



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

**ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS
NATURALES RENOVABLES**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y
CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE**

**EVALUACIÓN DEL POTENCIAL
FITORREMIADOR DE DOS ESPECIES
(*Pistia stratiotes* L.) y (*Limnobium
laevigatum* R.) PARA EL TRATAMIENTO DE
LIXIVIADOS PRODUCIDOS EN EL RELLENO
SANITARIO DEL CANTÓN CENTINELA DEL
CÓNDOR, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE**

Tesis de grado previa a la obtención del
Título de Ingeniero en Manejo y
Conservación del Medio Ambiente.

AUTOR:

Willam Patricio Cueva Placencia

DIRECTOR:

Ing. Galo Enrique Ramos Campoverde, Mg. Sc.

Zamora – Ecuador

2016

CERTIFICACIÓN

Ing. Galo Enrique Ramos Campoverde. Mg. Sc.

DOCENTE DE LA MODALIDAD DE ESTUDIOS PRESENCIAL DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE DEL PLAN DE CONTINGENCIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA, SEDE ZAMORA.

CERTIFICO:

Que el presente trabajo de titulación denominado: **EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FITORREMIADOR DE DOS ESPECIES (*Pistia stratiotes* L.) y (*Limnobium laevigatum* R.) PARA EL TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS PRODUCIDOS EN EL RELLENO SANITARIO DEL CANTÓN CENTINELA DEL CÓNDOR, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE**, desarrollado por el Sr. Willam Patricio Cueva Placencia, ha sido elaborado bajo mi dirección y cumple con los requisitos de fondo y de forma que exigen los respectivos reglamentos e instructivos.

Por ello autorizo su presentación y sustentación.

Zamora, 07 de noviembre de 2016

Atentamente.



Ing. Galo Enrique Ramos Campoverde. Mg. Sc

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

AUTORÍA

Yo **Willam Patricio Cueva Placencia**, declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi Trabajo de Titulación en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

AUTOR: Willam Patricio Cueva Placencia.

FIRMA:  _____

CÉDULA: 1900477058

FECHA: Zamora, 12 de diciembre de 2016

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.

Yo, **Willam Patricio Cueva Placencia**, declaro ser autor de la Tesis titulada **EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FITORREMEDIAADOR DE DOS ESPECIES (*Pistia stratiotes* L.) y (*Limnobium laevigatum* R.) PARA EL TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS PRODUCIDOS EN EL RELLENO SANITARIO DEL CANTÓN CENTINELA DEL CÓNDOR, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE**, como requisito para optar por el grado de: **INGENIERO EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE**, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Digital Institucional, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la Tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización en la ciudad de Loja, a los doce días del mes de diciembre del dos mil dieciséis, firma el autor:

AUTOR: Willam Patricio Cueva Placencia.

FIRMA: 

CÉDULA: 1900477058

DIRECCIÓN: Zamora, Av. Víctor Reyes Cárdenas y Alonso Maldonado Esq.

CORREO ELECTRÓNICO: pato_1669@hotmail.com

TELÉFONO: 07607122 **CELULAR:** 0996966549

DATOS COMPLEMENTARIOS

DIRECTOR DE TESIS: Ing. Galo Enrique Ramos C, Mg. Sc.

TRIBUNAL DE GRADO

Ing. Osmani López Celi, Mg. Sc. (Presidente)

Ing. Hilter Farley Figueroa Saavedra, Mg. Sc. (Vocal)

Ing. Fausto Ramiro García Vasco, Mg. Sc. (Vocal)

DEDICATORIA

Al creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar a pesar de todas las circunstancias; por ello, con toda la humildad que de mi corazón puede emanar, dedico primeramente mi trabajo a Dios.

A mis padres: Rosa Carmita Placencia y José Miguel Cueva por haberme proporcionado la mejor educación y lecciones de vida, todo lo que hoy soy es gracias a ellos. Ha sido un privilegio ser su hijo, son los mejores padres que un mortal puede tener.

A mi padre, por haberme enseñado que con esfuerzo, trabajo, responsabilidad y constancia todo se consigue, y que en esta vida nadie regala nada y sobre todo por protegerme.

A mi madre, por cada día hacerme ver la vida de una forma diferente, por confiar y apoyarme incondicionalmente en las decisiones más difíciles, por darle razón y sentido a mi vida y sobre todo por mimarme.

A mis amados hermanos: Jason Miguel Cueva y Corayma Rossibel Cueva por verme como su ejemplo a seguir.

AGRADECIMIENTO

El agradecimiento especial a mis amados padres, pilares fundamentales en el desarrollo académico y de formación moral, por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad y a mi hermano y hermana por su amor incondicional, quienes supieron motivarme constantemente para alcanzar mis metas.

Expreso mi sincero agradecimiento a la Universidad Nacional de Loja y a la carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente por la oportunidad brindada para la consecución de mi título. De igual manera expreso mi gratitud al personal docente de la carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente que, con sus valiosos aportes enriquecieron mis conocimientos, encaminaron mi formación personal y apoyaron incondicionalmente el desarrollo de este trabajo y de manera especial agradezco al Director de esta Tesis el Ing. Galo Enrique Ramos por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento científico, así como también haberme tenido toda la paciencia del mundo para guiarme durante todo el desarrollo de la tesis.

Al Ing. Patricio Quezada Moreno, alcalde del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Centinela del Cóndor y al Ing. Eduardo Ramírez por el permiso otorgado para el ingreso a las instalaciones del relleno sanitario, de carácter especial al Ing. Patricio Quezada Rueda, técnico responsable del Departamento de Residuos Sólidos del GAD Municipal de Centinela del Cóndor por su valiosa colaboración, asesoramiento técnico y acceso a información secundaria indispensable para la ejecución del presente trabajo de titulación.

A todos atentamente,

Gracias.

Willam Patricio Cueva Placencia.

1 TÍTULO

**EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FITORREMEDIADOR DE DOS ESPECIES
(*Pistia stratiotes* L.) y (*Limnobium laevigatum* R.) PARA EL TRATAMIENTO DE
LIXIVIADOS PRODUCIDOS EN EL RELLENO SANITARIO DEL CANTÓN
CENTINELA DEL CÓNDOR, PROVINCIA ZAMORA CHINCHIPE**

2 RESUMEN

La presente investigación está estructurada en base a los ítems: revisión de literatura, materiales y métodos, resultados, discusión, conclusiones y recomendaciones; en la revisión de literatura consta los principales conceptos y definiciones de los diferentes términos empleados, el ítem de materiales y métodos describe los tipos de materiales utilizados tanto de campo como de oficina, también se refiere a la ubicación política y geográfica del área del proyecto basándose al planteamiento de la metodología para el desarrollo de cada uno de los objetivos propuestos, para cumplir cada uno de estos se apoyó en los diferentes instrumentos metodológicos como la observación directa, encuestas, hojas/fichas de campo, análisis de laboratorio, además, se aplicó el método estadístico no paramétrico Chi-cuadrado (X^2) obteniendo resultados óptimos, siendo detallados y comparados con el reporte de resultados de lixiviados por parte del GAD cantonal de Centinela del Cóndor y con los límites máximos permisibles estipulados en el Acuerdo Ministerial 097- A. Entre los principales resultados destacan el **DBO** con un 98.32%, **DQO** con un 97.62% y **SST** con un 97.63% de remoción de contaminante respectivamente, al comparar estas evidencias, el potencial fitorremediador que presentan las especies propuestas es sustancialmente sorprendente para la remoción de este tipo de contaminantes. En este sentido, la presente investigación, enfatiza la aplicación y replicación de las especies propuestas para el tratamiento de los lixiviados generados en cualquier relleno sanitario de la provincia y del país, ya que, además de ser una técnica amigable con el ambiente es económicamente factible y socialmente aceptable.

2.1 SUMMARY

The present research is structured based on the items: literature review, materials and methods, results, discussion, conclusions and recommendations; the literature review contains the main concepts and definitions of the different terms used, the of materials and methods item deals with description the types of materials used both the field and the office, it also refers the political and geographical location of the project area based on the approach of the methodology for the development of each of the proposed aims, which, in order to fulfill each one of them, it was based on the different methodological instruments such as: the direct observation, surveys, sheets / field records, laboratory analysis, in addition, was applied the non-parametric Chi-square (X^2) statistical method obtaining optimal results, being detailed and compared with the report of leachate results by the Cantonal GAD Centinela del Condor and with the maximum permissible limits stipulated in Ministerial Agreement 097-A. Among the main results are the **DBO** with 98.32%, **DQO** with 97.62% and **SST** with 97.63% of pollutant removal respectively. When comparing these evidences, the phytoremediation potential of the proposed species is substantially surprising for the removal of this Contaminants. In this sense, the present investigation emphasizes the application and replication of the species proposed for the treatment of leachates generated in any sanitary landfill of the province and of the country, since, in addition to being an environmentally friendly technique, it is economically feasible And Socially acceptable.

3 INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el deterioro progresivo del medio ambiente ha despertado la preocupación del hombre debido a las incidencias directas que ha tenido sobre su salud y sobre su calidad de vida. Por tal motivo, él mismo se ha encargado de crear y promocionar acciones que contrarresten el daño que se causa a diario al medio ambiente producto del incesante desarrollo industrial y la rutina del diario vivir.

Un caso particular es la disposición y tratamiento de los residuos sólidos urbanos e industriales. En el cantón Centinela del Cóndor, la instalación del relleno sanitario ha sido el respiro que ha ofrecido a la ciudad, parroquias aledañas. Sin embargo, siendo los rellenos sanitarios los tratamientos más adecuados para la disposición de las basuras, estos traen consigo una gran responsabilidad y es el control y tratamiento de los lixiviados producidos, pues estos deben ser recolectados y tratados para evitar la contaminación del suelo y de los acuíferos subterráneos. El lixiviado, por su gran variabilidad en composiciones y por las diferentes características que presenta entre un relleno sanitario y otro, requiere un estudio individual y por ende tratamientos específicos de acuerdo a sus características.

El propósito de esta investigación es identificar la especie con el mejor potencial fitorremediador para el tratamiento del lixiviado del relleno sanitario de la ciudad de Zumbi, debido a que la fitorremediación de lixiviados es una novedosa tecnología de depuración, además de ser amigable con el medio ambiente, aceptada por la sociedad y sobre todo económicamente sustentable, dicho esto, los beneficiarios son el GAD Cantonal de Centinela del Cóndor, Ministerio del Ambiente y principalmente la comunidad aledaña al relleno sanitario en relación a los datos reales obtenidos al final del presente trabajo de titulación.

El desarrollo de este trabajo de investigación tiene como objetivo central:

- Evaluar el potencial fitorremediador de las especies Repollo de agua (*Pistia stratiotes* L.) y Trébol de agua (*Limnobium laevigatum* R.) en los lixiviados generados por el Relleno Sanitario de la parroquia Zumbi, cantón Centinela del Cóndor, provincia de Zamora Chinchipe.

Los objetivos específicos son:

- Realizar un diagnóstico del tratamiento actual de los lixiviados generados en el Relleno Sanitario de la ciudad de Zumbi.
- Evaluar el potencial fitorremediador de las especies Repollo de agua (*Pistia stratiotes* L.) y Trébol de agua (*Limnobium laevigatum* R.) en el tratamiento de lixiviados generados en el Relleno Sanitario de la parroquia Zumbi.

4 REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Saneamiento ambiental

El saneamiento ambiental de acuerdo al Ministerio de Salud Pública (MSP, 2012) en su ley orgánica de salud, lo define como “el conjunto de actividades dedicadas a acondicionar, controlar y proteger el ambiente en que vive el ser humano, a fin de proteger su salud” (p. 21). Es por ello que el programa “SELVA” (Sembrando los Valores Ambientales) desarrollado por el Jardín botánico de Mérida de la Universidad de los Andes en Venezuela afirma que “estas prácticas son ejecutadas por los gobiernos es instituciones a través de obras y/o servicios como respuesta a las necesidades sanitarias de las comunidades o pueblos” (párr. 13)

4.2 Importancia del saneamiento ambiental

La Organización Mundial de la Salud (2016) propone que:

La importancia del saneamiento ambiental radica en la cultura general de la población global, sin embargo, determinan que un saneamiento ambiental inadecuado perjudica gravemente la salud humana causando graves enfermedades y ambientes insalubres, dando como conclusión a la relación del saneamiento ambiental con todos los factores físicos, químicos y biológicos externos de una persona.

4.3 Residuos sólidos

De acuerdo a Mendoza e Izquierdo (2007), definen a los residuos sólidos como:

Aquellas materias generadas en las actividades de producción y consumo que no han alcanzado un valor económico en el contexto en el que son producidas,

es decir; se refieren a cualquier residuo inservible, a todo material no deseado y del que se tiene intención de deshacer. (p. 50)

4.3.1 Clasificación de los residuos sólidos.

Según la Guía Técnica Colombiana 24 (2009), clasifica a los residuos sólidos de acuerdo al siguiente cuadro.

Cuadro .- *Clasificación de los residuos sólidos.*

TIPO	CLASIFICACION	EJEMPLO	MANEJO
No Peligroso	Aprovechables	Papeles: archivo, kraft, cartulina, periódico. Cartón y plegadiza Vidrio Plástico: envases, sucio, bolsas, vasos, PET. Metales Tetra pack	Reciclaje Reutilización
	No Aprovechables	Papel Tissue: higiénico, servilletas, toallas de mano, pañales. Papel encerado y metalizado Cerámicas. Material de barrido Colillas de cigarro Icopor	Disposición final

	Orgánicos Biodegradables	Residuos de comida Material vegetal	Compostaje Lombricultivo
Peligroso		RAEE Pilas y baterías Químicos Medicamentos Aceites usados Biológicos	Tratamiento Incineración Disposición en celda de seguridad
Especiales		Escombros Llantas Colchones Muebles Estantes Lodos	Servicio especial de recolección

Fuente: (Secretaría del Medio Ambiente y Desarrollo Rural, 2011)

4.3.2 Disposición final de los residuos sólidos.

De acuerdo a la norma técnica del Libro VI Anexo 6 correspondiente a la “Norma de Calidad Ambiental para el Manejo y Disposición Final de Desechos Sólidos No Peligrosos” realizado por la Contraloría General del Estado (CGE, 2013), prescribe a la disposición final de los residuos sólidos como “la acción de depósito permanente de los residuos sólidos en sitios y condiciones adecuadas para evitar daños al ambiente como un relleno sanitario por ejemplo (...)” (p. 76);

mientras que, el Ministerio del Ambiente (MAE, 2015), en su Acuerdo Ministerial 061. Afirma que esta acción:

Es la última de las fases de manejo de los desechos y/o residuos sólidos, donde son dispuestos de forma definitiva y sanitaria con tratamientos previos, en lugares especialmente seleccionados y diseñados para evitar la contaminación, daños o riesgos a la salud humana o al ambiente (p. 8)

4.4 Relleno sanitario

4.4.1 Concepto.

“El relleno sanitario es una técnica de disposición final de los residuos sólidos en el suelo que no causa molestias ni peligro para la salud o la seguridad pública; tampoco perjudica el ambiente durante su operación ni después de su clausura” Jaramillo (2002, p 17), al mismo tiempo hace énfasis a esta técnica, ya que:

Utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en un área lo más estrecha posible, cubriéndola con capas de tierra diariamente y compactándola para reducir su volumen. Además, prevé los problemas que pueden causar los líquidos y gases producidos por efecto de la descomposición de la materia orgánica. (...) El relleno sanitario moderno se refiere a una instalación diseñada y operada como una obra de saneamiento básico, que cuenta con elementos de control lo suficiente seguros y cuyo éxito radica en la adecuada selección del sitio, en su diseño y, por supuesto, en su óptima operación y control (p. 17).

4.4.2 Clasificación de los rellenos sanitarios.

De acuerdo a Rodríguez y Andrés (2008), clasifican a los rellenos sanitarios según el método en tres tipos:

Tabla .- Clasificación de los rellenos sanitarios.

Clasificación	Definición
Relleno de celda excavada o zanja	Cuando la capa freática es profunda, se excava la celda en profundidad reutilizando el sustrato sólido como material para cobertura diaria y final
Relleno de superficie o zona	Cuando la capa freática es muy superficial o por cualquier otro motivo, los residuos, después de preparar el terreno, se disponen en superficie formando terrazas.
Relleno de vaguada o ladera	Es sumamente importante que no se lo situé cerca de un cauce de algún río, por lo que, los residuos se los disponen en una intersección entre dos vertientes opuestas de un valle o en una ladera.

Fuente: (Rodríguez & Andrés, 2008)

4.4.3 Ventajas y limitaciones de un relleno sanitario.

Jaramillo (2002), resume las principales ventajas y desventajas del relleno sanitario en la siguiente tabla.

Tabla .- Ventajas y limitaciones de un relleno sanitario.

