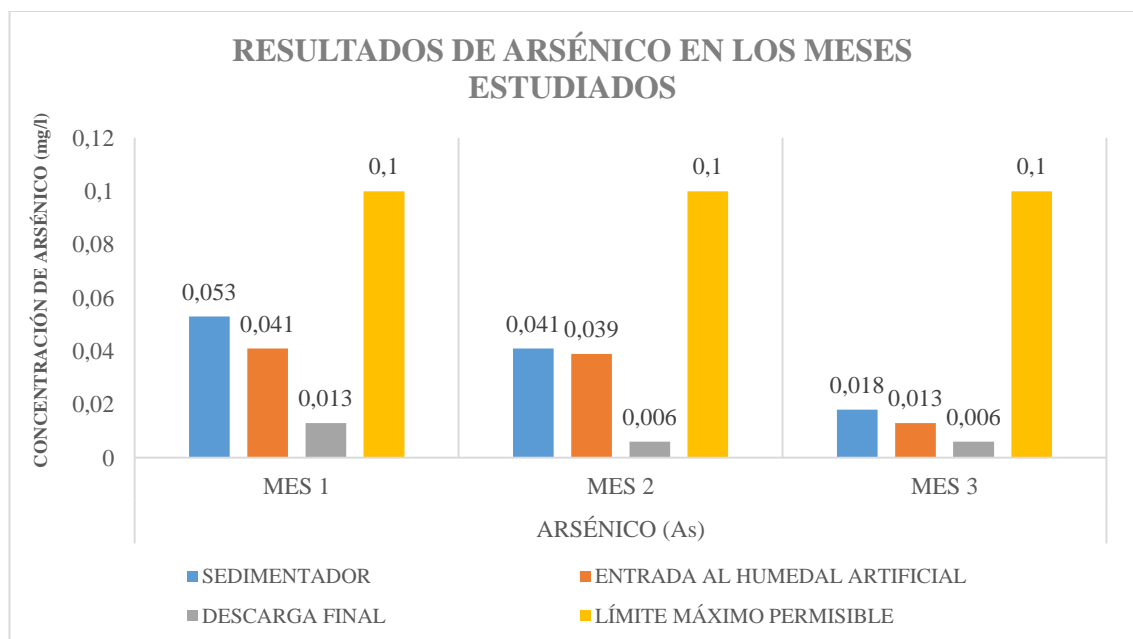


Figura 19. Resultados de arsénico

Según la figura 19 los valores de arsénico tienen un valor máximo de 0,053 mg/l y un valor mínimo de 0,006mg/l; el valor promedio del sedimentador es 0,037 mg/l; la entrada al humedal artificial un valor promedio de 0,031 mg/l y la descarga final un valor promedio de 0,008mg/l; los datos son similares en los tres meses, como se puede observar al salir del humedal artificial disminuyó la concentración de arsénico esto quiere decir que el humedal artificial si está removiendo este metal y están dentro del rango máximo permisible de la Norma de Calidad Ambiental 097 A. La presencia de este metal se debe a que se encuentra restos de basura como semiconductores y componentes de semiconductores; también por el tipo de suelo ya que este metal es muy común en rocas y suelos en la hidrósfera y biosfera.

4.1.10 Resultados de mercurio (Hg)

Tabla 28. Resultados obtenidos de mercurio en el relleno sanitario

MERCURIO (mg/l)			
PUNTOS	MES 1 (21/11/2018)	MES 2 (21/12/2018)	MES 3 (21/01/2019)
SEDIMENTADOR	0,65 ±0,2	0,67 ±0,2	0,88 ±0,2
ENTRADA AL HUMEDAL ARTIFICIAL	0,64 ±0,2	0,64 ±0,2	0,66 ±0,2
DESCARGA FINAL	0,59 ±0,2	0,51 ±0,2	0,61 ±0,2
LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	0,005	0,005	0,005

Se muestra el promedio ± desviación estándar, para n= 3

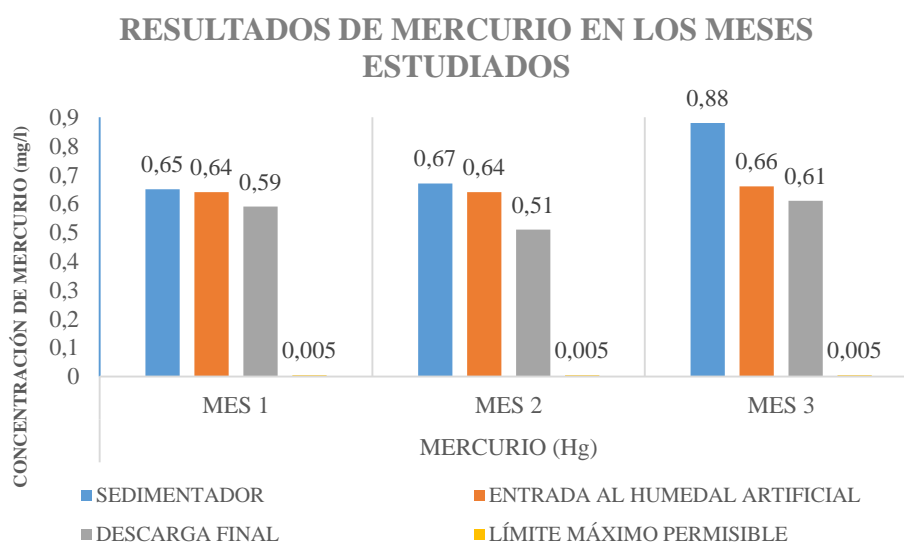


Figura 20. Resultados de mercurio

Según la figura 20 los valores de arsénico tienen un valor máximo de 0,88 mg/l y un valor mínimo de 0,51mg/l; el valor promedio del sedimentador es 0,73 mg/l; la entrada al humedal artificial un valor promedio de 0,64 mg/l y la descarga final un valor promedio de 0,57mg/l; como se puede observar los datos son similares y no están dentro del rango permisible de la Norma de Calidad Ambiental 097 A, esto quiere decir que el humedal artificial no está removiendo este metal por lo tanto se lo debería dar un tratamiento previo debido a que el mercurio es no esencial para los seres vivos y es perjudicial para la salud. La presencia de este metal se debe a los restos de basura como espejos, lámparas de vapor, pinturas, aparatos de medición, pesticidas y fungicidas.