Ventajas	Limitaciones
<p>1.La inversión inicial del capital es inferior a la que se necesita para instaurar el tratamiento de residuos mediante plantas de incineración o de compost.</p>	<p>1.La adquisición del terreno es difícil debido a la oposición de los vecinos al sitio seleccionado, fenómeno conocido como NIMBY (<i>not in my back yard</i> “no en mi patio trasero”), por diversas razones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - La falta de conocimiento sobre la técnica de relleno sanitario. - Se asocia el término <i>relleno sanitario</i> al de botadero a cielo abierto. - La evidente desconfianza mostrada hacia las administraciones locales que no garantizan la calidad ni sostenibilidad de la obra - La falta de saneamiento legal del lugar.
<p>2.- Tiene menores costos de operación y mantenimiento que los métodos de tratamiento</p>	<p>2.- El rápido proceso de urbanización, que limita y encarece el costo de los terrenos disponibles, lo que obliga a ubicar el relleno sanitario en sitios alejados de la población</p>
<p>3.- un relleno sanitario es un método completo y definitivo, dada su capacidad para recibir todo tipo de RSM</p>	<p>3.- La vulnerabilidad de la calidad de las operaciones del relleno y el alto riesgo de transformarlo en un botadero a cielo abierto, principalmente por la falta de voluntad política de las administraciones municipales para invertir los fondos necesarios a fin</p>

4.- genera empleo de mano de obra poco calificada, disponible en abundancia en los países en desarrollo

5.- Recupera gas metano en los rellenos sanitarios que reciben más de 500 t/día, lo que puede constituir una fuente alternativa de energía para algunas ciudades.

6.- su lugar de emplazamiento puede estar tan cerca del área urbana como lo permita la existencia de lugares disponibles, lo que reduce los costos de transporte y facilita la supervisión por parte de la comunidad.

7.- Permite recuperar terrenos que se consideraban improductivos o marginales, tomándolos útiles para la construcción de parques, áreas recreativas y verdes, etc.

de asegurar su correcta operación y mantenimiento.

4.- No se recomienda el uso del relleno clausurado para construir viviendas, escuelas, etc.

5.- La limitación para construir infraestructura pesada por lo asentamientos y hundimientos después de clausurado el relleno

6.- se requiere un monitoreo luego de la clausura del relleno sanitario, no solo para controlar los impactos ambientales negativos, sino también para evitar que la población use el sitio indebidamente

7.- Puede ocasionar impacto ambiental de largo plazo si no se toman en previsiones necesarias en la selección del sitio y no se ejercen los controles para mitigarlos. En rellenos sanitarios de gran tamaño conviene analizar los efectos del tráfico vehicular, sobre todo de los camiones que transportan los residuos por las vías que confluyen al sitio y que producen polvo, ruido y material volante. En el vecindario el impacto lo generan los líquidos, gases y malos olores que pueden emanar del relleno.

8.- Un relleno sanitario puede comenzar a funcionar en corto tiempo como método de eliminación de residuos

9.- Se considera flexible porque puede recibir mayores cantidades adicionales de residuos con poco incremento de personal.

8.- Los predios o terrenos situados alrededor del relleno sanitario pueden devaluarse.

9.- En general, no puede recibir residuos peligrosos.

Fuente: (Jaramillo, Jorge, 2002)

4.4.4 Generación de líquidos y gases.

De acuerdo a Jaramillo (2002), sugiere que casi todos “los residuos sólidos sufren cierto grado de descomposición, pero es la fracción orgánica la que presenta los mayores cambios. Es por ello que los subproductos de la descomposición están integrados por líquidos, gases y sólidos” (p. 24). Sin embargo, esta investigación se centra únicamente en el tratamiento de los subproductos líquidos que es un elemento de la descomposición integrada de los residuos sólidos denominada lixiviado o percolado.

4.4.5 Características generales del lixiviado de un relleno sanitario.

Según Henry (1999), estipula que el lixiviado es el líquido contaminado que drena de un relleno sanitario, varía ampliamente en cuanto a su composición, según la antigüedad del relleno y del tipo de residuos que contiene. En la siguiente tabla se indican las concentraciones típicas de los componentes y sus límites representativos.

Tabla .- Composición típica de los lixiviados de rellenos sanitarios.

Antigüedad del relleno		Nuevo (< 2 años)	Antiguo (> 10 años)
Componente		Valor típico	Valor Típico
DQO		3,0000-60,000	100-500
DBO ₅		2,000-30,000	100-200
COT		1,500-20,000	80-160
Sólidos totales en suspensión	en	200-2,000	100-400
Nitrógeno total		20-1600	100-160
Fosforo total		5-100	5-10
Alcalinidad		1,000-10,000	200-1,000
Dureza total		300-10,000	200-500
Hierro		50-1,200	20-200
Plomo		2	0,01-0,5
Potasio		200-1,000	50-400
pH		6	6,6-7,5
Sodio		200-2,500	100-200
Cloro		200-3,000	100-400
Sulfatos		50-1,200	20-50

Fuente: (Johannessen, Lars Mikkel, 1999)

4.4.6 Líquido lixiviado o percolado.

“Es el resultado de la descomposición o putrefacción natural de la basura produce un líquido maloliente de color negro, conocido como lixiviado o percolado, parecido a las aguas residuales domésticas, pero mucho más concentrado” Jaramillo (2002, p. 24)

Por lo que Jaramillo (2002), explica que:

Las aguas de lluvia que atraviesan las capas de basura aumentan su volumen en una proporción mucho mayor que la que produce la misma humedad de los residuos sólidos municipales, de ahí que es importante interceptarlas y desviarlas para evitar el incremento de lixiviado; de lo contrario, podría haber problemas en la operación del relleno y contaminación en las corrientes, nacimientos de agua y pozos vecinos (p. 24)

4.4.7 Criterios de calidad y riesgos ambientales del relleno sanitario.

Según, Acosta, Salcedo & Salcedo (2016), determinan que los principales criterios de calidad ambiental y riesgos ambientales relacionados con la disposición de residuos y que ameritan hacer un seguimiento detallado son:

- Escape incontrolado de gases que puedan migrar fuera del sitio del relleno, produciendo malos olores y condiciones potencialmente peligrosas.
- Impacto de la emisión de gases en él. efecto invernadero.
- Generación incontrolada de lixiviados, produciendo contaminación de aguas superficiales y subterráneas.
- Reproducción de vectores sanitarios por inadecuada operación del relleno, con riesgo a la salud.
- Riesgo sanitarios y ambientales por escape de gases y lixiviados, después del cierre del relleno.
- Riesgos y amenazas provocados por inestabilidad del relleno.
- El presente documento describe tanto los aspectos técnicos como los ambientales para un desarrollo adecuado de un relleno sanitario, con aplicación especial a municipios medianos y pequeños.

4.4.8 Cantidades de las aguas lixiviadas.

La cantidad de las aguas lixiviadas que se producen en un relleno sanitario depende de factores diferentes:

- La precipitación
- El área del relleno
- El modo de operación (relleno manual o compactado con maquinaria, sistema de compactación)
- El tipo de basura

4.4.9 Tratamiento de lixiviados.

Por su parte, Méndez et al., (2009), afirman que:

El tratamiento de los lixiviados de un relleno sanitario consiste en llevar a cabo operaciones o procesos con los que se busca remover gran parte de sus contaminantes antes de la disposición final. Determinar el tratamiento adecuado para los lixiviados es complicado, se trata de residuos líquidos con altos contenidos de sustancias tanto orgánicas como inorgánicas, así como una enorme variabilidad química, lo que dificulta la selección de una metodología de tratamiento adecuada. Cada lixiviado proveniente de un relleno sanitario debe ser evaluado individualmente y sometido a pruebas de tratabilidad para encontrar el sistema de tratamiento adecuado para su manejo (párr. 6).

4.5 Fitorremediación

La fitorremediación se define como el uso de plantas y sus microorganismos asociados para eliminar, reducir, degradar o inmovilizar contaminantes ambientales del suelo y agua restaurando de esta manera sitios contaminados a un ambiente

relativamente limpio y no tóxico. Es por ello que Pilon-Smiths y Freeman (2006), afirman que:

Ésta es una tecnología prometedora, rentable y ambientalmente pertinente por medio de la cual una gran variedad de aguas contaminadas puede ser fitorremediadas incluyendo aguas negras, escurrimientos agrícolas, aguas residuales industriales, escurrimientos mineros, lixiviados de rellenos sanitarios y aguas subterráneas (p. 39)

Dicho lo anterior, se puede afirmar que la creciente aceptación de la fitorremediación está basada en parte a su relativo bajo costo en comparación a las tecnologías convencionales, debido principalmente a que se hace uso de la energía solar para la actividad remediadora. Otra ventaja es que tiene potencial para tratar una gama diversa de materiales tóxicos en concentraciones de bajas a moderadas. Asimismo, Glass (2000), determina que:

El hecho de que la fitorremediación sea llevada a cabo in situ también contribuye a su rentabilidad y a que puede reducir la exposición del sustrato contaminado a humanos, vida silvestre y al medio ambiente. Finalmente, tiene popularidad con el público en general por ser estéticamente placentera ya que es una alternativa de "limpieza verde" en comparación al tratamiento químico (p. 13)

A pesar de lo anterior y al mismo tiempo Glass (2000). y Eapen et al., (2007), sostienen que:

La fitorremediación también tiene ciertas limitaciones tales como su restricción a sitios con concentraciones de contaminantes relativamente bajas; en algunos casos es más lenta que los métodos convencionales (especialmente la fitorremediación de suelos), puede ser no aplicable a todos los tipos de residuos y finalmente la biodisponibilidad de los contaminantes también puede representar una limitante (p. 31)

4.5.1 Mecanismos de la fitorremediación

Existen muchos mecanismos de fitorremediación para la remoción o eliminación de contaminantes. Dependiendo del tipo de residuo a tratar y la especie vegetal a utilizar se manifiesta su complejidad, importancia, metodología y resultados de la investigación para cuyo fin se realiza empleando algunos de los siguientes mecanismos:

4.5.1.1 Fitoestabilización.

De acuerdo a Volke, et al., (2005), sostiene que la fitoestabilización:

Es el uso de ciertas especies de plantas para inmovilizar contaminantes presentes en el suelo o en el agua a través de su absorción y acumulación en las raíces o precipitación por la presencia de exudados. Este mecanismo conduce a la estabilización del suelo o agua a través de una reducción en la movilidad, toxicidad y/o biodisponibilidad de los contaminantes (p.109).

4.5.2 Fitovolatilización.

Según Volke, et al., (2005), la fitovolatilización:

Implica el uso de plantas para eliminar los contaminantes del lugar mediante su volatilización, y para eliminar contaminantes del aire, esto se produce gracias al proceso de crecimiento de las plantas van absorbiendo agua junto a los contaminantes orgánicos solubles: algunos de estos contaminantes tienen la probabilidad de llegar hasta las hojas y evaporarse o volatilizarse a la atmosfera (p. 109)

4.5.3 Fitoextracción.

De acuerdo a Volke, Velasco, & Pérez, (2005), enuncian que la fitoextracción:

Consiste en la absorción de los contaminantes mediante las raíces, tallos o follaje usando plantas acumuladoras de elementos tóxicos o compuestos orgánicos que son retirados del suelo mediante acciones como la absorción y concentración en las partes cosechables sin presentar síntomas de toxicidad. Para la selección de las plantas se las debe realizar en base al tamaño de las raíces, la tasa de crecimiento, acumulación de contaminación, biomasa y potencial de evapotranspiración. Los pastos, musgos y helechos son el género que presentan mayor adaptabilidad a las diferentes condiciones ambientales y pueden captar gran cantidad de contaminante (p. 108)

4.5.4 Rizofiltración.

“Uso de las raíces para la absorción y adsorción de contaminantes del agua y de otros efluentes acuosos. Se prefieren raíces de plantas terrestres con alta tasa de crecimiento y área superficial para absorber, concentrar y precipitar contaminantes” (Bonilla, 2013, p. 35)

4.5.5 Fitodegradación.

“Uso de plantas y microorganismos asociados para degradar contaminantes orgánicos en moléculas más simples. En determinadas ocasiones, los productos de la degradación le sirven a la planta para acelerar su crecimiento, en otros casos los contaminantes son biotransformados.” (Bonilla, 2013, p. 35).

4.5.6 Fitoestimulación.

En base a lo que menciona Bonilla (2013), “La fitoestimulación también es conocida como rizodegradación, las plantas generan exudados radiculares que permiten estimular el crecimiento de los microorganismos nativos capaces de degradar compuestos orgánicos xenobióticos”.

En el siguiente gráfico se puede apreciar los diferentes mecanismos de la fitorremediación.

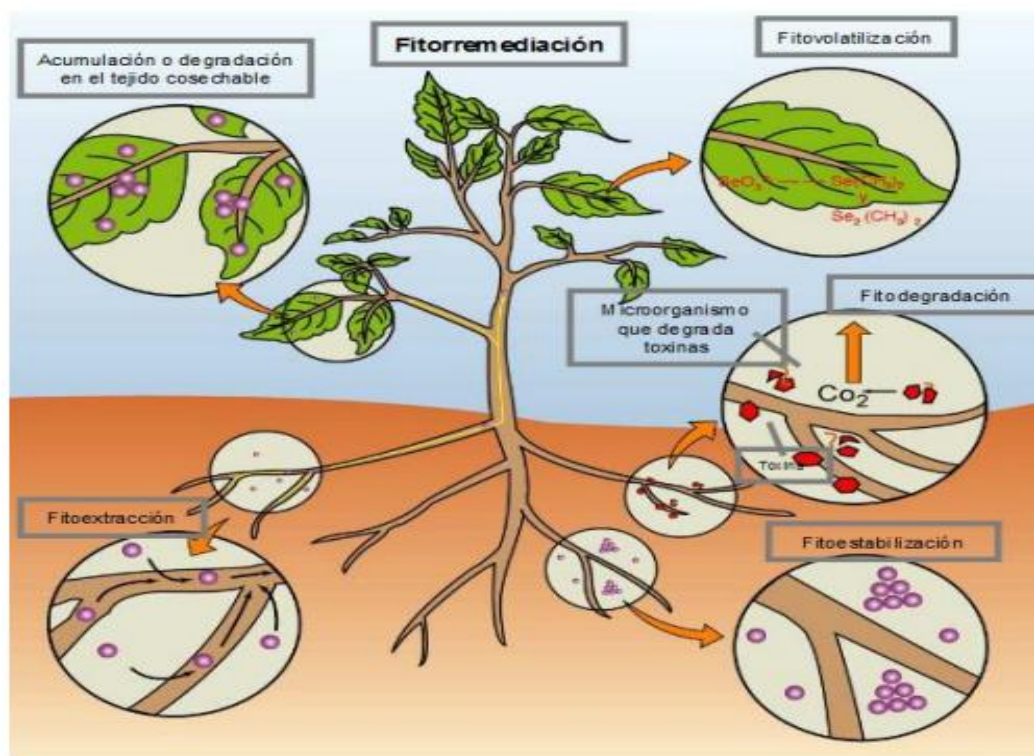


Figura .- *Mecanismos de la fitorremediación.*

Fuente: (Barid, C., 2001)

4.6 Fases de la fitorremediación

“La fitorremediación del suelo o del agua generalmente consiste en el uso de plantas con capacidad de captar en sus raíces los contaminantes y transportarlos dirigiéndolos hacia el tallo y las hojas para que estos los eliminen mediante los mecanismos de fitorremediación siguiendo las tres fases: Absorción, Excreción y Desintoxicación de los contaminantes” (Bonilla, 2013, pp. 63-70)

4.6.1 Absorción.

“La absorción de contaminantes se realiza a través de las raíces y las hojas mediante las estomas y la cutícula de la epidermis” (Watt & Evans, 1999, pp. 323),

sin embargo, “esta absorción ocurre en la rizodermis de las raíces jóvenes, que absorben los compuestos por osmosis dependiendo de factores externos como la temperatura y el pH del suelo” (Harvey et al., 2002, p. 23)

4.6.2 Excreción.

“Los contaminantes que se absorben por las raíces, se excretan por medio de las hojas (Fitovolatilización). Cuando las concentraciones de los contaminantes son elevadas, solo pequeñas fracciones (menos del 5%) se excretan sin cambios en su estructura química” (Bonilla, 2013, p. 24).

4.6.3 Desintoxicación de contaminantes.

Agudelo et al., (2005), proponen que “la desintoxicación de los compuestos orgánicos se lleva a cabo a través de la mineralización hasta dióxido de carbono en el caso de contaminantes químicos orgánicos que se degradan; para altas concentraciones se utiliza la incineración controlada y desechan las cenizas en los lugares disponibles para este fin (p.24)

Es decir que, Agudelo et al., (2005), afirman que:

Las ventajas de la fitorremediación radican en que las plantas absorben los metales pesados y gran variedad de contaminación en sus raíces, evitando la contaminación de aguas subterráneas, mientras que la desventaja radica en que el metal pesado utiliza el ciclo biológico de la planta, por tanto, la descontaminación toma tiempo (p. 26)

Al mismo tiempo Bonilla et al., (2013), de acuerdo a la afirmación anterior mencionan que las “plantas que son utilizadas en los distintos procesos de

fitorremediación pueden tener varias opciones para su disposición final como la incineración o el confinamiento de las mismas” (p. 29)

4.7 Ventajas y desventajas de la fitorremediación

El proceso de fitorremediación tiene ciertas ventajas y desventajas que resulta imprescindible para poder ser aplicada en todos los casos específicos de manera eficiente. En la siguiente tabla muestra las principales ventajas y sus desventajas que ofrece la fitorremediación, en comparación con otras tecnologías convencionales.