4.2 Cálculos

En este apartado se presentan las fórmulas empleadas para los distintos cálculos y algunos ejemplos

Cálculo de caudal

Dimensiones:

ancho: 3m

nivel de agua: 1,5m

velocidad de escurrimiento: 0.95m/h

$$Q = S * V$$

(Ecuación 9)

Dónde:

Q= Caudal en m^3/s

S= Superficie en m^2

V= Velocidad de escurrimiento

$$s = a * h$$

$$s = 3m * 1,5m$$

$$s = 4,5 m^2$$

$$Q = s * v$$

$$Q = 4,5m^2 * 0.95m/h$$

$$Q = 4,3m^3/h$$

Tiempo de retención

Dimensiones:

$$Q = 4,3 \text{ m}^3/\text{h}$$

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

(Ecuación 10)

Dónde:

T = Tiempo de retención en horas

Q= Caudal

V= Volumen del tanque

Tiempo de retención del sedimentador

$$Q = 4,3 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V = 1,5\text{m} * 3\text{m} * 4,9\text{m}$$

$$V = 22,05 \text{ m}^3$$

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

$$t = \frac{22,05 \text{ m}^3}{4,3\text{m}^3/\text{h}}$$

$$t = 5,12 \text{ h}$$

Tiempo de retención del pozo entrada al humedal artificial

$$Q = 4,3 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V = 1\text{m} * 3\text{m} * 4,5\text{m}$$

$$V = 13,5 \text{ m}^3$$

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

$$t = \frac{13,5 \text{ m}^3}{4,3\text{m}^3/\text{h}}$$

$$t = 3,14 \text{ h}$$

Tiempo de retención del humedal artificial

$$Q = 4,3 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V = 18\text{m} * 6\text{m} * 1,5\text{m}$$

$$V = 162 \text{ m}^3$$

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

$$t = \frac{162 \text{ m}^3}{4,3\text{m}^3/\text{h}}$$

$$t = 37,67 \text{ h}$$

Cálculo de la carga de lodo

La carga orgánica es de: 285 mg DBO₅

Materias sólidas: 5g/l

$$C_m = \frac{C_v}{MS}$$

(Ecuación 11)

Dónde:

C_m : Carga de la masa de DBO₅

C_v : Carga volumétrica de DBO₅

MS : Contenido en materias secas kg/m^3

Determinación de la carga volumétrica

$$C_v = \frac{C * c}{V_{TA}}$$

(Ecuación 12)

Dónde:

V_{TA} : Volumen del tanque de activación m^3

C : Cantidad de agua m^3/d

c : Concentración en mg/l

Al resultado C y c es la carga L

$$L = C \cdot c$$

(Ecuación 13)

$$L = 128,25 \text{ kg/d}$$

$$C_v = \frac{L}{V_{TA}}$$

$$C_v = 0,285 \text{ kgDBO}_5$$

Con la carga volumétrica se calcula la carga de la masa.

$$C_m = \frac{0,285}{5}$$

$$C_m = 0,057 \text{ kgDBO}_5$$

4.3 Estrategias para controlar los impactos negativos en la generación de lixiviados.

La construcción de un reactor biológico – reactor UASB ayudaría a controlar los impactos negativos en la generación de lixiviados debido a que es de alta eficiencia y simplicidad ya que la construcción es simple y económico y requiere de poco espacio; el consumo de energía es bajo ya que funciona a temperatura ambiente. Es un biorreactor anaerobio tubular de flujo ascendente, es decir el líquido o el lodo ingresa por la parte inferior y sale por la parte superior del biorreactor. Es utilizado para el tratamiento de aguas residuales con alta carga orgánica a una temperatura de 20°C a 35°C, a esta temperatura logra remover hasta un 80% DQO y DBO₅. **(Kennedy & Lentz, 2000)**

Construir un tanque imhoff es otra de las alternativas porque separa los lodos del efluente, puede ser de forma rectangular o circular consiste en 3 compartimientos una cámara de sedimentación, cámara de digestión de lodos y área de ventilación y acumulación de las natas. Son capaces de eliminar entre el 30 y 40% de DBO y un 40 A 60% de la materia orgánica en suspensión. No consume energía, poco mantenimiento, no requiere de personal capacitado y son ideales para ciudades pequeñas como el Cantón Baños de Agua Santa. **(Sasse, L. (1998)**

Aplicar una sal de aluminio (Sulfato de aluminio $(Al)_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$) al humedal artificial y al sedimentador es ideal para el tratamiento de aguas residuales y purificación de aguas en el cual actúa como un agente coagulante y ayuda a eliminar impurezas y es un método económico. **(Calcinor; 2015)**

La cal también es una buena opción porque es muy utilizada para el tratamiento de aguas residuales y lodos y para mejorar la calidad del agua para consumo humano, y es un proceso sencillo y económico, Actúa eliminando impurezas, elimina la turbiedad, neutraliza la acidez. **(Calcinor; 2015)**

El uso de plantas acuáticas para el tratamiento de aguas residuales es una buena opción por ejemplo las plantas de totora (*Scirpus californicus*) es una hierba acuática perenne, oscila los 4 metros de altura, de la cual la mitad se encuentra sumergida bajo el agua y la otra mitad sobre la superficie, esta planta crece en lagunas, zonas pantanosas, huachiques y se caracterizan por crecer en hábitats acuáticos y humedales. **(ECURED; 2016)**