Tabla .- *Ventajas y desventajas de la fitorremediación.*

Ventajas	Desventajas
Es una tecnología sustentable	Es un proceso relativamente lento (cuando las especies son de vida larga, como árboles o arbustos)
Es eficiente en ambientes con concentraciones de contaminantes de bajas a moderadas	Es dependiente de las estaciones
Es de bajo costo, no requiere personal especializado para su manejo ni consumo de energía	El crecimiento de la vegetación puede estar limitado por extremos de la toxicidad ambiental
Es poco perjudicial para el ambiente	Los contaminantes acumulados en las hojas pueden ser liberados nuevamente al ambiente durante el otoño (especies perennes)
No produce contaminantes secundarios y por lo mismo no hay necesidad de lugares para desecho	Los contaminantes pueden acumularse en maderas de combustión
Tiene una alta probabilidad de ser aceptada por el público, ya que es estéticamente agradable	No todas las plantas son tolerantes o acumuladoras

Evita la excavación y el tráfico pesado	La solubilidad de algunos contaminantes puede incrementarse, resultando en mayor daño ambiental o migración de contaminantes
Tiene una versatilidad potencial para tratar una gama diversa de materiales peligrosos	Se requieren áreas relativamente grandes
Se pueden reciclar recursos (agua, biomasa, metales)	Pudiera favorecer el desarrollo de mosquitos (sistemas acuáticos)

Fuente: (Polprasert, 1996; Brooks, 1998; Raskin y Ensley, 2000)

4.8 Criterios de selección de plantas para la fitorremediación

Según López, et al. (2005), sostiene que “la eficiencia de remoción de contaminantes durante el proceso de fitorremediación dependería principalmente de la especie de planta utilizada, el estado de crecimiento de las plantas, su estacionalidad y tipo de metal a remover” (p.32). Por lo tanto, Núñez et al (2007), afirman que, para lograr buenos resultados, las plantas a utilizar deben tener las siguientes características:

- Se tolerantes a altas concentraciones de metales
- Ser acumuladoras de metal.
- Tener una rápida tasa de crecimiento y alta productividad
- Ser fácilmente cosechables

4.9 Características generales de las especies vegetales a utilizar

4.9.1 Lechuga de agua (*Pistia stratiotes* L.).

4.9.1.1 Clasificación taxonómica.

Reino: *Plantae*

Phylum: *División magnoliophyta*

Clase: *Liliopsida*

Orden: *Alismatales*

Familia: *Araceae*

Género: *Pistia*

Especie: *stratiotes*

Nombre científico: *Pistia stratiotes* L.

Nombre Común: Repollo de agua, lechuga de agua, Sirena

Fuente: (Romero, C. R., 1965)

4.9.1.2 Características morfológicas.

Según Romero (1965), señala que *Pistia stratiotes* L.:

Es una planta flotante, acaule, que emite numerosas raíces. Las hojas son arrosetadas, de color verde grisáceo intenso, pubescentes, con tejido esponjoso, reticuladas, obovadas, con el ápice redondeado o truncado y en veces levemente escotado, sésiles y alcanzan los 15 cm de longitud por 6 cm de ancho. Poseen inflorescencias masculinas y femeninas en ejes muy cortos y rodeados por sendas espatas. La inflorescencia masculina tiene una sola flor con 2 estambres los cuales están unidos en gran parte de su longitud y sendas anteras biloculares. En las femeninas el ovario es elipsoide, reticulado-venoso, unicarpelar, con varios óvulos; el estilo es subcónico y el estigma capitado y ciliolado. Los frutos son globosos, miden 1 cm de diámetro,

son de color verde, cubiertos por una envoltura delicada; contienen numerosas semillas blancas, rugosas y elipsoides (p. 24)

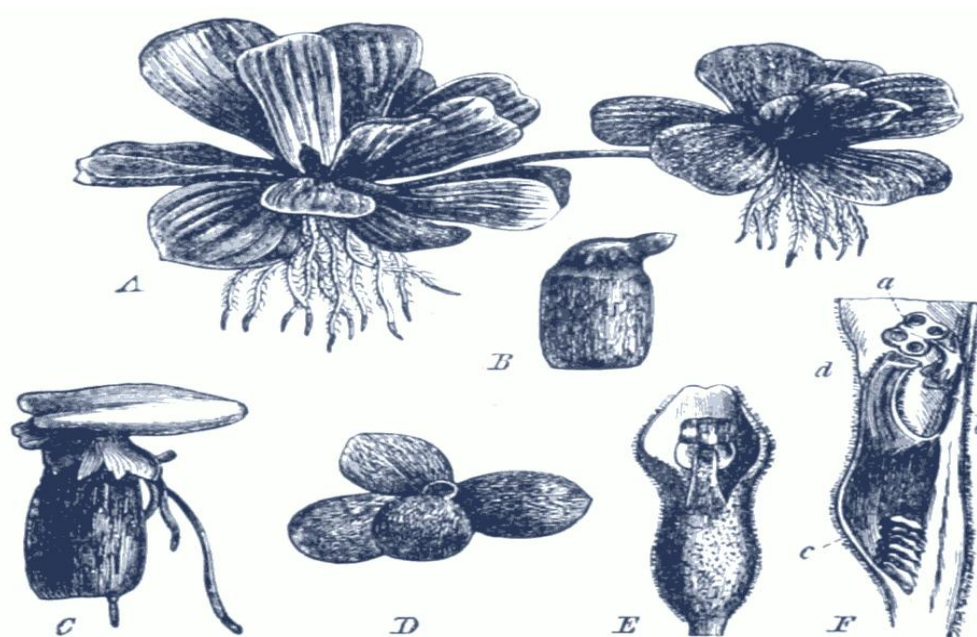


Fig. 280. *Pistia (Pistia Stratiotes)*.
 A Ausläufer treibende Pflanze. B und C Same, in der Keimung begriffen. D Junge Pflanze in natürlicher Größe. E Blüte. F Dieselbe im Längsschnitt. (Nach Engler-Prantl.)

Figura .- *Morfología de la Lechuga de agua (Pistia stratiotes L.)*

Fuente: (Gilg, Ernst; Schumann, Karl, 1900)

4.9.1.3 Condiciones de hábitat.

“Se desarrolla en lugares muy iluminados si se mantiene a la planta en acuarios o invernaderos” (Romero,1965, p. 24)

4.9.1.4 Temperatura.

“No soporta los inviernos duros. Su temperatura mínima de crecimiento es de 15°C y la óptima de crecimiento es de 22 a 30°C” (Romero,1965, p. 24)

4.9.1.5 Reproducción.

“Su reproducción es rápida, las plantas botan sus semillas al fondo del agua (tierra) en un periodo de 10 a 12 días, las nuevas plantitas suben a la superficie multiplicándose en gran número” (Romero, C. R., 1965, p. 50).

4.9.2 Trébol de agua (*Limnobium laevigatum* R.).

4.9.2.1 Clasificación taxonómica.

Reino: *Plantae*

Phylum: *Angiospermae*

Clase: *Monocotyledoneae*

Orden: *Alismatales*

Familia: *Hydrocharitaceae*

Género: *Limnobium*

Especie: *laevigatum*

Nombre científico: *Limnobium laevigatum* R.

Nombre Común: Trébol de Agua, Buchón Cucharita (Colombia), Amazon Frogbit (USA)

Fuente: (Valderrama, L, 1996)

4.9.2.2 Características morfológicas.

Valderrama (1996), describe que las características morfológicas de:

La especie *Limnobium laevigatum* R. pertenecen a una planta tropical flotante nativa de América Central. Esta planta se caracteriza por su fácil crecimiento ya que, al no tener necesidades especiales, también es adecuada para los principiantes y se caracteriza por un poseer un crecimiento muy rápido. Se

puede multiplicar rápidamente por estolones. Se debe realizar su respectivo control de lo contrario se corre el riesgo de que cubra toda la superficie del agua restando la luz en las plantas subyacentes. Sus características son muy apreciadas por los aficionados ya que es un gran devorador de nitratos y fosfatos (p. 17)

Es por ello que Valderrama (1996), afirma que:

La especie *Limnobium laevigatum* R. posee forma de roseta, cuyas hojas carnosas y ligeramente acorazonadas están unidas entre sí de forma concéntrica por un pequeño tallo. Tiene un tamaño entre 5 y 15 cm, las hojas suelen medir unos 2 cm, llegando hasta los 5, con una iluminación adecuada. Lo más común es que tenga entre 3 y 5 hojas, pero puede llegar a ramificar hasta 9 en la misma planta. La parte superior de la hoja presenta una superficie acanalada desde el tallo hasta la punta, y en algunas ocasiones tiene pequeñas manchas transversales de color negro. En la parte inferior está provista de una serie de celdillas que le dan una textura esponjosa y que favorecen su flotabilidad. Está dotada de densas y largas raíces de tonos verdes claros, con pelillos blancos que la asemejan a una "medusa" vegetal. Son un buen refugio para alevines, y en condiciones de escasa profundidad, puede llegar a arraigar en el fondo convirtiéndose en sumergida (p. 18)

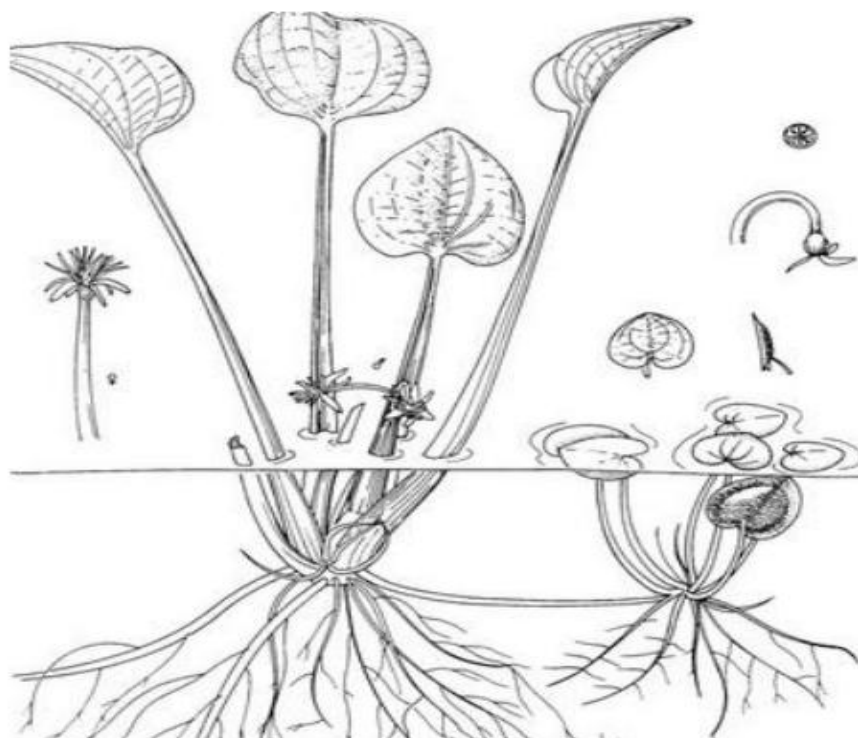


Figura .- *Morfología del trébol de agua (Limnobium laevigatum R.)*

Fuente: IFAS, 2000.

4.9.2.3 Condiciones de hábitat.

“Al igual que las otras plantas flotantes, no gusta de la corriente rápida en la superficie y otras condiciones ambientales detalladas a continuación” (Mayland, J., 1990, p. 130).

4.9.2.4 Temperatura.

“Es una planta que resiste un amplio rango de temperatura, pudiendo mantenerse desde los 15 hasta los 30° C También resiste una amplia gama de PH entre 4,5 y 9, siendo lo ideal un pH neutro de 7. Necesita de cierto grado de dureza, por encima de 4 Kh (Dureza Temporal) y Gh (Dureza Permanente), porque de lo contrario sus hojas se agujerean y se deshacen” (Valderrama, L, 1996, p. 87).

4.9.2.5 Reproducción.

De acuerdo a lo que menciona Valderrama (1996). Indica que:

La especie *Limnobium laevigatum* R. se reproduce por semillas y por estolones, siendo ésta la manera más común de propagación. En el extremo de cada estolón de la planta "madre", se forma una nueva planta. También en ocasiones, a partir de una hoja suelta se observa el nacimiento de nuevas hojas y raíces. De esta manera, en poco tiempo logra cubrir una gran superficie del agua. Esta capacidad de la planta es muy útil para acuarios de tipo amazónico o de aguas oscuras, porque presta gran abrigo de la luz y refugio a especies que prefieren acuarios con poca iluminación o con zonas de sombra, como es el caso de los discos o de los escalares. Debido a lo antes mencionado hay que controlar, no obstante, su expansión de un modo sencillo, que no es otro que sacar periódicamente el excedente de plantas, para evitar que otras plantas con mayores necesidades lumínicas se vean afectadas por esta falta de iluminación (p. 20)

En este sentido Aponte y Pacherras (2013). Afirman que la especie "*Limnobium laevigatum* R. posee dos tipos de reproducción: a) sexual, por medio de la producción de flores y semillas y b) clonal, por la producción de nuevos clones que forman parte de una misma planta madre hasta la separación" (p. 32)

4.9.2.6 Usos.

Debe señalarse que Aponte y Pacharres (2013). Aseveran que en varias investigaciones "han demostrado el potencial de esta especie para la biorremediación, habiéndose comprobado su eficacia en el tratamiento de aguas servidas, disminuyendo hasta un 80% la DQO" (p. 33)

4.10 Estudios realizados en fitorremediación utilizando las especies vegetales propuestas.

4.10.1 Estudio realizado en Camerún.

4.10.1.1 *Pistia stratiotes*, una planta con propiedades terapéuticas y preventivas.

Respecto del cromo, se propuso que la presencia de concentraciones tóxicas del metal genera daño oxidativo demostrado por un aumento de la peroxidación lipídica y por una disminución del contenido de clorofila y proteínas. No obstante, *Pistia stratiotes* L. puede tolerar dicha concentración de metales debido a que presenta un nivel elevado de antioxidantes enzimáticos y no enzimáticos. El estrés agudo generado por el cadmio en *Pistia stratiotes* L. sería compensado por diferentes mecanismos de detoxificación. Mientras tanto en un estudio se informó que *Pistia stratiotes* L. se ve afectada ante la exposición al mercurio. Dicha afectación fue objetivada mediante el índice de daño de las hojas y podría emplearse en estudios de biocontrol y toxicidad.

4.10.2 Estudio realizado en Argentina.

4.10.2.1 *Fitorremediación de aguas contaminadas con nitrato (ii): Influencia de la cantidad de nitrato sobre la eficiencia de su eliminación en un sistema de tratamiento de agua estancada utilizando *Limnobium laevigatum* (hydrocharitaceae)*

Utilizando un STAE y trabajando a una cantidad fija de 100 g de *Limnobium laevigatum* por Litro de solución, esta planta demostró poseer una excelente capacidad para la eliminación de diferentes concentraciones de N-NO₃, en todas las experiencias realizadas la concentración de este contaminante disminuyó más de un 99%. No obstante, a medida que la concentración de NO₃ aumenta, las

cinéticas de eliminación se hacen más lentas evidenciándose el comienzo de efectos tóxicos.

4.10.3 Estudio realizado en Venezuela.

4.10.3.1 Bioabsorción de Pb (II) y Cr (III) usando la planta acuática *Pistia stratiotes*.

En el presente estudio se comprobó la eficiencia de la planta acuática *Pistia stratiotes* para la remoción de los metales pesados Pb (II) y Cr (III), en efluentes sintéticos a diferentes concentraciones, obteniéndose porcentajes de remoción superiores al 70%, cuando los metales se encontraban de forma individual en el efluente. Los mayores porcentajes de remoción se presentaron para la concentración de 5 mgPb(II)/L (81,3%). Se observó un efecto antagónico de la mezcla de metales sobre *Pistia stratiotes*, ya que los porcentajes de remoción fueron mayores cuando los mismos se encontraban de forma individual en el efluente no tratado.

4.10.4 Estudio realizado en Ambato.

4.10.4.1 Evaluación de especies acuáticas flotantes para la fitorremediación de aguas residuales industrial y de uso agrícola previamente caracterizadas en el Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua

La evaluación consistió en la exposición de las distintas especies acuáticas flotantes: Azolla (*Azolla spp.*), Lenteja de agua (*Lemna spp.*), Salvinia (*Salvinia spp.*), Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y el Trébol de agua (*Limnobium laevigatum* R.) a las muestras de aguas residuales. Se analizó el porcentaje de incidencia de las muestras de agua en las especies acuáticas tomando datos

semanales del número de hojas verdes. Para la determinación del porcentaje de producción de biomasa se tomó datos semanales del peso seco y se determinó el mejor tratamiento con la utilización del programa estadístico Statgraphics y prueba de TUKEY al 95% de confianza. Los resultados finales fueron que el Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y la lenteja de agua (*Lemna spp.*), son las plantas más promisorias para poner en marcha un proceso de fitorremediación.

Para conocer las características de las muestras de aguas residuales se analizó: pH, conductividad eléctrica, Sólidos totales, Sólidos disueltos, sólidos suspendidos, Demanda Química de Oxígeno, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Grasas y aceites, detergentes, coliformes fecales, color, turbidez, alcalinidad, dureza, nitratos, nitritos y cloruros; durante 3 semanas y mediante gráficas comparativas, cuadro de ponderaciones se determinó que las dos especies producían una disminución en la mayoría de los parámetros analizados, cabe recalcar que en el caso del agua residual industrial el Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) es la mejor especie, mientras que en el agua residual de uso agrícola las dos especies demuestran resultados similares.