4.4 Verificación de hipótesis

Tabla 29. Parámetros obtenidos del mes 1

PARÁMETROS	UNIDAD	DESCARGA FINAL	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	DETALLE
• Demanda bioquímica de oxígeno DBO_5	mg/l	144	100	NO CUMPLE
• Demanda química de oxígeno DQO	mg/l	303	250	NO CUMPLE
• Potencial de hidrógeno pH	mg/l	8,11	5 - 9	CUMPLE
• Sólidos totales ST	mg/l	1716	1600	NO CUMPLE
• Conductividad	mS/cm	21,2	-	-
• Temperatura	-	17,3	< 35	CUMPLE
• Zinc (Zn)	mg/l	0,188	5,0	CUMPLE
• Cobre (Cu)	mg/l	0,129	1,0	CUMPLE
• Arsénico (As)	mg/l	0,013	0,1	CUMPLE
• Mercurio (Hg)	mg/l	0,59	0,005	NO CUMPLE

Tabla 30. Parámetros obtenidos del mes 2

PARÁMETROS	UNIDAD	DESCARGA FINAL	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	DETALLE
• Demanda bioquímica de oxígeno DBO_5	mg/l	218	100	NO CUMPLE
• Demanda química de oxígeno DQO	mg/l	471	250	NO CUMPLE
• Potencial de hidrógeno pH	mg/l	8,15	5 - 9	CUMPLE
• Sólidos totales ST	mg/l	1198	1600	CUMPLE
• Conductividad	mS/cm	21,1	-	-
• Temperatura	-	16,2	< 35	CUMPLE
• Zinc (Zn)	mg/l	0,245	5,0	CUMPLE
• Cobre (Cu)	mg/l	0,215	1,0	CUMPLE
• Arsénico (As)	mg/l	0,006	0,1	CUMPLE
• Mercurio (Hg)	mg/l	0,51	0,005	NO CUMPLE

Tabla 31. Parámetros obtenidos del mes 3

PARÁMETROS	UNIDAD	DESCARGA FINAL	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	DETALLE
• Demanda bioquímica de oxígeno DBO_5	mg/l	218	100	NO CUMPLE
• Demanda química de oxígeno DQO	mg/l	471	250	NO CUMPLE
• Potencial de hidrógeno pH	mg/l	8,58	5 - 9	CUMPLE
• Sólidos totales ST	mg/l	966	1600	CUMPLE
• Conductividad	mS/cm	19,7	-	-
• Temperatura	-	14,5	< 35	CUMPLE
• Zinc (Zn)	mg/l	0,282	5,0	CUMPLE
• Cobre (Cu)	mg/l	0,561	1,0	CUMPLE
• Arsénico (As)	mg/l	0,006	0,1	CUMPLE
• Mercurio (Hg)	mg/l	0,61	0,005	NO CUMPLE

Según los resultados obtenidos se acepta la hipótesis alternativa porque algunas de las propiedades físico-químicas analizadas en este proyecto de investigación si cumplen con la normativa vigente sobre los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce establecida en la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes del Recurso de Agua establecida en el Acuerdo Ministerial 097 A.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Se logró cuantificar metales pesados como el zinc, arsénico, mercurio y cobre, de muestras de lixiviado provenientes de residuos sólidos urbanos del relleno sanitario del cantón Baños de Agua Santa; según los resultados obtenidos el metal mercurio sobrepasa el límite permisible en los tres meses diferentes en el punto de descarga final noviembre (0,59 mg/l), diciembre (0,51 mg/l) y enero (0,61 mg/l), esta descarga cae a una quebrada y con la lluvia es deslizado al río Chambo que se une al río Pastaza; para el mes de enero se encontró un aumento la concentración de mercurio, probablemente por el ingreso de basura que contenían este elemento.
- Se logró muestrear y caracterizar el sedimentador, la entrada al humedal artificial y la descarga final varios parámetros físicos como la temperatura, conductividad, pH; y parámetros químicos como DBO_5 , DQO, sólidos totales, zinc, cobre, arsénico y mercurio. Al pasar el sedimentador y a la descarga final disminuyó la concentración de los parámetros. Según los resultados obtenidos el humedal no está removiendo en su totalidad los parámetros como DBO_5 , DQO y mercurio en los meses de noviembre, diciembre y enero.
- Se logró comparar los resultados con la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua establecida en el Acuerdo Ministerial 097 A; para todos los meses estudiados el pH; conductividad, temperatura, sólidos totales, cinc, cobre y arsénico se encontraron dentro del rango máximo permisible mientras que la demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno y mercurio sobrepasan el límite máximo permisible.

- Se recomendó como propuesta de mejora construir un reactor biológico como el UASB, un Tanque Imhoff, sembrar plantas *Heliconia psittacorum* para mejorar el funcionamiento del humedal artificial.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un adecuado reciclaje de la basura que contiene mercurio por ejemplo restos de espejos, lámparas, pinturas, aparatos de medición, restos de pesticidas y fungicidas, ya que es muy importante para la preservación del medio ambiente y se evita el desperdicio de la materia prima y recursos no renovables; se evita la contaminación y mejorar la condición de nuestro planeta.
- Dar un tratamiento al humedal artificial por ejemplo sembrar nuevamente totoras u otro tipo de plantas acuáticas, también darle un tratamiento químico como aplicar sulfato de aluminio.
- Realizar una inspección, limpieza y la remoción de lodos a la planta de tratamiento cada seis meses para evitar la acumulación de lodos y el mal funcionamiento del mismo.
- Construir un reactor biológico como el UASB que logra remover hasta un 80% DQO y DBO₅, es de alta eficiencia y simplicidad ya que la construcción es simple y económico y requiere de poco espacio; otra alternativa es construir un Tanque Imhoff que son capaces de eliminar entre el 30 y 40% de DBO₅ y un 40 a 60% de la materia orgánica en suspensión, no consume energía, poco mantenimiento, no requiere de personal capacitado y son ideales para ciudades pequeñas y aumentar al humedal artificial aparte de las totoras que ya se encuentran sembradas, sembrar plantas *Heliconia psittacorum* que son muy usadas en la remoción de aguas residuales y metales pesados y también dar tratamiento químico con sulfato de amonio o la cal.
- Buscar otras estrategias para la determinación de mercurio que evite la posible pérdida durante el tratamiento de la muestra.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abad , L. C. (2016). *Estimación de la concentración de material particulado menor a 10 micras a través de sensores remotos en el área urbana de la ciudad de Cuenca*. Cuenca .
- American Public Health Association . (1992). *Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Abad , L. C. (2016). *Estimación de la concentración de material particulado menor a 10 micras a través de sensores remotos en el área urbana de la ciudad de Cuenca*. Cuenca .
- American Public Health Association . (1992). *Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- APHA-AWWA-WEF (2005). *Standard Methods for the examination of water and wastewater. 21st Edition*. American Public Health Association. American Water Works Association. Water Environment Federation. USA.
- Ávila, Deimer, Silva. (2010) "Tratamiento de lixiviados diluido con aguas residuales en una planta piloto a escala de un sistema de lodos activados con el fin de lograr un efluente óptimo" Disponible en: http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/3292/1/avila_ad.pdf. Lima- Perú.
- Borzacconi, Liliana, López Iván, Anido Carlos; (1996) ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS EN UN RELLENO SANITARIO. Universidad de la República- Uruguay. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/resisoli/peru/urgres001.pdf>
- Calcinor; 2015 "Reactivos químico para tratamiento de aguas residuales" Disponible en: <https://www.calcinor.com/es/actualidad/2017-03-16/cal-tratamiento-de-aguas/> (Consultado 09/04/2019)
- COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA (1998) "Métodos de proyección de población" Disponible en: https://www.academia.edu/1471987/M%C3%89TODOS_de_PROYECCI%C3%93N_de_POBLACI%C3%93N (Consultado 04/04/2019)
- Corena, M. (2018). *Sistema de tratamiento para lixiviados generados en rellenos sanitarios*. Sincerejo: Universidad de Sucre.

- CLICKMICA, 2014 “Qué significa, como se utiliza y medición de pH "Disponible en:
<https://clickmica.fundaciondescubre.es/conoce/100-preguntas-100-respuestas/se-mide-ph> (Consultado 14/04/2019).
- CLIMATE-DATA; 2018 “Clima Baños De Agua Santa”
 Disponible en:<https://es.climatedata.org/america-del-sur/ecuador/provincia-detungurahua/banos-12719/>
- ECURED; 2016. “TOTORAS (*Scirpus californicus*)” Disponible en:
<https://www.ecured.cu/Typha>.
- EDAR; 2013 “Procedimientos de recogidas de muestras” Disponible en:
http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/CURSO/UNI_02/u2c3s2.htm#Anchor6 (Consultado 04/04/2019)
- El Heraldo. (10 de noviembre de 2014). *Gobierno asumirá plantas de procesamiento*.
 Obtenido de <http://www.elheraldo.com.ec/heraldo/index.php?fecha=2014-12-16&seccion=Ciudad¬icia=48773>
- Empresa Municipal de Gestión de Desechos Sólidos de Ambato (GIDSA). (22 de noviembre de 2017). *En Ambato se formaliza labor de los recicladores*.
 Obtenido de <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/regional/1/en-ambato-se-formaliza-labor-de-los-recicladores>.
- GARAY, J., PANIZZO, L. (1993). Manual de técnicas analíticas para la determinación de parámetros fisicoquímicos y contaminantes marino. Disponible en:
<https://www.coursehero.com/file/p3gia4b6/Manual-de-t%C3%A9cnicas-anal%C3%ADticas-para-la-determinaci%C3%B3n-de-par%C3%A1metros/>
- García, J., Corzo, A., 2008. Humedales subsuperficiales horizontales en la depuración de aguas oleosas. Cinética de remoción de DQO. Universidad Central de las Villas. Disponible en:https://www.researchgate.net/publication/33422601_Depuracion_con_Humedales_Construidos_Guia_Practica_de_Disenio_Construccion_y_Explotacion_de_Sistemas_de_Humedales_de_Flujo_Subsuperficial.
- Giraldo, E., (2001). Tratamiento De Lixiviados De Rellenos Sanitarios. Universidad de Los Andes. Agricultura e Ingeniería cultivando futuro. Disponible en:
<https://ojsrevistaing.uniandes.edu.co/ojs/index.php/revista/article/view/538>

Giuliano, V., Pagnanelli, F. (2004). Secuencia de extracción de metales pesados en los sedimentos del río de una zona minera abandonada Pirita: La detección de la contaminación y de la Serie Affinity. Revista La contaminación del medio ambiente.

GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA (GADBAS); 2014. “DIAGNÓSTICO “Disponible en: http://app.sni.gob.ec/snmlink/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/1860000480001_Diagn%C3%B3stico%20GADBAS%20VF_16-03-2015_03-31-23.pdf (Consultado 04/04/2019)

GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA (GADBAS); 2017. Disponible en: <https://municipiobanos.gob.ec/banos/index.php/es/>

Harris, D. (2003). *Análisis químico cuantitativo*. Barcelona: Reverté S.A.