Luego del proceso de fitorremediación se seleccionó el mejor tratamiento desde el punto de vista de su viabilidad técnica y económica; esto está relacionado directamente a la especie que presentó mejores resultados en relación a la disminución de los parámetros físicos-químicos y microbiológicos así como en lo relacionado a viabilidad económica (la especie que presentó menos costos en lo relacionado a su adaptación y mantenimiento), el Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) para el caso de agua residual industrial y la lenteja mayor de agua (*Lemna spp.*) y el 58 Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) para el caso del agua residual de uso agrícola.

4.11 Marco legal favorable

4.11.1 Constitución de la República del Ecuador.

La Constitución de la República del Ecuador entre algunos de sus artículos establece:

Artículo **3**, título I, de los Elementos Constitutivos del Estado, “son deberes primordiales del Estado, entre otros: Proteger el patrimonio natural y cultural del país y proteger el medio ambiente”. (Asamblea Nacional, 2008, p. 16)

Artículo **14**, título II, Derechos. Capítulo segundo, de los derechos del buen vivir, “Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados”. (Asamblea Nacional, 2008, p. 24)

Artículo **15**, “El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua”. (Asamblea Nacional, 2008, p. 24)

Artículo **30**, “Las personas tienen derecho a un hábitat seguro y saludable, y a una vivienda adecuada y digna, con independencia de su situación social y económica”. (Asamblea Nacional, 2008, p. 28)

En la sección novena del capítulo sexto, Derechos de libertad, el artículo **66**, se ratifica que, “El Estado protegerá el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice un desarrollo sustentable. El derecho a una vida digna, que asegure la salud, alimentación y nutrición, agua potable, vivienda, saneamiento ambiental, educación, trabajo, empleo, descanso y ocio, cultura física, vestido, seguridad social y otros servicios sociales necesarios”. (Asamblea Nacional, 2008, p. 47)

Artículo **71**. Del capítulo séptimo sobre los derechos de la naturaleza, “La naturaleza o Pachamama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos. Toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad pública el cumplimiento de los derechos de la naturaleza. Para aplicar e interpretar estos derechos se observarán los principios establecidos en la Constitución, en lo que proceda. El Estado incentivará a las personas naturales y jurídicas, y a los colectivos, para que protejan la naturaleza, y promoverá el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema” (Asamblea Nacional, 2008, p. 52)

Artículo **73**, “El Estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales”. (Asamblea Nacional, 2008, p. 52)

4.11.2 Ley de gestión ambiental.

El artículo **28** establece que, “Los ciudadanos tienen derecho a participar en la gestión ambiental, a través de consultas, audiencias públicas, iniciativas,

propuestas o cualquier forma de asociación entre el sector público y el privado” (Ministerio del Ambiente, 2015, p. 26).

4.11.3 Acuerdo Ministerial 097 – A

En el literal **5.2.1.1** establece que “los laboratorios que realicen los análisis de muestras de aguas de efluentes o cuerpos receptores deberán estar acreditados por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE)” (Ministerio del Ambiente, 2015, p. 18)

En el literal **5.2.4.6** establece que “en condiciones especiales de ausencia de estudios del cuerpo receptor, se utilizarán los valores de la **Tabla 9** de limitaciones a las descargas a cuerpos de agua dulce, con el aval de la Autoridad Ambiental Competente” (Ministerio del Ambiente, 2015, p. 23)

En el literal **5.2.4.7** establece que “los lixiviados generados en los rellenos sanitarios cumplirán con las normas fijadas (...) considerando que los límites máximos permisibles para descarga de estos lixiviados a cuerpos de agua, se registrarán conforme a la normativa ambiental emitida para el efecto” (Ministerio del Ambiente, 2015, p. 23)

4.11.4 Ley Orgánica De Recursos Hídricos, Usos Y Aprovechamiento Del Agua.

Artículo 37.-Servicios públicos básicos. Para efectos de esta ley, se consideran servicios públicos básicos, los de agua potable y saneamiento ambiental relacionados con el agua. La provisión de estos servicios presupone el otorgamiento de una autorización de uso. (Asamblea Nacional, 2014, p. 12)

5 MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Materiales

5.1.1 Materiales de campo

Entre los materiales de campo a utilizados, se enlistan los siguientes:

- Barreta
- Nivel
- Lampa
- SERRUCHO
- Flexómetro
- Martillo
- Clavos
- GPS
- Cronometro
- Recipientes de vidrio y plástico para la recolección de muestras
- Cámara fotográfica
- Hojas de registro
- Vehículo
- Recipiente plástico 3 lts

5.1.2 Materiales de construcción

Entre los principales materiales utilizados para la construcción, se enlistan los siguientes:

- Cemento
- Arena gruesa
- Arena fina
- Piola
- Bloques de cemento

- Tuvo PVC de 4 plg
- Tuvo PVC de 2 plg
- Codo de 2 plg
- Codo de 1 plg
- Grifos plásticos
- Teflón
- Plástico
- Grapas
- Listones de madera de 5cm x 5cm

5.1.3 Materiales de oficina

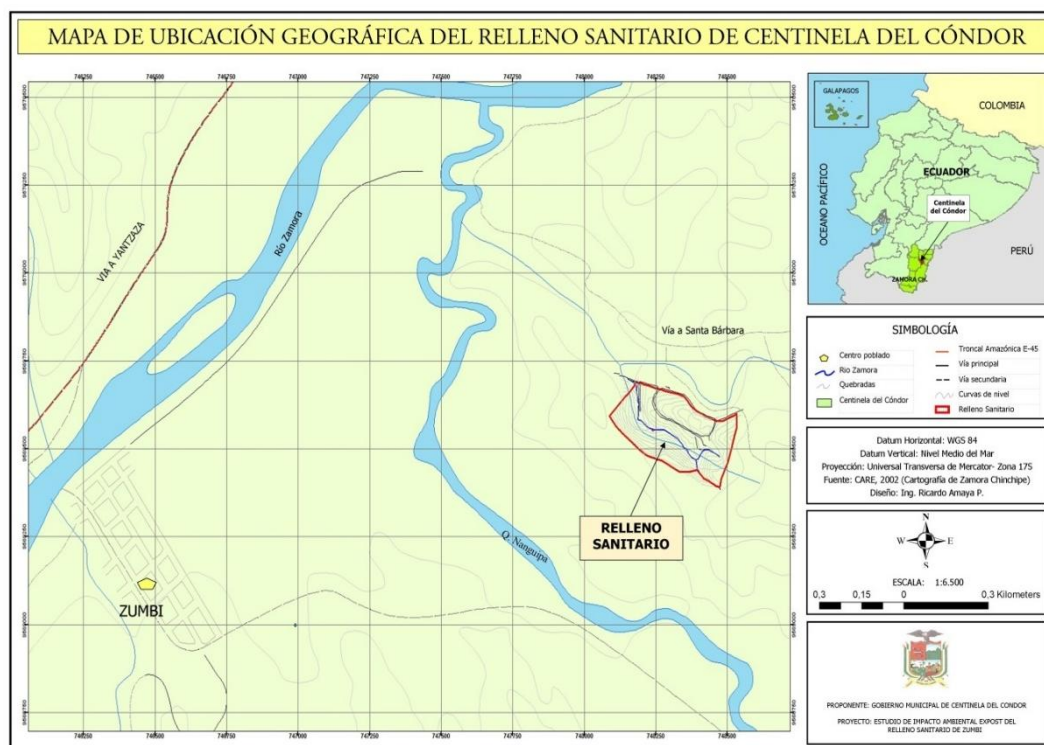
Entre los materiales de oficina utilizados, se enlistan los siguientes:

- Laptop, impresora, scanner.
- Calculadora
- Fuentes de información: Internet, libros y revistas científicas
- Estudio de Impacto ambiental del relleno sanitario
- Hojas de papel bond A4, anillados
- Medios de almacenamiento: flash memory, CD
- Útiles de oficina: bolígrafos, tablero, borrador, etc.

5.2 Métodos

5.2.1 Ubicación política y geográfica del área de estudio.

La presente investigación se desarrolló dentro del perímetro del relleno sanitario ubicado vía al Barrio Santa Bárbara de la parroquia Zumbi, cantón Centinela del Cóndor en la provincia de Zamora Chinchipe. “El sitio donde se encuentra el relleno sanitario está cerca de la vía al barrio Santa Bárbara, a 1.853 metros en línea recta desde el centro de la parroquia Zumbi con un área total de 2,17 Has” (Gobernación de Zamora Chinchipe, 2010).



Mapa .- Ubicación del Relleno Sanitario de Centinela del Cóndor

Fuente: GAD Centinela del Cóndor.

5.2.2 Aspectos biofísicos y climáticos.

5.2.2.1 Aspectos biofísicos.

5.2.2.1.1 Topografía.

“La topografía del sector es favorable para la construcción de varios tipos de infraestructura debido a que presenta un relieve semiplano seguido de pendientes altas y bajas que descienden hasta un aldeaño afluente” (Gobernación de Zamora Chinchipe, 2010).

5.2.2.1.2 Suelo.

“Son suelos conformados por diferentes tipos de rocas como metamórficas e intrusivas constituyendo un conjunto de suelos de color amarillento

moderadamente profundos de textura arcillosa y franco arcillosa, destinando este tipo de suelos a la agricultura” (Gobernación de Zamora Chinchipe, 2010).

5.2.2.1.3 *Hidrología.*

“El sector donde se encuentra ubicado el relleno sanitario se encuentra cerca en línea recta a tan solo 1.443 m del río Zamora y particularmente aledaño a un afluente de agua” (Gobernación de Zamora Chinchipe, 2010).

5.2.2.1.4 *Flora y fauna.*

De acuerdo al sitio web de la Gobernación de Zamora Chinchipe (2010), determina que:

En esta zona debido a la expansión física como a su incremento poblacional de la parroquia Zumbi que se encuentra a una distancia considerable del relleno sanitario, la mayoría de la vegetación primaria está siendo degradada por el aprovechamiento forestal y avance de la frontera agrícola y sobre todo reemplazada por pastos (cultivos), resultando un bajo porcentaje en la presencia de bosques, quedando únicamente en el sector la mayoría de animales silvestres como guatusas (*Dasyprocta fuliginosa*), armadillos (*Dasybus novemcintus*) etc. Y aves de menor tamaño como: garrapateros (*Crotophaga ani*), pecho amarillo (*Myiozetetes similis*)

5.2.2.2 **Aspectos climáticos.**

5.2.2.2.1 *Clima.*

“El cantón Centinela del Cóndor presenta un clima cálido-húmedo con variación de la temperatura” (Gobernación de Zamora Chinchipe, 2010).

5.2.2.2.2 *Temperatura.*

De acuerdo al Ministerio del Ambiente (2015), estipula que:

La temperatura del cantón Centinela del Cóndor fluctúa entre 15 y 24 °C, el cantón se encuentra inmerso en la zona climática denominada: TROPICAL MEGATERMICO HUMEDO. Estas temperaturas varían, debido a que pueden amanecer con clima cálido húmedo y- muy soleado, pero se puede tornar muy lluvioso. La precipitación media anual del cantón Centinela del Cóndor es de 2.000 a 5.000 mm con una humedad relativa >90%.

5.2.3 **Tipo de investigación.**

- **Carácter:** Experimental
- **Enfoque:** Cuantitativo
- **Alcance:** Correlacional

5.2.4 **Distribución de tratamientos.**

Los tratamientos y repeticiones utilizados para la realización de esta investigación son las especies vegetales conocidas como Repollo de agua (*Pistia stratiotes* L.) y Trébol de agua (*Limnobiium laevigatum* R.), las cuales están distribuidas de la siguiente manera:

- Tratamiento 1 (T1): Lechuga de agua (*Pistia stratiotes* L.)
 - Repetición 2 (T1): (*Pistia stratiotes* L.)
 - Repetición 1 (T1): (*Pistia stratiotes* L.)
- Tratamiento 2 (T2): Trébol de agua (*Limnobiium laevigatum* R.)
 - Repetición 2 (T2): (*Limnobiium laevigatum* R.)
 - Repetición 1 (T2): (*Limnobiium laevigatum* R.)
- Testigo

5.2.5 Variables de estudio.

5.2.5.1 Independiente.

Potencial fitorremediador de las especies utilizadas.

5.2.5.2 Dependiente.

Nivel de descontaminación de los lixiviados.

5.2.6 Hipótesis

La efectividad del tratamiento de los lixiviados generados en el relleno sanitario del cantón Centinela del Cóndor difiere o no entre el uso de la especie vegetal Trébol de agua (*Limnobium laevigatum* R.) y Lechuga de agua (*Pistia stratiotes* L.)

5.2.7 Diseño experimental.

El experimento se desarrolló en base al método estadístico no paramétrico denominado “Chi-Cuadrado o X^2 ”, aplicándose a los resultados del análisis de laboratorio realizados en los lixiviados de los tratamientos de las piscinas experimentales construidas.

5.2.7.1 Modelo matemático.

El método matemático utilizado, se basa en la siguiente formula:

$$X^2 = \sum \frac{(fo - fe)^2}{fe}$$

Dónde: fo = Frecuencia del valor observado

fe = Frecuencia del valor esperado

5.2.8 Población y muestra.

La población de la presente investigación fue de 80 plantas macrófitas acuáticas, de las cuales se evaluó el 50% con un periodo de una vez a la semana.

5.2.9 Metodología para el primer objetivo.

Realizar un diagnóstico del tratamiento actual de los lixiviados generados en el Relleno Sanitario de la ciudad de Zumbi.

Para la recopilación de la información referente al tratamiento de los lixiviados generados en el relleno sanitario y realizar la respectiva caracterización de los mismos se lo realizó en base a las siguientes actividades:

5.2.9.1 Recopilación de información secundaria.

Se solicitó la información al GAD Cantonal del Centinela del Cóndor donde se revisó el último Estudio de Impacto Ambiental realizado por petición de la Autoridad Ambiental Competente, en el cual presenta el funcionamiento del sistema implementado para la descontaminación de lixiviados generados en los procesos del relleno sanitario.

5.2.9.2 Encuesta al técnico responsable del relleno sanitario.

Se realizó una visita al técnico encargado del departamento de Gestión Ambiental del GAD cantonal de Centinela del Cóndor, el cual está a cargo el Ing. Patricio Quezada quien brindó la información solicitada en la encuesta presentada referente al funcionamiento del Relleno Sanitario, que consta desde la recolección hasta la disposición final y las respectivas medidas usadas para mitigar los impactos causados por los lixiviados (Anexo 1).

5.2.9.3 Caracterización de los lixiviados del relleno sanitario.

Para esta actividad, se realizó el trámite respectivo a la empresa GRUNTEC, para solicitarle el pertinente análisis físico-químico a las muestras de lixiviados del relleno sanitario, los parámetros a caracterizar se los estableció en base a los contaminantes hallados en el relleno sanitario de acuerdo al último análisis realizado por el GAD de Centinela del Cóndor.

En cuanto al proceso de caracterización de los lixiviados para su respectivo análisis en laboratorio, se recolectó en las siguientes cantidades de muestras en recipientes de tipo, capacidad y almacenamiento diferentes como se detalla a continuación:

La muestra para los análisis físico químicos se recogió en un recipiente estéril de plástico con un volumen de 500 ml, para los análisis de aniones y no metales se recogió en dos recipientes estériles de vidrio con un volumen de 500 ml cada uno, la muestra para los parámetros orgánicos se recolectó en un recipiente estéril de vidrio con un volumen de 1000 ml, y la muestra para los parámetros de metales totales se recogió en un recipiente de plástico estéril de 40 ml.

En el relleno sanitario se ha implementado para el tratamiento final de los lixiviados, una planta de tratamiento biológico con la especie vegetal Jacinto de Agua (*Eichhornia crassipes*), se ha escogido este tipo de tratamiento debido a que esta planta posee una característica de fitorremediación considerable. En cuanto a la eficiencia de la planta de tratamiento de lixiviados de acuerdo a los análisis realizados y en comparación a los análisis realizados por parte del GAD del Cantón Centinela del Cóndor, se ha obtenido que algunos de los parámetros analizados, sus resultados están por debajo de los límites permisibles establecidos en la tabla

9 del Anexo 1 pertenecientes al Acuerdo Ministerial 097, por lo tanto se considera que este método de tratamiento final a los lixiviados es eficaz en relación al poco caudal de lixiviados que proviene del relleno sanitario.

El sistema para la recolección de los lixiviados en el relleno sanitario es mediante tuberías de cuatro pulgadas perforadas y colocadas en la forma de espina de pescado conectados hacia un sistema central de recolección sobre la base de la celda de disposición final de los residuos sólidos. Además, se cuenta con un sistema de impermeabilización del talud y base de la celda para evitar la contaminación del agua freática mediante la colocación de geomembrana.

Existe un sistema de mantenimiento para la laguna de tratamiento de los lixiviados que consiste en la extracción, limpieza y el replante inmediato de la especie vegetal Jacinto de Agua (*Eichhornia crassipes*) para continuar con el proceso (esta actividad no se está realizando actualmente), únicamente se realiza el mantenimiento constante en los alrededores de la laguna de tratamiento a través de la eliminación de malezas que se desarrollan en esta área

5.2.10 Metodología para el segundo objetivo.

Evaluar el potencial fitorremediador de las especies Lechuga de agua (*Pistia stratiotes* L.) y Trébol de agua (*Limnobium laevigatum* R.) en el tratamiento de lixiviados generados en el Relleno Sanitario de la parroquia Zumbi.