Herrera Murrillo , J., & Rodriguez Román , S. (2010). *Validación de un método de análisis para la determinación de metales pesados en partículas PM10 colectadas en aire ambiente*. Costa Rica.

IDEAM; (2004) “DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS TOTALES CON DIGESTIÓN ACIDA Y SOLUBLES LECTURA DIRECTA POR ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA” Disponible en : <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Metales+en+agua+por+Absorci%C3%B3n+At%C3%B3mica..pdf/e233a63d-378c-4f83-9311-d9375043cf2a> (Consultado 1/04/2019)

INEC; (2016) Instituto Nacional de Estadística y Censos. Disponible en: (<http://www.ecuadorencifras.gob.ec/segun-la-ultima-estadistica-de-informacion-ambiental-cada-ecuatoriano-produce-058-kilogramos-de-residuos-solidos-al-dia/>)

INSHT; 2010 “Determinación de arsénico, de sus compuestos en forma particulada y de vapores de trióxido de arsénico en aire - Método de generación de hidruros/ Espectrofotometría de absorción atómica” Disponible en: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/MetodosAnalisis/Ficheros/MA/MA_035_A96.pdf (Consultado 01/04/2019).

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI); 2019 “Parámetros del clima enviados al correo institucional de la autora del proyecto de investigación. (Consultado 15/03/2019)

INVEMAR; (2003). “MANUAL DE TÉCNICAS ANALÍTICAS PARA LA DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y CONTAMINANTES MARINOS (AGUAS, SEDIMENTOS Y ORGANISMOS)” Disponible en: <http://www.invemar.org.co/redcostera1/invemar/docs/7010manualTecnicasanaliticas..pdf>

Izquierdo, C. (2015) Evaluación de la distribución del contenido total y biodisponibles de los metales pesados, Cu, Cd, Pb y Hg en sedimentos superficiales. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/William_Senior4/publication/283733140_Evaluacion_de_la_distribucion_del_contenido_total_y_biodisponibles_de_los_metales_pesados_Cu_Cd_Pb_y_Hg_en_sedimentos_superficiales_del_estero_de_Santa_Rosa_Provincia_De_El_Oro_Ecuador.

Jefatura de Medio Ambiente; 2019 Gobierno Descentralizado del Cantón Baños de Agua Santa.

Kennedy, K. J., Lentz, E. M. (2000) Treatment of landfill leachate using sequencing batch and continuous flow upflow anaerobic sludge blanket reactors. *Water Resource* 34 (14): 3640-3656.

Kim, J, Park, C, Kim, T-H, Lee, M, Kim, S, Kim, S-W, Lee, J 1999, ‘Effects of Various Pretreatments for Enhanced Anaerobic Digestion with Waste Activated Sludge,’ *J. Biosci. Bioeng.*, 95(3), 271-275.

Köfalusi, G., & Aguilar, G. (2015). *Gestión sostenible de los residuos sólidos*. Ciudad de México: Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental. Dirección de Investigación en Residuos y Sitios Contaminados.

MAE-TULSMA ANEXO 1; 2015 NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES : RECURSO AGUA LIBRO VI ANEXO 1 Disponible en: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf>

- Méndez R.; Sandoval E.; Sauri M.; Castillo E.; (2012) “Influencia del material de cubierta en la composición de los lixiviados de un relleno sanitario” Disponible en: <https://www.redalyc.org/html/467/46760201/>
- Ministerio del Ambiente. (2015). *Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua*. Quito: Registro Oficial.
- Nieboer, E. y Richardson, D. S. (1980). La sustitución de los metales pesados anodinos, plazo por clasificación biológica y químicamente significativa de iones metálicos. Reinar. Contaminación / Ser.
- Lahora, A. (2002). Depuración de aguas residuales mediante humedales artificiales: LaEDAR de los Gallardos (Almería).
- Lara Porras, A.M. (2000). “Diseño Estadístico de Experimentos, Análisis de la Varianza: Tratamiento Informático mediante SPSS.” Proyecto Sur de Ediciones. Disponible en: <http://wpd.ugr.es/~bioestad/wp-content/uploads/Factorial-tres-factores.pdf> (Consultado:01/04/2019)
- LEÓN Carlos; (2017) Jefe de Medio Ambiente del Gobierno Descentralizado del Cantón Baños de Agua Santa- Encargado del Relleno Sanitario.
- Pilon-Smits, E., 2005. Phytoaccumulation of Arsenic, Cadmium and Lead by Brassica juncea Parents and Their F1 Hybrids Disponible en: [https://www.scirp.org/\(S\(lz5mqp453edsnp55rrgjt55\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1726204](https://www.scirp.org/(S(lz5mqp453edsnp55rrgjt55))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1726204)
- Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15862088> [Accessed August 26, 2011].
- Pohland, F.G., Harper, S.R. (1985), Assessment of groundwater contamination by leachate near a municipal solid waste landfill. African Journal of Environmental Science and Technology. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Adebayo_Otitolaju/publication/255178792_Assessment_of_Groundwater_Contamination_by_Leachate_near_a_Municipal_Solid_Waste_Landfill/links/00b4952093fd741108000000.pdf
- QUINTERO Alejandro; (2016) “EFECTO DE LOS LIXIVIADOS DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LAS PROPIEDADES GEOTÉCNICAS DE UN SUELO TROPICAL” Universidad Nacional de Colombia. Disponible en(<http://bdigital.unal.edu.co/55088/1/1037583487.2016.pdf>)