Para cumplir con este objetivo referente a la evaluación del potencial fitorremediador de las especies propuestas, se lo realizó en base a las siguientes actividades:

5.2.10.1 Selección del sitio.

En base al diagnóstico que se realizó dentro del perímetro del relleno sanitario se logró elegir el lugar donde se construyó las piscinas experimentales, tomando en cuenta el sistema de tuberías instaladas en el relleno para la recolección de los lixiviados desde la celda provisional hacia el filtro percolador de tratamiento previo y finalmente hacia la laguna de tratamiento y disposición final de los lixiviados.



Fotografía .- Selección del sitio.

5.2.10.2 Diseño general de las piscinas experimentales.

Para cumplir con este parámetro se procedió a realizar un diseño general de la estructura que se implementó para lograr el éxito de esta investigación.

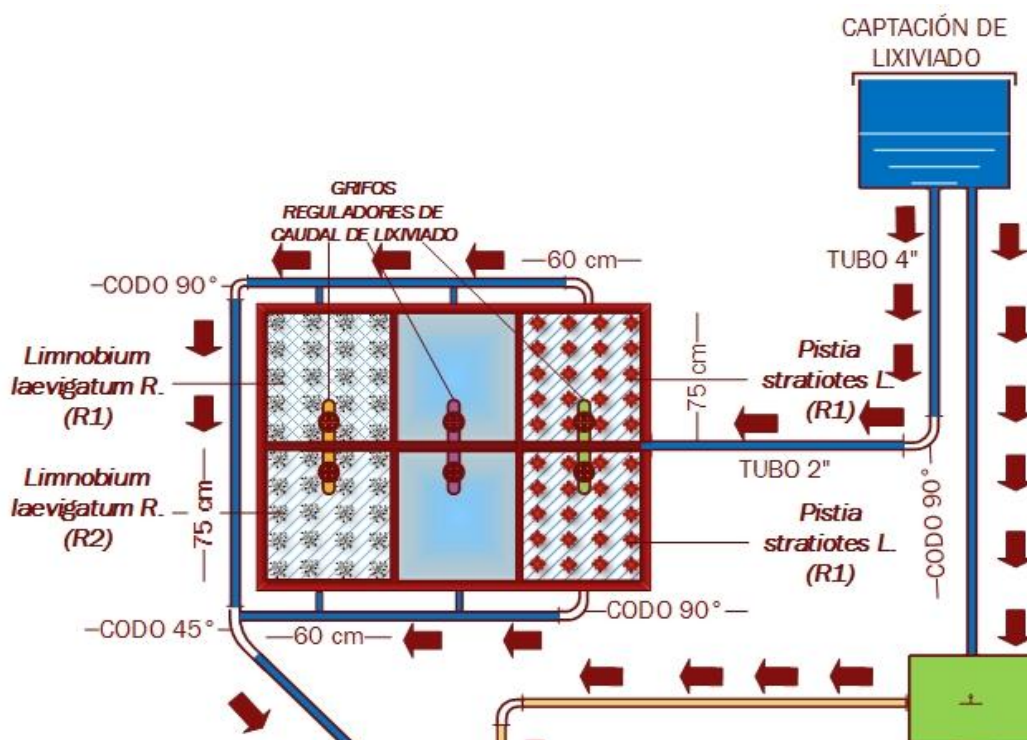


Figura .- *Diseño general de las piscinas experimentales.*

Con el diseño indicado, a continuación, se procedió a realizar la construcción de las piscinas experimentales en base a los siguientes pasos:

5.2.10.2.1 Paso 1.- construcción de piscinas experimentales.

Se construyeron 6 piscinas para realizar la presente investigación con las siguientes dimensiones:

- Largo: 0,60cm
- Ancho:0.75 cm
- Profundidad: 0.70 cm



Fotografía .- Dimensiones de las piscinas experimentales.

5.2.10.2.2 Paso 2.- Impermeabilización.

Para evitar posibles casos de filtración de lixiviados, se colocó un aditivo impermeabilizante en la mezcla de cemento que fue utilizado durante toda la fase de construcción de las piscinas experimentales.



Fotografía .- Incorporación del impermeabilizante en la mezcla.

5.2.10.2.3 Paso 3.- colocación de tuberías.

Se colocó las respectivas tuberías de PVC que sirvieron como medio de transporte del lixiviado principal, las cuales van desde el tanque de captación de los lixiviados hasta la distribución de cada una de las piscinas experimentales, donde constan de la misma forma las respectivas tuberías de PVC para el desagüe.



Fotografía .- *Instalación del sistema de tuberías.*

5.2.10.2.4 Cubierta.

Evitando que los lixiviados sobrepasen el límite máximo de las piscinas experimentales y se derramen por la acción de la precipitación, se colocó la cubierta que consto de listones de madera y plástico.



Fotografía .- *Colocación de la cubierta.*

5.2.10.2.5 Dar paso a los lixiviados.

Mediante el análisis volumétrico, se dejó un paso constante y estable de 1 l/h de caudal de lixiviados para cada una de las seis (6) piscinas experimentales, de tal manera que se pueda evaluar eficientemente las especies macrófitas propuestas en la presente investigación.



Fotografía .- *Análisis volumétrico*

5.2.10.2.6 Tipos de envases.

El tipo de envase para cada muestra fue proporcionado por la empresa GRUNTEC, debido a las diferentes medidas y composición de los envases de acuerdo a los parámetros de lixiviados a analizarse, debido a que son de diferentes composiciones y medidas que varían desde los 50 ml hasta los 1000 ml. Por tal razón, la empresa GRUNTEC proporciona los siguientes envases expresados en la siguiente tabla:

Tabla .- *Envases proporcionados por la empresa GRUNTEC.*

PARÁMETRO	TIPO DE ENVASE	CANT. (unidad)	CANTIDAD ml
Físico Químicos	Polietileno	1	1000 ml
Aniones y No metales	Polietileno	1	1000 ml
Parámetros Orgánicos	Plástico color Blanco	1	100 ml
Metales	Polietileno	1	50ml o 500 ml

Fuente: (Gruntec, 2015)



Fotografía .- *Envases proporcionados por la empresa GRUNTEC.*

5.2.10.3 *Recolección de muestras.*

En base a los protocolos de muestreo que posee GRUNTEC Environmental Services, se procedió a la respectiva recolección de las muestras, ya que, en efecto la empresa GRUNTEC se encarga de realizar servicios ambientales y cuentan con sede en la ciudad de Yantzaza. No obstante, las recolecciones de las muestras serán basadas en la Norma INEN 2169:98 (Agua, Calidad de Agua, Muestreo, Manejo y Conservación de Muestras).

Durante el muestreo de lixiviados, se usó guantes para cada muestra con el único fin de evitar contaminación de muestra a muestra. Así mismo antes de recoger la muestra de un sistema de distribución (tubería) se dejó fluir el agua por un tiempo (1 minuto mínimo) suficiente como para limpiar el sistema, por lo que se requiere que la muestra sea representativa. Los resultados obtenidos de la línea base serán comparados con los resultados del análisis de laboratorio de las muestras luego de la implementación

5.2.10.4 *Obtención de las muestras.*

Las muestras se las recolectaron del centro de las piscinas experimentales, así como también de las piscinas testigos incluyendo la caja de recolección, teniendo en cuenta que la eficacia de descontaminación de las especies propuestas fue comparada con la piscina testigo al término del sexto mes del proceso de experimentación.

5.2.10.5 *Toma de muestras.*

Para la respectiva toma de muestras de los parámetros analizados en la presente investigación, se realizó en el siguiente orden:

1. Para la primera toma de muestra conocida como muestra base o línea base, se recolectó 3 alícuotas de 2 litros de la caja de recolección y de los testigos respectivamente para formar una muestra compuesta de 3 litros.
2. Para la recolección de la segunda muestra de lixiviados compuesta, se realizó tomando 2 alícuotas de 2 litros de las repeticiones 1 y 2 del tratamiento 1 correspondiente a *Pistia stratiotes* L., respectivamente, para formar una muestra compuesta de 3 litros.
3. Para la recolección de la tercera muestra de lixiviados compuesta, se realizó tomando 2 alícuotas de 2 litros de las repeticiones 1 y 2 del tratamiento 2 correspondiente a *Limnobium laevigatum* R. respectivamente para formar una muestra compuesta de 3 litros.

Cabe recalcar que todas las muestras se las tomó en base a las normas INEN 2169:28., las cuales están establecidas dentro de los instructivos para la recolección de las muestras del grupo GRUNTEC empresa de servicios ambientales, sede ubicada en la ciudad de Quito con su respectiva sucursal en el cantón Yantzaza. Así como también, se lo realizó basándose en los protocolos de recolección que posee la empresa GRUNTEC.



Fotografía .- Toma de muestras.

5.2.10.6 *Etiquetado y traslado de las muestras.*

Por otra parte, luego de haber obtenido cada muestra se las etiquetó en cada uno de los diferentes recipientes con los siguientes datos (Anexo 2):

- Fecha
- Código
- Responsable
- Cantidad
- Coordenadas UTM

Puesto que, al haber culminado con el muestreo de los lixiviados se colocó cada uno de los recipientes en un cooler para que prevenir que exista una interacción con el medio, una contaminación de la muestra o derrames. Dado que el traslado de las muestras se lo realizó por medio de un vehículo se excedió por más de 3 horas sin los aditivos que Gruntec emplea para su preservación y análisis.



Fotografía .- *Etiquetado de las muestras.*

5.2.10.7 Caudal de los lixiviados.

Utilizando el análisis volumétrico, se obtuvo un caudal estable y fijo de lixiviados, con el fin de evitar que el caudal sobrepase el nivel de las piscinas experimentales.

5.2.10.8 Especies vegetales empleadas.

5.2.10.8.1 Adquisición

Tanto *Pistia stratiotes* L. como *Limnobium laevigatum* R., se las obtuvo de dos importadores localizados en la ciudad de Quito – Ecuador.

5.2.10.8.2 Siembra.

Para una siembra exitosa de las especies vegetales propuestas, se lo realizó en base a la selección de los mejores ejemplares, para ello se tuvo en cuenta las siguientes condiciones:

- Posean una buena pigmentación.
- No presenten ninguna anomalía en cualquiera de sus partes.
- Sean especies jóvenes.
- Posean un sistema radicular abundante.



Fotografía .- *Siembra de las especies vegetales.*

5.2.10.8.3 Monitoreo y control

Procediendo con el monitoreo y control de las especies propuestas, se lo realizó en un tiempo determinado de 1 día a la semana durante 15 semanas a partir de la fase de siembra de las especies propuestas correspondiente a los meses de mayo – agosto, mediante la aplicación de una ficha de registro se obtuvieron datos en base a los siguientes parámetros (Anexo 3)

- Número de hojas.
- Coloración de las hojas.
- Longitud de la raíz (cm).
- Mortalidad de la planta



Fotografía .- Monitoreo y control.

5.2.10.8.4 Determinación del caudal.

El caudal estable determinado fue de 0.5 l/s que es equivalente a 2 l/h, el cual es un caudal constante que se aplica para todas las piscinas experimentales incluyendo las piscinas testigos durante toda la fase de investigación.

6 RESULTADOS

6.1 Resultado del primer objetivo específico

6.1.1 Realizar un diagnóstico del tratamiento actual de los lixiviados generados en el Relleno Sanitario de la ciudad de Zumbi.

En lo referente a la recopilación de información secundaria, los aspectos más importantes extraídos desde el Estudio de Impacto Ambiental ExPost, Plan de Manejo Ambiental y memoria técnica del relleno sanitario de la ciudad de Zumbi referido de los lixiviados generados en este relleno sanitario son los siguientes.

Celda de disposición final de los desechos sólidos.

El relleno sanitario tiene una proyección de vida útil para 25 años a partir del inicio de su funcionamiento, posee una celda principal para la disposición de los desechos sólidos que cuenta con un área aproximada de 1500 m².



Fotografía .- *Disposición final de los residuos sólidos.*

La celda tiene instalado un sistema de drenaje en forma de espina de pescado para la respectiva recolección de lixiviados que desemboca en la planta de tratamiento de hormigón armado que contiene sedimentador, decantador, filtro, laguna de oxidación y tanque de descarga ascendente. A pesar de tener canales periféricos para interceptar y desviar las aguas de escorrentías, la lluvia cae directamente sobre la superficie del relleno aumentando significativamente el volumen del lixiviado, por lo tanto, posee construido un sistema de drenaje en zanja que sirve de base antes del depósito de residuos con el objetivo de retener el líquido lixiviado en el interior del relleno.

Celda de tratamiento biológico.

El lixiviado que es recolectado por el sistema de drenaje proyectado en relleno sanitario, que, según los estudios correspondientes, tiene un caudal de 0.5 l/s, es conducido a la celda de tratamiento biológico para así depurarlo y disminuir la alta carga contaminante, antes de ser descargado a un cuerpo receptor.

La celda de tratamiento biológico (fotografía 6) en forma de rectángulo con un área de 10 m. x 5 m. y 2 m. de profundidad, está ubicada en la parte baja del relleno sanitario, y es el lugar en donde se descargan todos los lixiviados generados en el relleno, previo a su paso por las zanjas de recolección, filtros percoladores y cajas de revisión. Para el tratamiento del lixiviado se utiliza el proceso de fitorremediación con la especie vegetal Jacinto de Agua (*Eichhornia crassipes*).



Fotografía .- *Celda de tratamiento biológico con la especie Jacinto de Agua.*

6.1.2 Encuesta al técnico responsable del relleno sanitario.

En cuanto a la encuesta aplicada al técnico responsable de la unidad de calidad ambiental del GAD Centinela del Cóndor, se recolectaron datos puntuales, obteniendo una generación total de los residuos sólidos por día de 2.5 Tn/día de residuos inorgánicos comunes y, 1 Tn/día de residuos orgánicos obteniendo un total de 3.5 Tn/día de residuos, la presencia del bajo tonelaje de los residuos orgánicos se debe a que la población posee un empoderamiento en temas como elaboración de abonos orgánicos y reciclaje ocupando gran parte de los mismos en su finca/parcela familiar, es por eso que, la generación del caudal de ingreso y salida de lixiviados es de 0.5 lts/s y 0.1 lts/s respectivamente. Para el respectivo análisis de lixiviados se procede a recoger 3 muestras, una en la descarga, la segunda cien metros abajo y la tercera cien metros arriba del cuerpo hídrico receptor. El técnico asegura que el tratamiento utilizado es eficaz decidiendo aplicar el sistema de

fitorremediación utilizado en estudios preliminares, sin embargo, en el reporte de resultados de la caracterización de línea base, se obtuvieron 3 parámetros que están sobre los límites máximos permisibles y su principal causa es la ausencia de mantenimiento en la celda de tratamiento biológico que acompañada de plagas (hormigas, saltamontes, caracoles) afectan directamente a la eficacia del sistema de fitorremediación utilizado.

6.1.3 Análisis de resultados ex situ.

Los resultados de la caracterización de los lixiviados generados en el relleno sanitario son obtenidos luego del respectivo análisis de muestras en el laboratorio el día 26 de mayo del 2016 (Anexo 4), sin embargo, cabe mencionar que dicho laboratorio se encuentra acreditado por el Servicio de Acreditación Ecuatoriana (SAE), ya que, este organismo es el ente encargado de regular los laboratorios para mayor confiabilidad de los resultados.

En el cuadro 2 se presenta la comparación de los resultados de laboratorio de cada uno de los parámetros (caracterización) con los límites máximos permisibles encontrados en la tabla 9 del Anexo 1 en el Acuerdo Ministerial 097 emitido por la Autoridad Ambiental.

Cuadro .- Caracterización de los lixiviados (Testigo) del Relleno Sanitario.

Rotulación Muestra:	TESTIGO	Límite máximo permisible tabla 9 Anexo 1, Acuerdo Ministerial 097- A, TULSMA d)	Método adaptado de referencia
Físico químico:			
pH	6,4	6 - 9	SH 4500 H / MM-AG/S-01
Conductividad uS/cm	241	N/A	EPA 9050 A / MM-AG/S-02
Dureza T. (mg/L)	45	N/A	SM 2340 B/ EPA 6020/ MM-AG-21
Solidos Suspendidos Totales (mg/L)	211	130	SM 2540 D/ MM-AG-05
Aniones y no metales			
Alcalinidad total como CaCo3 mg/l	97	N/A	SM 2320/ MM-AG-09
Bicarbonato mg/L	119	N/A	SM 2320/ MM-AG-09

Amonio mg/L	7.4	N/A	SM 4500 Norg/ MM-AG-15
Amonio como Amoniaco mg/L	7.8	N/A	SM 4500 Norg/ MM-AG-15
Amonio expresado como Nitrógeno mg/L	5.7	30	SM 4500 Norg/ MM-AG-15
Cloruro (mg/L)	13	1000	EPA 300.1/ MM-AG-37
Sulfato (mg/L)	7.2	1000	EPA 300.1/ mm-ag-37
Parámetros orgánicos			
Carbono Orgánico Total mg/L	6.8	N/A	EPA 415/ MM-AG-14
DBO (mg/L)	119	100	SM 5210 B, D/ MM-AG-19
DQO (mg/L)	210	200	SM 5220 D/ MM-AG-18
Nitrógeno Total Kjeldahl mg/L	48	50.0	SM 4500 Norg/ MM-AG-35
Metales totales			
Calcio mg/L	14	N/A	EPA 6020 A/ MM-AG/ S-39
Fósforo mg/L	0.24	10	EPA 6020 A/ MM-AG/ S-39
Hierro mg/L	3.3	10	EPA 6020 A/ MM-AG/ S-39
Magnesio mg/L	2.8	N/A	EPA 6020/ MM-AG/ S-39
Potasio mg/L	19	N/A	EPA 6020/ MM-AG/ S-39

En lo concerniente a la caracterización de los parámetros en los lixiviados se obtuvo los siguientes resultados:

Parámetros Físico-Químicos.