- Renou, S. et al., 2008. Biodegradability enhancement of municipal landfill leachate
 Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1674237015300430>
- Robles, F., Morales, Y., & Piña, A. (2011). *Medición de pH y cuantificación de metales pesados en los lixiviados de relleno sanitario*. México: Instituto Politécnico Nacional.
- Sasse, L. (1998) Decentralised Wastewater Treatment in Developing Countries.
 Disponible en: <http://alianzaporelagua.org/Compendio/tecnologias/t/t9.html>
 (Consultado 07/04/2019)
- SAWYER, C.; McCARTY, P. (1996) Chemistry for Environmental Engineering.
 McGraw Hill, New York.
- SIN (2015) DIAGNÓSTICO DE LA PARROQUIA RURAL ULBA (Disponible
http://app.sni.gob.ec/snmlink/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/1865019340001_Diagn%C3%B3stico%20Ulba%20Ago15%20corrV2_17-08-2015_15-06-31.pdf
- Solarte, J., (2012). Efecto de la concentración de metales pesados en la respuesta fisiológica y capacidad de acumulación de metales de tres especies vegetales tropicales empleadas en la fitorremediación de lixiviados provenientes de rellenos sanitarios. Universidad del Valle Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/inco/v16n2/v16n2a16.pdf>
- Torres P.; Barba L.; Ojeda C.; Martínez J.; Castaño Y.; (2014) “*Influencia de la edad de lixiviados sobre su composición físico-química y su potencial de toxicidad*”
 Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v17n1/v17n1a27.pdf>
- Urzelai, A., (2001) “Potencial de fitorremediación de especies vegetales” Ingeniería Química Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2532993>
- US – EPA (2000). Washington, D.C. Folleto informativo de tecnologías de aguas residuales. Humedales de flujo subsuperficial. Disponible en: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/P1007MFF.TXT?ZyActionD=ZyDocu>

ment&Client=EPA&Index=2000+Thru+2005&Docs=&Query=&Time=&En
dTime=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&Q
FieldYear=&QFieldMonth=&QFi

Villalba Diego; 2016; Director de Ambiente del Municipio de Ibarra. Disponible en:

<http://especiales.elcomercio.com/planeta-ideas/planeta/11-octubre-del-2015/las-totoras-purifican-las-lagunas>

ANEXOS

Anexo A. Fotografías de la recolección de muestras



Figura 21. Recolección de la muestra en el punto 1 sedimentador



Figura 22. Recolección de la muestra en el punto 2 entrada al humedal artificial



Figura 23. Recolección de la muestra en el punto 3 descarga final



Figura 24. Muestras en botellas de vidrio
Anexo B. Fotografías de la parte experimental



Figura 25. Filtración de las muestras

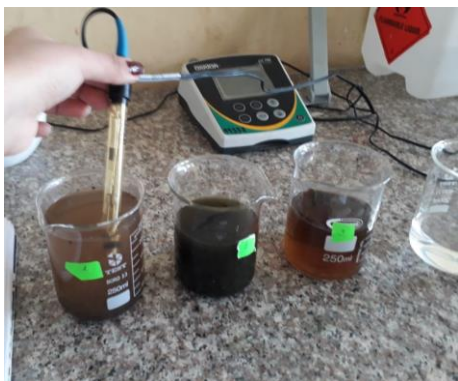


Figura 26 Determinación de pH y conductividad



Figura 27. Muestras en cenizas



Figura 28. Muestras en el desecador



Figura 29. Pesaje de la muestra + cápsula



Figura 30. Muestras en la mufla



Figura 31. Digestión de las muestras



Figura 32. Preparación de estándares



Figura 33. Determinación de metales en el espectrofotómetro de absorción atómica



Figura 34. Relleno Sanitario del Cantón Baños de Agua Santa.



INFORME DE ANÁLISIS

Nombre: Grace Valeria Guevara Naranjo

Número de muestras: 3

Fecha de Recepción: 21/11/2018

Tipo de muestra: Lixiviado, relleno sanitario del cantón Baños de Agua Santa

Pozo 1: Sedimentador

Pozo 2: Entrada al humedal artificial

Pozo 3: Descarga Final

RESULTADO DE ANÁLISIS

Tabla 1: Sedimentador

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADO	FECHA DE ANÁLISIS
pH	-	8,15	21/11/2018
Conductividad	ms/cm	20,4	21/11/2018
Temperatura	°C	16,9	21/11/2018
Sólidos Totales	mg/l	9142	22/11/2018
Zinc	mg/l	0,271	4/12/2018
Cobre	mg/l	0,948	11/12/2018
Arsénico	mg/l	0,053	18/12/2018
Mercurio	mg/l	0,65	25/12/2018

FUENTE. LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA Y NUTRICIÓN ANIMAL

REALIZADO POR: Tesista Guevara Naranjo Grace Valeria

DIRIGIDO POR: B.Q.F. ALICIA ZAVALA



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA Y NUTRICIÓN ANIMAL



Tabla 2: Entrada al humedal artificial

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADO	FECHA DE ANÁLISIS
pH	-	8,03	21/11/2018
Conductividad	ms/cm	20,5	21/11/2018
Temperatura	°C	17,2	21/11/2018
Sólidos Totales	mg/l	3636	22/11/2018
Zinc	mg/l	0,260	4/12/2018
Cobre	mg/l	0,641	11/12/2018
Arsénico	mg/l	0,041	18/12/2018
Mercurio	mg/l	0,64	25/12/2018

FUENTE. LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA Y NUTRICIÓN ANIMAL

REALIZADO POR: Tesista Guevara Naranjo Grace Valeria

DIRIGIDO POR: B.Q.F. ALICIA ZAVALA

Tabla 3: Descarga Final

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADO	FECHA DE ANÁLISIS
pH	-	8,11	21/11/2018
Conductividad	ms/cm	21,2	21/11/2018
Temperatura	°C	17,3	21/11/2018
Sólidos Totales	mg/l	1716	22/11/2018
Zinc	mg/l	0,188	4/12/2018
Cobre	mg/l	0,129	11/12/2018
Arsénico	mg/l	0,013	18/12/2018
Mercurio	mg/l	0,59	25/12/2018

FUENTE. LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA Y NUTRICIÓN ANIMAL

REALIZADO POR: Tesista Guevara Naranjo Grace Valeria

DIRIGIDO POR: B.Q.F. ALICIA ZAVALA

Los resultados de este informe corresponden únicamente a las muestras analizadas; cabe recalcar que estos análisis fueron realizados por la autora del Trabajo de Titulación.



INFORME DE ANÁLISIS

Nombre: Grace Valeria Guevara Naranjo

Número de muestras: 3

Fecha de Recepción: 21/12/2018

Tipo de muestra: Lixiviado, relleno sanitario del cantón Baños de Agua Santa

Pozo 1: Sedimentador

Pozo 2: Entrada al humedal artificial

Pozo 3: Descarga Final

RESULTADO DE ANÁLISIS

Tabla 4: Sedimentador

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADO	FECHA DE ANÁLISIS
pH	-	8,56	21/12/2018
Conductividad	ms/cm	20,8	21/12/2018
Temperatura	°C	15,3	21/12/2018
Sólidos Totales	mg/l	8564	24/12/2018
Zinc	mg/l	0,427	04/01/2019
Cobre	mg/l	1,057	11/01/2019
Arsénico	mg/l	0,041	17/01/2019
Mercurio	mg/l	0,67	24/01/2019

FUENTE. LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA Y NUTRICIÓN ANIMAL

REALIZADO POR: Tesista Guevara Naranjo Grace Valeria

DIRIGIDO POR: B.Q.F. ALICIA ZAVALA



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA Y NUTRICIÓN ANIMAL



Tabla 5: Entrada al humedal artificial

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADO	FECHA DE ANÁLISIS
pH	-	7,95	21/12/2018
Conductividad	ms/cm	21,0	21/12/2018
Temperatura	°C	15,9	21/12/2018
Sólidos Totales	mg/l	6765	24/12/2018
Zinc	mg/l	0,362	04/01/2019
Cobre	mg/l	0,956	11/01/2019
Arsénico	mg/l	0,039	17/01/2019
Mercurio	mg/l	0,64	24/01/2019

FUENTE. LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA Y NUTRICIÓN ANIMAL

REALIZADO POR: Tesista Guevara Naranjo Grace Valeria

DIRIGIDO POR: B.Q.F. ALICIA ZAVALA

Tabla 6: Descarga Final

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADO	FECHA DE ANÁLISIS
pH	-	8,15	21/12/2018
Conductividad	ms/cm	21,1	21/12/2018
Temperatura	°C	16,2	21/12/2018
Sólidos Totales	mg/l	1198	24/12/2018
Zinc	mg/l	0,245	04/01/2019
Cobre	mg/l	0,215	11/01/2019
Arsénico	mg/l	0,006	17/01/2019
Mercurio	mg/l	0,51	24/01/2019

FUENTE. LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA Y NUTRICIÓN ANIMAL

REALIZADO POR: Tesista Guevara Naranjo Grace Valeria

DIRIGIDO POR: B.Q.F. ALICIA ZAVALA

Los resultados de este informe corresponden únicamente a las muestras analizadas; cabe recalcar que estos análisis fueron realizados por la autora del Trabajo de Titulación.



INFORME DE ANÁLISIS

Nombre: Grace Valeria Guevara Naranjo

Número de muestras: 3

Fecha de Recepción: 21/01/2019

Tipo de muestra: Lixiviado, relleno sanitario del cantón Baños de Agua Santa

Pozo 1: Sedimentador

Pozo 2: Entrada al humedal artificial

Pozo 3: Descarga Final

RESULTADO DE ANÁLISIS

Tabla 7: Sedimentador

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADO	FECHA DE ANÁLISIS
pH	-	8,36	21/01/2019
Conductividad	ms/cm	19,7	21/01/2019
Temperatura	°C	13,8	21/01/2019
Sólidos Totales	mg/l	6295	23/01/2019
Zinc	mg/l	0,414	29/01/2019
Cobre	mg/l	1,718	4/02/2019
Arsénico	mg/l	0,018	12/02/2019
Mercurio	mg/l	0,88	18/02/2019

FUENTE. LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA Y NUTRICIÓN ANIMAL

REALIZADO POR: Tesista Guevara Naranjo Grace Valeria

DIRIGIDO POR: B.Q.F. ALICIA ZAVALA



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA Y NUTRICIÓN ANIMAL



Tabla 8: Entrada al humedal artificial

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADO	FECHA DE ANÁLISIS
pH	-	8,53	21/01/2019
Conductividad	ms/cm	19,8	21/01/2019
Temperatura	°C	14,1	21/01/2019
Sólidos Totales	mg/l	5336	23/01/2019
Zinc	mg/l	0,295	29/01/2019
Cobre	mg/l	0,912	4/02/2019
Arsénico	mg/l	0,013	12/02/2019
Mercurio	mg/l	0,66	18/02/2019

FUENTE. LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA Y NUTRICIÓN ANIMAL

REALIZADO POR: Tesista Guevara Naranjo Grace Valeria

DIRIGIDO POR: B.Q.F. ALICIA ZAVALA

Tabla 9: Descarga Final

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADO	FECHA DE ANÁLISIS
pH	-	8,58	21/01/2019
Conductividad	ms/cm	19,7	21/01/2019
Temperatura	°C	14,5	21/01/2019
Sólidos Totales	mg/l	966	23/01/2019
Zinc	mg/l	0,282	29/01/2019
Cobre	mg/l	0,561	4/02/2019
Arsénico	mg/l	0,006	12/02/2019
Mercurio	mg/l	0,61	18/02/2019

FUENTE. LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA Y NUTRICIÓN ANIMAL

REALIZADO POR: Tesista Guevara Naranjo Grace Valeria

DIRIGIDO POR: B.Q.F. ALICIA ZAVALA

Los resultados de este informe corresponden únicamente a las muestras analizadas; cabe recalcar que estos análisis fueron realizados por la autora del Trabajo de Titulación.