En el cuadro 2 el valor de pH es de 6,4 el cual está dentro de los límites máximo permisibles de acuerdo a la tabla 9 del Anexo 1 del AM 097-A, en este mismo sentido el resultado del parámetro Sólidos Totales es de 211 mg/L, es decir, se encuentra sobre el límite permisible.

Parámetros de aniones y no metales

En el cuadro 2 el resultado del parámetro Cloruro es de 13 mg/L, el cual está dentro del límite máximo permisible de acuerdo a la tabla 9 del Anexo 1 del AM 097, sin embargo, el resultado para el parámetro Amonio expresado como Nitrógeno es de 57 mg/L, es decir se encuentra sobre los límites máximos permisibles.

Parámetros orgánicos.

En el cuadro 2 el valor de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) es de 119 mg/L el cual está sobre los límites máximos permisibles de acuerdo a la tabla 9 del Anexo 1 del AM 097. El valor del parámetro Demanda Química de Oxígeno (DQO) es de 110 mg/L, el cual está sobre los límites máximos permisibles de acuerdo a la tabla 9 del Anexo 1 del AM 097.

Parámetros metales totales.

En cuanto al análisis caracterizado del parámetro Hierro, el resultado en el cuadro 2 es de 3.3 mg/L, es cual está dentro del límite máximo permisible de acuerdo a la tabla 9 del Anexo 1 del AM 097, el valor del parámetro Fósforo es de 0.24 mg/L, el cual es menor a 10 mg/L, por lo tanto, se encuentra dentro del límite máximo permisible de acuerdo a la tabla 9 del Anexo 1 del AM 097.

6.2 Resultados del segundo objetivo

6.2.1 Selección del sitio de muestreo

En la **Fotografía 14 y 15** se muestra el sitio donde se realizó el muestreo y su respectiva recolección de muestras para ser llevados al laboratorio para finalmente obtener el reporte de resultados de la fase final.



Fotografía .- Sitio de muestreo de la fase final.



Fotografía .- Toma de muestras de la fase final.

6.2.2 Monitoreo y control

El seguimiento se lo realizó en base a la ficha de registro del **Anexo 3**, el cual se lo presenta en una sistematización en el **cuadro 3** y **cuadro 4** respectivamente.

Cuadro .- Monitoreo y control de *Limnobiium laevigatum* R.

Tratamiento 1								
<i>Limnobiium laevigatum</i> R.								
R1					R2			
Semana	N° Hojas	Longitud de Raíz (cm)	Pigmentación de Hojas	Mortalidad de la Planta	N° Hojas	Longitud de Raíz (cm)	Pigmentación de Hojas	Mortalidad de la Planta
Semana 1	4	13	Verde – 100%	No – 0%	4	10	Verde – 100%	No – 0%
Semana 2	4	15	Verde – 100%	No – 0%	4	14	Verde – 100%	No – 0%
Semana 3	4	17	Verde – 100%	No – 0%	4	19	Verde – 100%	No – 0%
Semana 4	4	20	Verde – 100%	No – 0%	4	24	Verde – 100%	No – 0%
Semana 5	4	29	Verde – 100%	No – 0%	4	31	Verde – 100%	No – 0%
Semana 6	3	32	Verde – 100%	No – 0%	5	34	Verde – 100%	No – 0%
Semana 7	4	36	Verde – 100%	No – 0%	4	38	Verde – 100%	No – 0%
Semana 8	4	40	Verde – 100%	No – 0%	4	42	Verde – 100%	No – 0%
Semana 9	3	44	Verde – 100%	No – 0%	3	46	Verde – 100%	No – 0%
Semana 10	3	48	Verde – 100%	No – 0%	4	50	Verde – 100%	No – 0%
Semana 11	4	52	Verde – 100%	No – 0%	3	54	Verde – 100%	No – 0%
Semana 12	3	55	Verde – 100%	No – 0%	4	57	Verde – 100%	No – 0%
Semana 13	4	58	Verde – 100%	No – 0%	3	60	Verde – 100%	No – 0%
Semana 14	3	61	Amarillo-Verdoso – 40%	Si – 10%	3	62	Amarillo-Verdoso – 47%	No – 10%
Semana 15	2	61	Amarillo - 70%	Si – 70%	2	62	Amarillo – 70%	Si – 70%

Interpretación: En el cuadro 3 se aprecia una diferencia en el crecimiento de la longitud de raíz en ambas repeticiones correspondientes al tratamiento de la especie *Limnobiium laevigatum* R llegando a su longitud máxima en la catorceava semana con una longitud de 61 cm, es importante considerar que a partir de este tiempo la especie llegó a su edad adulta por lo cual empieza su fase degenerativa una vez cumplido su ciclo de vida, por esta razón el 40% y 47% de la población muestreada en ambas repeticiones

presenta clorosis degenerativa de color amarillo verdoso iniciando la apoptosis (muerte natural de la especie) para que, al término de la quinceava semana llegara al 70% de mortalidad del total de la población muestreada en ambos casos.

Cuadro .- Monitoreo y control de *Pistia stratiotes* L.

Tratamiento 2								
<i>Pistia stratiotes</i> L.								
R1					R2			
Semana	N° Hojas	Longitud de Raíz (cm)	Pigmentación de Hojas	Mortalidad de la Planta	N° Hojas	Longitud de Raíz (cm)	Pigmentación de Hojas	Mortalidad de la Planta
Semana 1	8	11	Verde – 100%	No – 0%	7	10	Verde – 100%	No – 0%
Semana 2	13	14	Verde – 100%	No – 0%	12	15	Verde – 100%	No – 0%
Semana 3	13	20	Verde – 100%	No – 0%	12	21	Verde – 100%	No – 0%
Semana 4	14	27	Verde – 100%	No – 0%	13	28	Verde – 100%	No – 0%
Semana 5	13	32	Verde – 100%	No – 0%	14	33	Verde – 100%	No – 0%
Semana 6	13	37	Verde – 100%	No – 0%	12	36	Verde – 100%	No – 0%
Semana 7	13	41	Verde – 100%	No – 0%	12	40	Verde – 100%	No – 0%
Semana 8	14	47	Verde – 100%	No – 0%	13	46	Verde – 100%	No – 0%
Semana 9	13	54	Verde – 100%	No – 0%	13	53	Verde – 100%	No – 0%
Semana 10	13	57	Verde – 100%	No – 0%	14	56	Verde – 100%	No – 0%
Semana 11	13	61	Verde – 100%	No – 0%	13	60	Verde – 100%	No – 0%
Semana 12	14	61	Verde – 100%	No – 0%	14	60	Verde – 100%	No – 0%
Semana 13	13	61	Verde – 100%	No – 0%	13	62	Verde – 100%	No – 0%
Semana 14	12	62	Amarillo-Verdoso – 40%	Si – 20%	12	62	Amarillo-Verdoso – 40%	Si – 20%
Semana 15	6	62	Amarillo – 80%	Si – 80%	6	62	Amarillo – 80%	Si – 80%

Interpretación: En el cuadro 4 presenta una diferencia en el crecimiento de la longitud de raíz en ambas repeticiones correspondientes al tratamiento de la especie *Pistia stratiotes* L. Llegando a su longitud máxima en la catorceava semana con una longitud de 62 cm, es importante considerar que a partir de este tiempo la especie llegó a su edad adulta por lo cual empieza su fase

degenerativa una vez cumplido su ciclo de vida, por esta razón el 40% de la población muestreada en ambas repeticiones presenta clorosis degenerativa de color amarillo verdoso iniciando la apoptosis (muerte natural de la especie) para que, con la ayuda de plagas (saltamontes, caracol) acelerara el proceso de mortalidad, concluyendo que al término de la quinceava semana llegara al 80% de mortalidad del total de la población muestreada en ambos casos.



En el **cuadro 5 y cuadro 6** se presenta los resultados obtenidos del laboratorio correspondiente a los tratamientos en estudio (Anexo 5).

Cuadro .- Resultados obtenidos en el Laboratorio para *Limnobium laevigatum* R.

Rotulación Muestra:	Trébol de agua <i>Limnobium laevigatum</i> R.	Límite máximo permisible tabla 9 Anexo 1, Acuerdo Ministerial 097-A, TULSMA d)	Método adaptado de referencia
Físico químico:			
pH	7,7	6 - 9	SH 4500 H / MM-AG/S-01
Conductividad uS/cm	330	N/A	EPA 9050 A / MM-AG/S-02
Dureza T. (mg/L)	129	N/A	SM 2340 B/ EPA 6020/ MM-AG-21
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	<5	130	SM 2540 D/ MM-AG-05
Aniones y no metales			
Alcalinidad total como CaCO ₃ mg/l	197	N/A	SM 2320/ MM-AG-09
Bicarbonato mg/L	240	N/A	SM 2320/ MM-AG-09
Amonio mg/L	<0.02	N/A	SM 4500 Norg/ MM-AG-15
Amonio como Amoniaco mg/L	<0.02	N/A	SM 4500 Norg/ MM-AG-15
Amonio expresado como Nitrógeno mg/L	<0.02	30	SM 4500 Norg/ MM-AG-15
Cloruro (mg/L)	6.2	1000	EPA 300.1/ MM-AG-37
Sulfato (mg/L)	3.5	1000	EPA 300.1/ mm-ag-37
Parámetros orgánicos			
Carbono Orgánico Total mg/L	3.3	N/A	EPA 415/ MM-AG-14
DBO (mg/L)	<2	100	SM 5210 B, D/ MM-AG-19
DQO (mg/L)	5	200	SM 5220 D/ MM-AG-18
Nitrógeno Total Kjeldahl mg/L	<0.5	50.0	SM 4500 Norg/ MM-AG-35
Metales totales			
Calcio mg/L	49	N/A	EPA 6020 A/ MM-AG/ S-39
Fósforo mg/L	<0.05	10	EPA 6020 A/ MM-AG/ S-39
Hierro mg/L	0.11	10	EPA 6020 A/ MM-AG/ S-39
Magnesio mg/L	1.6	N/A	EPA 6020/ MM-AG/ S-39
Potasio mg/L	16	N/A	EPA 6020/ MM-AG/ S-39

Cuadro .- Resultados obtenidos en el Laboratorio para *Pistia stratiotes* L.

Rotulación Muestra:	Lechuga de agua <i>Pistia stratiotes</i> L.	Límite máximo permisible tabla 9 Anexo 1, Acuerdo Ministerial 097-A, TULSMA d)	Método adaptado de referencia
Físico químico:			
pH	7,9	6 - 9	SH 4500 H / MM-AG/S-01
Conductividad uS/cm	293	N/A	EPA 9050 A / MM-AG/S-02
Dureza T. (mg/L)	123	N/A	SM 2340 B/ EPA 6020/ MM-AG-21
Solidos Suspendidos Totales (mg/L)	<5	130	SM 2540 D/ MM-AG-05
Aniones y no metales			
Alcalinidad total como CaCo3 mg/l	183	N/A	SM 2320/ MM-AG-09
Bicarbonato mg/L	223	N/A	SM 2320/ MM-AG-09
Amonio mg/L	<0.02	N/A	SM 4500 Norg/ MM-AG-15
Amonio como Amoniaco mg/L	<0.02	N/A	SM 4500 Norg/ MM-AG-15
Amonio expresado como Nitrógeno mg/L	<0.02	30	SM 4500 Norg/ MM-AG-15
Cloruro (mg/L)	0.51	1000	EPA 300.1/ MM-AG-37
Sulfato (mg/L)	2.8	1000	EPA 300.1/ mm-ag-37
Parámetros orgánicos			
Carbono Orgánico Total mg/L	3.9	N/A	EPA 415/ MM-AG-14
DBO (mg/L)	<2	100	SM 5210 B, D/ MM-AG-19
DQO (mg/L)	5	200	SM 5220 D/ MM-AG-18
Nitrógeno Total Kjeldahl mg/L	<0.5	50.0	SM 4500 Norg/ MM-AG-35
Metales totales			
Calcio mg/L	49	N/A	EPA 6020 A/ MM-AG/ S-39
Fósforo mg/L	<0.05	10	EPA 6020 A/ MM-AG/ S-39
Hierro mg/L	0.02	10	EPA 6020 A/ MM-AG/ S-39
Magnesio mg/L	0.45	N/A	EPA 6020/ MM-AG/ S-39
Potasio mg/L	18	N/A	EPA 6020/ MM-AG/ S-39

En el **cuadro 7** se presenta en síntesis los resultados con mayor (color verde ) y menor efectividad (color rojo ) datos que fueron comparados con los resultados de la caracterización de la línea base y con los límites máximos permisibles que emite la Autoridad Ambiental.

Cuadro .- Resumen de Resultados de los cuadros 2, 5 y 6

Rotulación Muestra:	TESTIGO	Trébol de agua (<i>Limnobium laevigatum</i> R.)	Lechuga de agua (<i>Pistia stratiotes</i> L.)	Límite máximo permisible tabla 9 Anexo 1, Acuerdo Ministerial 097-A, TULSMA d)
Físico químico:				
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	211	<5	<5	130
Aniones y no metales				
Amonio expresado como Nitrógeno mg/L	5.7	<0.02	<0.02	30
Cloruro (mg/L)	13	6.2	0.51	1000
Sulfato (mg/L)	7.2	3.5	2.8	1000
Parámetros orgánicos				
DBO (mg/L)	119	<2	<2	100
DQO (mg/L)	210	5	5	200
Nitrógeno Total Kjeldahlmg/L	48	<0.5	<0.5	50
Metales totales				
Fósforo mg/L	0.24	<0.05	<0.05	10
Hierro mg/L	3.3	0.11	0.02	10
Potasio mg/L	19	16	18	N/A

En este caso se analizó los cuadros de resultados por cada uno de los parámetros establecidos y los tratamientos propuestos con referencia a la línea base y los límites máximos permisibles que emite la Autoridad Ambiental, concluyendo que ambas especies presentan un promedio del 74.99% de remoción de contaminantes siendo los datos más relevantes la remoción del 99.65% del Nitrógeno amoniacal, 98.32% del DBO, 97.63% de SST y 97.62% en la remoción del DQO respectivamente, dicho en otras palabras, se puede afirmar que ambos tratamientos son eficaces a la hora de fitorremediar este tipo de contaminantes presentes en los lixiviados generados por el relleno sanitario.

6.2.3 Desarrollo del modelo estadístico no paramétrico “Chi-cuadrado (X²)” para determinar los parámetros establecidos:

Una vez obtenido el reporte de los análisis de laboratorio de las dos (2)

muestras compuestas de lixiviados, a través de las cuales, se procedió a evaluar que especie vegetal estudiada presenta mayor potencial fitorremediador, en pocas palabras, se calculó el valor del Chi-cuadrado y el valor crítico (v.c) para realizar el contraste de las hipótesis plateadas, es decir, para determinar si existe o no diferencia entre los dos tratamientos aplicados en la presente investigación.

6.2.3.1 Hipótesis.

La descontaminación de lixiviados en el relleno sanitario del cantón Centinela del Cóndor depende del potencial fitorremediador de las especies a utilizar.

6.2.3.1.1 Planteamiento de la hipótesis nula y la hipótesis alternativa

Hipótesis Nula (H₀)

La efectividad del tratamiento de los lixiviados por el proceso de fitorremediación no difiere entre el uso de las especies vegetales Lechuga de agua (*Pistia stratiotes* L.) y Trébol de agua (*Limnobium laevigatum* R.)

Hipótesis Alternativa (H₁)

La efectividad del tratamiento de los lixiviados por el proceso de fitorremediación si difiere entre el uso de las especies vegetales Lechuga de agua (*Pistia stratiotes* L.) y Trébol de agua (*Limnobium laevigatum* R.)

6.2.3.1.2 Calcular el valor de Chi-cuadrado (X²).

Como primer paso se elaboró la **tabla 5**, en la cual se muestra el reporte de resultados de los análisis de las piscinas con Trébol de agua (*Limnobium laevigatum* R.) y Lechuga de agua (*Pistia stratiotes* L.) respectivamente, obteniendo

de tal forma una síntesis representada en una tabla de contingencia de las frecuencias observadas.