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES

Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación No. OAE LE C 12-006

Nº SE: 124- 18

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Grace Guevara

INFORME Nº: 124 - 18

Nº SE: 124- 18

EMPRESA: Proyecto de Tesis UTA

DIRECCIÓN: Baños

FECHA DE RECEPCIÓN: 21 - 11 - 18

TELÉFONO: 0983473875

FECHA DE INFORME: 28 - 11 - 18

NÚMERO DE MUESTRAS: 3, Lixiviado, Relleno Sanitario, Cantón Baños de Agua Santa TIPO DE MUESTRA:

IDENTIFICACIÓN: MA - 338 -18	Pozo 1 Sedimentador	Lixiviado
MA - 339 -18	Entrada Humedal Artificial	Lixiviado
MA - 340-18	Pozo 3 Pozo final	Lixiviado

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

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 338-18

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
Sólidos Totales	mg/l	PE-LSA-04	9142	+/- 6 %	21 - 11 - 18
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	634	N/A	21 - 11 - 18
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D mod	1300	+/- 10 %	21 - 11 - 18

MA - 339-18

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
Sólidos Totales	mg/l	PE-LSA-04	35636	+/- 6 %	21 - 11 - 18
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	720	N/A	21 - 11 - 18
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D mod	1550	+/- 10 %	21 - 11 - 18

MA - 340-18

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
Sólidos Totales	mg/l	PE-LSA-04	1716	+/- 6 %	21 - 11 - 18
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	144	N/A	21 - 11 - 18
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D mod	303	+/- 10 %	21 - 11 - 18

- Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
- Los ensayos marcados con (*) no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.
- 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 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES

Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación No. OAE LE C 12-006

Nº SE: 124- 18

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 22ª EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara R.
Benito Mendoza T., Ph.D.



Dr. Juan Carlos Lara R.
TECNICO L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
- Los ensayos marcados con (*) no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 2 de 2

FMC2101-01

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES

Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación No. OAE LE C 12-006

Nº SE: 013- 19

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Grace Guevara

INFORME Nº: 013 - 19

Nº SE: 013- 19

EMPRESA: Proyecto de Tesis UTA

DIRECCIÓN: Baños

FECHA DE RECEPCIÓN: 21 - 12 - 18

TELÉFONO: 0983473875

FECHA DE INFORME: 28 - 12 - 18

NÚMERO DE MUESTRAS: 3, Lixiviado, Relleno Sanitario, Cantón Baños de Agua Santa TIPO DE MUESTRA:
IDENTIFICACIÓN:

MA - 049 -19	Pozo 1	Lixiviado
MA - 050 -19	Pozo 2	Lixiviado
MA - 051-19	Pozo 3	Lixiviado

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

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 049-19

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	201	N/A	21 - 12 - 18
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D mod	537	+/- 10 %	21 - 12 - 18

MA - 050-19

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	339	N/A	21 - 12 - 18
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D mod	709	+/- 10 %	21 - 12 - 18

MA - 051-19

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	218	N/A	21 - 12 - 18
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D mod	471	+/- 10 %	21 - 12 - 18

- Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
- Los ensayos marcados con (*) no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.
- 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 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES

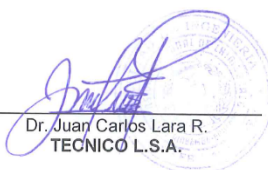
Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación No. OAE LE C 12-006

N° SE: 013-19

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 22ª EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara R.
Benito Mendoza T., Ph.D.


Dr. Juan Carlos Lara R.
TECNICO L.S.A.

-
- Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
 - Los ensayos marcados con (*) no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.
 - Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 2 de 2

FMC2101-01

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES

Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación No. OAE LE C 12-006

N° SE: 031- 19

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Grace Guevara

INFORME N°: 031 - 19

N° SE: 031- 19

EMPRESA: Proyecto de Tesis UTA

DIRECCIÓN: Baños

FECHA DE RECEPCIÓN: 21 - 01 - 19

TELÉFONO: 0983473875

FECHA DE INFORME: 28 - 01 - 19

NÚMERO DE MUESTRAS: 3, Lixiviado, Relleno Sanitario, Cantón Baños de Agua Santa TIPO DE MUESTRA:
IDENTIFICACIÓN:

MA - 074-19	Pozo 1	Lixiviado
MA - 075-19	Pozo 2	Lixiviado
MA - 076-19	Pozo 3	Lixiviado

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

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 074-19

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	594	N/A	21 - 01 - 19
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D mod	1352	+/- 10 %	21 - 01 - 19

MA - 075-19

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	676	N/A	21 - 01 - 19
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D mod	1580	+/- 10 %	21 - 01 - 19

MA - 076-19

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	120	N/A	21 - 01 - 19
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D mod	283	+/- 10 %	21 - 01 - 19

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizad(a)s.
- Los ensayos marcados con (*) no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.
-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 1 ½ vía a Cuano Bloque Administrativo.





LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES

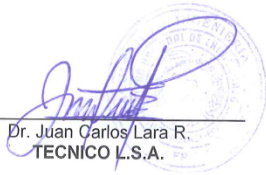
Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación No. OAE LE C 12-006

Nº SE: 031- 19

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 22ª EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara R.
Benito Mendoza T., Ph.D.


Dr. Juan Carlos Lara R.
TECNICO L.S.A.

-
- Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
 - Los ensayos marcados con (*) no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.
 - Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 2 de 2

FMC2101-01

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.