Tabla .- *Tabla de contingencias con las frecuencias observadas en los tratamientos 1 y 2*

Parámetro	Trébol de agua (<i>Limnobiium laevigatum</i> R.)		Lechuga de agua (<i>Pistia stratiotes</i> L.)
	Tratamiento 2	Tratamiento 1	
pH	7.7	7.9	
Conductividad uS/cm	330	293	
Dureza T. (mg/L)	129	123	
Solidos Suspendidos Totales (mg/L)	<5	<5	
Alcalinidad total como CaCo3 mg/l	197	183	
Bicarbonato mg/L	240	223	
Amonio mg/L	0.02	0.02	
Amonio como Amoniaco mg/L	0.02	0.02	
Amonio expresado como Nitrógeno mg/L	0.02	0.02	
Cloruro (mg/L)	6.2	0.51	
Sulfato (mg/L)	3.5	2.8	
Carbono Orgánico Total mg/L	3.3	3.9	
DBO (mg/L)	2	2	
DQO (mg/L)	5	5	
Nitrógeno Total Kjeldahl mg/L	0.5	0.5	
Calcio mg/L	49	49	
Fósforo mg/L	0.05	0.05	
Hierro mg/L	0.11	0.02	
Magnesio mg/L	1.6	0.45	
Potasio mg/L	16	18	

Luego de haber sintetizado el reporte de análisis de los resultados de lixiviados plasmados en la **tabla 5**, los cuales corresponden al Tratamiento uno (1) y Tratamiento dos (2) respectivamente, se procedió a efectuar el segundo paso, el cual consiste en la suma de los resultados tanto de las filas como de las columnas para obtener el valor de la frecuencia esperada.

Tabla .- Resultados de la suma de las frecuencias observadas

PARÁMETRO	TRÉBOL DE AGUA (<i>LIMNOBIUM LAEVIGATUM R.</i>)	LECHUGA DE AGUA (<i>PISTIA STRATIOTES L.</i>)	FRECUENCIA ESPERADA
	Tratamiento 2	Tratamiento 1	
pH	7.7	7.9	15.6
Conductividad uS/cm	330	293	623
Dureza T. (mg/L)	129	123	252
Solidos Suspendidos Totales (mg/L)	5	5	10
Alcalinidad total como CaCo3 mg/l	197	183	380
Bicarbonato mg/L	240	223	463
Amonio mg/L	0.02	0.02	0.04
Amonio como Amoniaco mg/L	0.02	0.02	0.04
Amonio expresado como Nitrógeno mg/L	0.02	0.02	0.04
Cloruro (mg/L)	6.2	0.51	6.71
Sulfato (mg/L)	3.5	2.8	6.3
Carbono Orgánico Total mg/L	3.3	3.9	7.2
DBO (mg/L)	2	2	4
DQO (mg/L)	5	5	10
Nitrógeno Total Kjeldahl mg/L	0.5	0.5	1
Calcio mg/L	49	49	98
Fósforo mg/L	0.05	0.05	0.1
Hierro mg/L	0.11	0.02	0.13
Magnesio mg/L	1.6	0.45	2.05
Potasio mg/L	16	18	34
FRECUENCIA ESPERADA	996.020	917.190	1913.210

Con los datos obtenidos de la **tabla 6**, se llevó a cabo el tercer paso en el cual se aplicó la siguiente fórmula para determinar los valores de las frecuencias esperadas.

$$Fe = (\Sigma_{C.} * \Sigma_{f.}) / \Sigma \text{ total}$$

Donde:

Fe = Frecuencia esperada.

$\Sigma_{C.}$ = Sumatoria total de cada columna.

$\Sigma_{f.}$ = Sumatoria de cada fila.

$\Sigma \text{ total}$ = Sumatoria total de los valores de la tabla.

Una vez realizada la aplicación de la fórmula antes expuesta en cada uno de los valores de la **tabla 6**, se obtuvo las frecuencias esperadas del reporte de los resultados de los análisis a los lixiviados pertenecientes a los tratamientos uno (1) y dos (2) expresados en la siguiente tabla.

Tabla .- Resultados de las frecuencias esperadas para tratamiento 1 y 2

Parámetro	Frecuencia Esperada	
	Tratamiento 2	Tratamiento 1
pH	8.1214	7.4786
Conductividad uS/cm	324.3347	298.6653
Dureza T. (mg/L)	131.1916	120.8084
Solidos Suspendidos Totales (mg/L)	5.2060	4.7940
Alcalinidad total como CaCo ₃ mg/l	197.8286	182.1714
Bicarbonato mg/L	241.0385	221.9615
Amonio mg/L	0.0208	0.0192
Amonio como Amoniaco mg/L	0.0208	0.0192
Amonio expresado como Nitrógeno mg/L	0.0208	0.0192
Cloruro (mg/L)	3.4932	3.2168
Sulfato (mg/L)	3.2798	3.0202
Carbono Orgánico Total mg/L	3.7483	3.4517
DBO (mg/L)	2.0824	1.9176
DQO (mg/L)	5.2060	4.7940
Nitrógeno Total Kjeldahl mg/L	0.5206	0.4794
Calcio mg/L	51.0189	46.9811
Fósforo mg/L	0.0521	0.0479
Hierro mg/L	0.0677	0.0623
Magnesio mg/L	1.0672	0.9828
Potasio mg/L	17.7005	16.2995

Una vez obtenidos los datos valores correspondientes para las frecuencias observadas y esperadas, se continuó con el cuarto paso, el cual consistió en la aplicación del cálculo del Chi-cuadrado (X^2) utilizando la siguiente fórmula:

$$X^2 = \sum \frac{(fo - fe)^2}{fe}$$

Donde:

X^2 = Chi-cuadrado.

fo = Frecuencia del valor observado.

fe = Frecuencia del valor esperado.

Desarrollo del procedimiento para el cálculo del Chi-cuadrado (X^2)

$$\begin{aligned} X^2 = & \left(\frac{(7.7-8.1214)^2}{8.1214} + \frac{(7.9-7.4786)^2}{7.4786} + \frac{(330-324.3347)^2}{324.3347} + \frac{(293-298.6653)^2}{298.6653} + \right. \\ & \frac{(129-131.1916)^2}{131.1916} + \frac{(123-120.8084)^2}{120.8084} + \frac{(5-5.2060)^2}{5.2060} + \frac{(5-4.7940)^2}{4.7940} + \\ & \frac{(197-197.8286)^2}{197.8286} + \frac{(183-182.1714)^2}{182.1714} + \frac{(240-241.0385)^2}{241.0385} + \frac{(223-221.9615)^2}{221.9615} + \\ & \frac{(0.02-0.0208)^2}{0.0208} + \frac{(0.02-0.0192)^2}{0.0192} + \frac{(0.02-0.0208)^2}{0.0208} + \frac{(0.02-0.0192)^2}{0.0192} + \\ & \frac{(0.02-0.0208)^2}{0.0208} + \frac{(0.02-0.0192)^2}{0.0192} + \frac{(6.2-3.4932)^2}{3.4932} + \frac{(0.51-3.2168)^2}{3.2168} + \frac{(3.5-3.2798)^2}{3.2798} + \\ & \frac{(2.8-3.0202)^2}{3.0202} + \frac{(3.3-3.7483)^2}{3.7483} + \frac{(3.9-3.4517)^2}{3.4517} + \frac{(2-2.0825)^2}{2.0824} + \frac{(2-1.9176)^2}{1.9176} + \\ & \frac{(5-5.2060)^2}{5.2060} + \frac{(5-4.7940)^2}{4.7940} + \frac{(0.5-0.5206)^2}{0.5206} + \frac{(0.5-0.4794)^2}{0.4794} + \frac{(49-51.0189)^2}{51.0189} + \\ & \frac{(49-46.9811)^2}{46.9811} + \frac{(0.05-0.0521)^2}{0.0521} + \frac{(0.05-0.0479)^2}{0.0479} + \frac{(0.11-0.0677)^2}{0.0677} + \\ & \left. \frac{(0.02-0.0623)^2}{0.0623} + \frac{(1.6-1.0672)^2}{1.0672} + \frac{(0.45-0.9828)^2}{0.9828} + \frac{(16-17.7005)^2}{17.7005} + \frac{(18-16.2995)^2}{16.2995} \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \chi^2 = \sum & 0.0219 + 0.0237 + 0.0990 + 0.1075 + 0.0366 + 0.0398 + 0.0082 \\
 & + 0.0089 + 0.0035 + 0.0038 + 0.0045 + 0.0049 + 0.00 \\
 & + 0.00 + 0.00 + 0.00 + 0.00 + 0.00 + 2.0974 + 2.2776 \\
 & + 0.0148 + 0.0163 + 0.0536 + 0.0582 + 0.0033 + 0.0035 \\
 & + 0.0082 + 0.0089 + 0.0008 + 0.0009 + 0.0799 + 0.0868 \\
 & + 0.0001 + 0.0001 + 0.0265 + 0.0287 + 0.2660 + 0.2888 \\
 & + 0.1634 + 0.1774
 \end{aligned}$$

$$\chi^2 = 6.0229$$

Luego de haber obtenido el resultado del cálculo del Chi-cuadrado (χ^2), se procedió a realizar el quinto paso el cual consistió en determinar el valor de "P", el grado de libertad (V) y el valor crítico.

Valor de "P"

Para obtener el valor de "P" se aplicó la siguiente fórmula:

$$P = 1 - \text{Nivel de significancia (0.05)}$$

$$P = 1 - 0.05$$

$$P = 0.95$$

Grado de libertad (V)

Para obtener el grado de libertad se aplicó la siguiente fórmula:

$$V = (\text{Cantidad de filas} - 1) * (\text{Cantidad de columnas} - 1)$$

$$V = (20 - 1) * (2 - 1)$$

$$V = 19 * 1$$

$$V = 19$$

Valor crítico

Para obtener el valor crítico se realizó la intersección entre los resultados obtenidos del valor de "P" y el grado de libertad (V), para ello se hizo uso de la Tabla para valores de Chi-cuadrado (X^2) crítico del Anexo 6, determinando que el valor crítico (vc) es:

$$vc = 30.144$$

Comparación entre Chi-cuadrado (X^2 calc.) y valor crítico (vc)

Como sexto y último paso se realizó la comparación entre los resultados obtenidos entre el Chi-cuadrado calculado (X^2 calc.) y el valor crítico (vc) obteniendo como resultado el siguiente cuadro.

Cuadro .- Comparación entre Chi-cuadrado (X^2 calc.) y valor crítico (vc)

X^2 calc.	\leq	vc
6.0229		30.144

Si el valor del Chi-cuadrado calculado (X^2 calc.) es menor o igual que el Chi-cuadrado crítico (vc) entonces se acepta la hipótesis nula (Ho) caso contrario se la rechaza, es por esto que para un mejor entendimiento e interpretación del **cuadro 8** se realizó el siguiente análisis.

Análisis del cuadro 8

El resultado del Chi-cuadrado calculado es 6.0229 y el Chi-cuadrado crítico es 30.144, esto quiere decir que valor del Chi-cuadrado calculado es menor que el valor del Chi-cuadrado crítico, en consecuencia, se acepta la **Hipótesis nula (Ho)**: La efectividad del tratamiento de los lixiviados por el proceso de fitorremediación no difiere entre el uso de las especies vegetales Lechuga de agua (*Pistia stratiotes*

L.) y Trébol de agua (*Limnobium laevigatum* R.) y se rechaza la **Hipótesis alternativa (H1)**: La efectividad del tratamiento de los lixiviados por el proceso de fitorremediación si difiere entre el uso de las especies vegetales Lechuga de agua (*Pistia stratiotes* L.) y Trébol de agua (*Limnobium laevigatum* R.).

7 DISCUSIÓN

El relleno sanitario posee una infraestructura adecuada para el tratamiento efectivo de los 0.5 lts/s de caudal de líquido lixiviado generado en el mismo, sin embargo; a pesar de tener implementada la especie Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) como principal método de fitorremediación del lixiviado, durante un año y medio no hubo un mantenimiento adecuado por lo que el reporte de resultados de la línea base muestra únicamente que los parámetros de Sólidos Suspendidos Totales (SST), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y Demanda Química de oxígeno (DQO) están sobre los límites máximos permisibles que emite la Autoridad Ambiental, la principal causa de este acontecimiento se debe a la falta de recursos económicos, por lo que, se vieron en la obligación de realizar un recorte del personal quienes eran los encargados de monitorear diariamente la celda de tratamiento biológico, dicho en otras palabras, esta principal causa afectó directamente a la celda de tratamiento biológico causando un colapso total del sistema de tratamiento de fitorremediación y por ende un aumento en la concentración de los contaminantes analizados como se lo demuestra en el reporte de análisis de laboratorio de la caracterización de línea base.

Las especies vegetales utilizadas en el presente trabajo investigativo fueron monitoreadas y evaluadas en un medio controlado, obteniendo datos 100% efectivos, de los cuales se puede determinar que, su ciclo de vida es de aproximadamente 4 meses desde la adquisición y siembra de las mismas, su fase reproductiva comienza a inicios de la quinta semana obteniendo aproximadamente de 3 a 4 nuevos retoños por planta y su tamaño máximo de raíz fue de 62 centímetros en la quinceava semana, a pesar de la presencia de plagas (hormigas,

saltamontes, caracoles) su resistencia a los mismos es muy aceptable, el potencial fitorremediador de ambas especies es asombrosamente similar tal y como se lo puede apreciar en el reporte de resultados finales y a diferencia de la especie utilizada por parte del GAD del cantón Centinela del Cóndor se puede resaltar que son altamente eficaces.

El caudal total de lixiviado que estaba siendo tratado por parte de la celda de tratamiento biológico (actualmente no se le brinda mantenimiento adecuado) es de 0.5 L/s, cabe aclarar que debido a las condiciones climáticas del sector el nivel de caudal de lixiviado es variable, esto quiere decir que, a mayor caudal de lixiviado el nivel de concentración del contaminante será menor debido a que “Los meses con mayor precipitación en promedio han sido desde abril hasta julio con 222.8, 225.9, 221.5, 212.2 mm respectivamente” GAD Centinela del Cóndor (2014), por tal razón, tanto los resultados por parte del GAD del Cantón Centinela del Cóndor (Anexo 7) como los resultados obtenidos en el reporte de análisis de la caracterización de línea base en la mayoría de los parámetros evaluados se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles que emite la Autoridad Ambiental.

Los mejores porcentajes de remoción de contaminante se sitúan en un rango de 96.67% al 99.65%, debido a que el lixiviado tratado se tornó ligeramente alcalino resultando un pH del 7.9, es decir, Durán et, al. afirma que “el pH aumentó debido a que las raíces absorben preferentemente iones con carga eléctrica negativa: nitrato (NO_3^-) y fosfato (H_2PO_4^-), entre otros”, en otras palabras, Media sostiene que “Las plantas absorben tanto los nitratos, las sales de amonio, nutrientes y distintos elementos para el crecimiento adecuado (...) cuando la solución es alcalina (pH 8.0 o superior) se evapora, eliminando el nitrógeno (...) y liberándolo a la atmósfera”, por esta razón los parámetros con altos porcentaje de remoción son:

Cloro 96.08%, Hierro 96.67% para el tratamiento 2, DQO 97.62%, SST 97.63%, DBO 98.32%, Nitrógeno Total Kjeldahmg 98.96%, Hierro 99.39% para el tratamiento 1 y Nitrógeno amoniacal 99.65% de remoción de contaminante respectivamente, el alto porcentaje de remoción de los parámetros expuestos se debe a que, según Pérez “El nitrógeno favorece la máxima absorción de distintos elementos, tales como: fósforo, potasio, hierro, entre otros”. Sin embargo, los porcentajes de remoción medianamente aceptables se sitúan en el rango de 51.39% al 79.71%, entre los cuales data el Sulfato 51.39% para el tratamiento 2, Cloruro 52.31% para el tratamiento 2, Sulfato 61.11% para el tratamiento 1 y Fósforo 79.71% de remoción de contaminante respectivamente. Estos elementos a pesar de estar por debajo de los límites máximos permisibles no fueron asimilados en gran porcentaje por las especies propuestas, finalmente, el único parámetro obtenido de los tratamientos de lixiviados con las especies *Limnobium laevigatum* R y *Pistia stratiotes* L. que no tuvo significancia alguna fue el Potasio 5.26% y 15.79% respectivamente, esto quiere decir que, como lo menciona SL el “cloro, sulfatos, fósforo, potasio entre otros, a pesar de que son elementos indispensables como parte de las sales minerales esenciales para el crecimiento de las plantas, su fotosíntesis, etc.” en comparación a los parámetros expuestos inicialmente, fueron absorbidos en cantidades tan pequeñas debido a que, según Terra “la gran cantidad absorbida de Nitratos, deprime la absorción de Fósforo, Potasio, Cobre y otros minerales de importancia”.

8 CONCLUSIONES

- ✓ El diagnóstico y encuesta aplicada demuestra que la principal causa del aumento en la concentración de los contaminantes analizados es la falta de recursos económicos por lo que no se puede aplicar un adecuado mantenimiento.
- ✓ Los únicos parámetros que se encuentran sobre los límites máximos permisibles son SST, DBO y DQO.
- ✓ El caudal de lixiviado tratado es de 0.5 lts/s para ambas especies vegetales.
- ✓ Tanto el tratamiento de los lixiviados como el monitoreo y evaluación de las especies vegetales propuestas en el presente trabajo de titulación se lo realizó en un medio controlado.
- ✓ No existe mayor diferencia entre los resultados del tratamiento de lixiviados con ninguna de las dos especies empleadas.
- ✓ Los mejores resultados se obtuvieron en los parámetros Nitrógeno Amoniacal, DBO, SST, DQO con el 99.65%, 98.32%, 97.63% y 97.62% de remoción del contaminante respectivamente en ambas especies estudiadas.
- ✓ Las especies vegetales macrófitas acuáticas estudiadas en el presente trabajo de investigación presentan un rango de eficiencia del 96.67% al 99.65% en el 50% del total de los parámetros evaluados.

9 RECOMENDACIONES

Para el GAD del Cantón Centinela del Cóndor

Gestionar los recursos económicos necesarios para poder realizar el adecuado mantenimiento a la piscina de tratamiento de lixiviados.

Se recomienda la implementación de las dos especies Lechuga de agua (*Pistia stratiotes* L.) y Trébol de agua (*Limnobium laevigatum* R.) por su alto potencial fitorremediador.

Se recomienda continuar con las campañas de concientización y capacitación en temas relacionados con el reciclaje, elaboración de abonos orgánicos cuidado del medio ambiente y sanidad ambiental, ya que mediante estas prácticas se pueda obtener un óptimo manejo de residuos sólidos que, por ende, se logrará un tratamiento de fitorremediación de lixiviados eficaz.

Para las instituciones educativas

Se recomienda realizar análisis foliar de las especies vegetales propuestas para determinar la cantidad absorbida del contaminante en la planta.

Para la comunidad

Se recomienda asumir el compromiso, empoderarse y aplicar los conocimientos y experiencias adquiridas en campañas realizadas por parte del GAD cantonal y demás instituciones afines.

10 BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, E. O., Salcedo, L. P., & Salcedo, Y. P. (16 de Mayo de 2016). *Relleno Sanitario*. Obtenido de Criterios de calidad.: <http://relleno.galeon.com/criterio.html>
- Agudelo Betancur, L. M., Macías Mazo, K. I., & Suárez Mendoza, A. J. (2005). Phytoremediation as an alternative to absorb heavy metals from biosolids. En *Fitorremediación: la alternativa para absorber metales pesados de los biosólidos* (Vol. 2, pág. 65). Antioquia, Colombia: Corporación Universitaria Lasallista. Recuperado el 15 de Junio de 2015, de <http://hdl.handle.net/10567/332>
- Alvarado, M. L. (2006). Aplicación tecnológica de las macrófitas a la depuración de aguas residuales con la ayuda de microorganismos. Bucaramanga. Obtenido de <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/7580/2/121012.pdf>
- Asamblea Nacional. (2008). Constitución del Ecuador. En A. N. 2007, *CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR* (pág. 218). Montecristi, Ecuador. Recuperado el 15 de Junio de 2015, de http://www.asambleanacional.gov.ec/documentos/constitucion_de_bolsillo.pdf
- Asamblea Nacional. (2014). Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua. Quito, Pichincha, Ecuador: Lexis. Recuperado el 25 de Agosto de 2016, de <http://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/LEYD-E-RECURSOS-HIDRICOS-II-SUPLEMENTO-RO-305-6-08-204.pdf>

Barid, C. (2001). En *Química Ambiental*. Barcelona: Reverté. Recuperado el 15 de Junio de 2015

Bonilla Valencia, María Sara. (2013). En *Estudio para Tratamientos de Biorremediación de Suelos Contaminados con Plomo, utilizando el Método de Fitorremediación* (pág. 95). Quito, Pichincha, Ecuador. Recuperado el 15 de Junio de 2015, de <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4400/1/UPS-ST000985.pdf>

Brooks, R. R. (1998). En R. R. Brooks (Ed.), *That hyperaccumulate heavy metals*. Estados Unidos: CAB International, Cambridge.

Cabeza, A., Urtiaga, A., Rivero, M.-J., & Ortiz, I. (2007). Journal of Hazardous Materials. En *Ammonium removal from landfill leachate by anodic oxidation* (Vol. 144, págs. 715–719). Austria. Recuperado el 15 de Junio de 2015, de https://www.researchgate.net/profile/Maria_Rivero/publication/6459825_Ammonium_removal_from_landfill_leachate_by_anodic_oxidation/links/0c960515be1510131b000000.pdf

Carrión, L., & Cuenca, N. (s/f). Bioensayo con macrófitas acuáticas para el tratamiento de lixiviados procedentes del relleno sanitario de Pichacay. En E. M. Técnico.. Cuenca, Ecuador. Obtenido de <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/2982/1/07569.pdf>

Contraloría General del Estado "CGE". (2013). Guía de Auditoría Ambiental. En *BASE LEGAL PARA AUDITORIAS AMBIENTALES CON ENFOQUE A TEMAS DE AGUA, RESIDUOS SÓLIDOS Y LÍQUIDOS* (pág. 306). Quito, Pichincha, Ecuador. Recuperado el 10 de 05 de 2016, de <http://www.contraloria.gob.ec/documentos/normatividad/Anexo%206.pdf>

- Department of Agriculture, Fisheries and Forestry (DAFF). (2013). En *Queensland Government. Salvinia (Salvinia spp.)*. Australia. Recuperado el 15 de Junio de 2015, de <https://www.business.qld.gov.au/industry/agriculture/species/declared-pests/weeds/salvinia>
- Ding, A., Zhang, Z., Fu, J., & Cheng, L. (2001). Chemosphere. En *Biological control of leachate from municipal landfills* (págs. 1-8). Recuperado el 15 de Junio de 2015, de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653500003775>
- Eapen, S., Shraddha, S., & D'Souza., S. (2007). Phytoremediation of metals and radionuclides. En *Environmental Bioremediation Technologies* (págs. 189-2009). Mumbai, India. Recuperado el 15 de Junio de 2015, de http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-540-34793-4_8#page-2
- Ensbej, R. (2009). Salvinia. En (*Salvinia molesta*). Recuperado el 15 de Junio de 2015, de <http://weeds.dpi.nsw.gov.au/Weeds/Details/118>
- Gilg, Ernst; Schumann, Karl. (1900). *Das Pflanzenreich*. (K. Stüber, Ed.) Alemania. Obtenido de https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pistia_stratioites_GS280.png
- Glass, D. (2000). Economic potential of phytoremediation. En *Phytoremediation of Toxic Metals Raskin I & Ensley BD (Eds) John Wiley & Sons* (págs. 15-31). Nueva York, Estados Unidos.
- Gobernación de Zamora Chinchipe. (31 de 03 de 2010). *Centinela del Cóndor*. Obtenido de Gobernación de Zamora Chinchipe.: <http://www.gobernacionzamoragob.ec/canton-centinela-del-condor/>

Gupta, M., & Devis, S. (1992). Cadmium Sensitivity Inducing Structural Responses in *Salvinia molesta*. En M. Bull, *Environmental Contamination Toxicol* (pág. 443). New York, Estados Unidos: Environmental . Recuperado el 15 de Junio de 2015, de <http://link.springer.com/article/10.1007%2FBF01239649?LI=true#page-1>

Harvey, P., Campanella, B. F., Castro, P., Harms, H., Lichtfouse, É., Schäffner, A. R., Werck, D. (2002). En *Phytoremediation of Polyaromatic Hydrocarbons, Anilines and Phenols* (págs. 29-47). Reino Unido: Ecomed Publishers. Recuperado el 15 de Junio de 2015, de https://www.researchgate.net/publication/11478548_Phytoremediation_of_Polyaromatic_Hydrocarbons_Anilines_and_Phenols

Henry, J., & Heinke, G. (1999). En *Ingeniería Ambiental* (Segunda ed., pág. 800). México: Assistant.

Hoilijoki, T. H., Kettunen, R. H., & Rintala, J. A. (2000). Water Research. En *Nitrification of anaerobically pretreated municipal landfill leachate at low temperature* (Vol. 34, págs. 1435–1446). Finlandia. Recuperado el 15 de Junio de 2015, de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004313549900278X>

IFAS / UF Center for Aquatic and Invasive Plants. (2000). En *Spirodela polygiza*. Florida. Recuperado el 15 de Junio de 2015, de <http://plants.ifas.ufl.edu/node/435>

Ilhan, F., Kurt, U., Apaydin, O., & Gonullu, M. T. (2008). Journal of Hazardous Materials. En *Treatment of leachate by electrocoagulation using aluminum and iron electrodes* (Vol. 154). Estambul, Turquía. Recuperado el 15 de Junio

de 2015, de http://www.yarbis1.yildiz.edu.tr/web/userPubFiles/ukurt_3d26e45a23a308a9b650c35fab2fb699.pdf

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (2009). Guía Técnica Colombiana GTC 24. Gestión Ambiental. Residuos Sólidos. En ICONTEC, & I. C. (ICONTEC) (Ed.), *Guía para la separación en la fuente* (Tercera ed., pág. 13). Bogotá, Colombia. Recuperado el 04 de 05 de 2016, de <http://www.bogotaturismo.gov.co/sites/intranet.bogotaturismo.gov.co/files/GTC%2024%20DE%202009.pdf>

Jaramillo, Jorge. (2002). Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales. En *División de Salud y Medio Ambiente. Programa de Salud Ambiental, Organización Panamericana de la Salud* (pág. 303). Antioquia, Colombia. Recuperado el 15 de Junio de 2015, de <http://www.bvsde.paho.org/acrobat/relleno.pdf>

Jardín Botánico de Mérida. (2016). *Sembrando los Valores Ambientales "SELVA"*. Mérida, Venezuela. Recuperado el 04 de 05 de 2016, de http://vereda.ula.ve/jardin_botanico/wp-content/pdfJardinBotanico/saneamiento_adultos.pdf

Johannessen, Lars Mikkel. (1999). En *Guidance note on recuperation of landfill gas from municipal solid waste landfills*. Washington D.C., Estados Unidos: World Bank, Urban Development Division, Urban Waste Management Thematic Group. Recuperado el 15 de Junio de 2015, de <http://info.worldbank.org/e-tools/docs/library/128809/Johannessen%201999.pdf>

Karadag, D., Sema, T., Akgula, E., Mustafa, T., Mustafa, O., & Ahmet, D. (2008). Journal of Hazardous Materials. En *Ammonium removal from sanitary landfill*

leachate using natural Gördes clinoptilolite (Vol. 153, págs. 60-66).

Recuperado el 15 de Junio de 2015, de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389407011764>

Kargi, F., & Pamukoglu, M. Y. (2003). Biotechnology Letters. En *Activated Carbon Added Biological Treatment of Pre-Treated Landfill Leachate in a Fed-Batch Reactor* (págs. 695-699). Esmirna, Turquía: Kluwer Academic Publishers. Recuperado el 15 de Junio de 2015, de https://www.researchgate.net/profile/Fikret_Kargi/publication/10643869_Powdered_activated_carbon_added_biological_treatment_of_pre-treated_landfill_leachate_in_a_fed-batch_reactor/links/09e4150d0433fe0457000000.pdf

Kurniawan, T. A., Lo, W.-h., & Gilbert, Y. (2006). Journal of Hazardous Materials. En *Physico-chemical treatments for removal of recalcitrant contaminants from landfill leachate* (págs. 80-100). Hong Kong, China. Recuperado el 15 de Junio de 2015, de https://www.researchgate.net/profile/Gilbert_Chan/publication/7455013_Physico-chemical_treatments_for_removal_of_recalcitrant_contaminants_from_landfill_leachate/links/0deec5333ac8a49303000000.pdf

Lei, Y., Shen, Z., Huang, R., & Wang, W. (2007). Treatment of landfill leachate by combined aged-refuse bioreactor and electro-oxidation. En *Water Research* (págs. 2417-2426). Recuperado el 15 de Junio de 2015, de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135407001601>

León, A. (2013). En *Las 100 especies más invasoras: Salvinia molesta*. Recuperado el 15 de Junio de 2015, de <http://www.drosophila.es/blog/2013/07/29/las-100-especies-mas-invasoras-salvinia-molesta/>

- López, M., E., M., Gallegos, M., J., L., Pérez, F., & Gutierrez Rojas, M. (2005). MECANISMOS DE FITORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON MOLÉCULAS ORGÁNICAS XENOBIÓTICAS. En *Rev. Int. Contam. Ambient*, 21(2), 91-100. (pág. 10). México. Recuperado el 15 de Junio de 2015, de https://www.researchgate.net/profile/Laura_Perez-Flores/publication/26475497_Mecanismos_de_fitorremediacion_de_suelos_contaminados_con_molculas_orgnicas_xenobiticas/links/54505adb0cf201441e935caa.pdf
- Mayland, J. (1990). En *Plantas de Acuario* (pág. 130). Barcelona, España: Daimon.
- Media, D. (s/f). Nitrógeno Amoniacal. Santa Mónica, CA 90404, Estados Unidos. Obtenido de http://www.ehowenespanol.com/fertilizantes-nitrogeno-amoniacal-vs-fertilizantes-urea-info_205205/
- Méndez Novelo, R. I., Castillo Borges, E. R., Sauri Riancho, M. R., Quintal Franco, C. A., Giácoman Vallejos, G., & Jiménez Cisnero, B. (2009). Comparación de cuatro tratamientos fisicoquímicos de lixiviados. En *Revista internacional de contaminación ambiental*, 25(3) (págs. 133-145). Recuperado el 15 de Junio de 2015, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992009000300002&lng=es&tlng=es.
- Mendoza, F. J., & Izquierdo, A. G. (2007). *Tratamiento y gestión de residuos sólidos* (reimpresión ed.). (2. Universidad Politécnica de Valencia, Ed.) Valencia, España. Obtenido de https://books.google.es/books/about/Tratamiento_y_gesti%C3%B3n_de_residuos_s%C3%B3li.html?hl=es&id=T7RTGQAACAAJ
- Mendoza, P. S., & López, V. T. (2004). Estudio de la calidad de lixiviado del relleno sanitario La Esmeralda y su respuesta bajo tratamiento en filtro anaerobio

de flujo ascendente piloto. Manizales, Colombia. Obtenido de <http://www.bdigital.unal.edu.co/1059/>

Ministerio de Salud Pública. (2012). *LEY ORGÁNICA DE SALUD - Ley N° 2006-67*. Ediciones Legales. Recuperado el 04 de 05 de 2016, de <http://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/04/LEY-ORGANICA-DE-SALUD1.pdf>

Ministerio del Ambiente (MAE). (2015). Acuerdo Ministerial 028. En *SUSTITUYESE EL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA* (pág. 220). Quito, Ecuador. Recuperado el 15 de Junio de 2015, de <http://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2010/05/Libro-VI-Calidad-Ambiental.pdf>

Ministerio del Ambiente (MAE). (2015). Acuerdo Ministerial 061. En *REFORMA DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA* (pág. 80). Quito, Ecuador: CORPORACION DE ESTUDIOS Y PUBLICACIONES. Recuperado el 15 de Junio de 2015, de <http://suia.ambiente.gob.ec/documents/10179/185880/ACUERDO+061+REFORMA+LIBRO+VI+TULSMA++R.O.316+04+DE+MAYO+2015.pdf/3c02e9cb-0074-4fb0-afbe-0626370fa108>

Ministerio del Ambiente. (2012). Ley de Gestión Ambiental. En *CODIFICACIÓN* (pág. 14). Quito, Ecuador. Recuperado el 15 de Junio de 2015, de <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEY-DE-GESTION-AMBIENTAL.pdf>

Moraes, P., & Bertazzoli, R. (2005). Chemosphere. En *Electrodegradation of landfill leachate in a flow electrochemical reactor* (págs. 41-46). Recuperado el 15

de Junio de 2015, de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653504007957>

Núñez López, R. A., Vong, Y. M., Borges, R. O., & Olguín, E. J. (2007). Tratamiento de Aguas Residuales. En *Cátedra Ambiental. Memorias 2006 - 2009. Un espacio de reflexión para la sustentabilidad*. Bogotá, D.C., Colombia. Recuperado el 15 de Junio de 2015, de http://datateca.unad.edu.co/contenidos/301332/CORE_2013/Actividad_7.pdf

Parra, N. R., Durán, J. A., & Moratiel, R. Y. (s.f.). *pH: CONCEPTO, MEDIDA Y APLICACIONES EN AGRICULTURA Y MEDIOAMBIENTE*. Obtenido de http://www.infoagro.com/abonos/pH_informacion.htm

Peng, Y., Zhang, S., Zeng, W., Zhen, S., Mino, T., & Satoh, H. (2008). Water Research. En *Organic removal by denitrification and methanogenesis and nitrogen removal by nitrification from landfill leachate* (Vol. 48, págs. 883-892). Recuperado el 15 de Junio de 2015, de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135407005805>

Pérez, I. (s/f). Breves Agronómicos. En I. I. Vegetal, *El Nitrógeno amoniacal mejora la absorción del fósforo*. México. Obtenido de [http://www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/\\$webindex/4D01B5E46747030206256B8000797C74/\\$file/Breves+El+NITROGENO+AMONIACAL+MEJORA+LA+ABSORCION+DEL+FOSFORO.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/$webindex/4D01B5E46747030206256B8000797C74/$file/Breves+El+NITROGENO+AMONIACAL+MEJORA+LA+ABSORCION+DEL+FOSFORO.pdf)

Pilon-Smits, E. (2005). Phytoremediation. En *Annu Rev. Plant. Biol* (págs. 56:15-39).

- Pilon-Smits, E., & Freeman, J. (2006). Environmental cleanup using plants: Biotechnological advances and ecological considerations. En *Front. Ecol. Environ* 4 (4) (págs. 203-210).
- Polprasert, C. (1996). En *Organic waste recycling, technology and management* (Segunda ed., pág. 412). Canadá .
- Primo, O., Rivero, M. J., & Ortiz, I. (2007). Photo-Fenton process as an efficient alternative to the treatment of landfill leachates. En *Journal of Hazardous Materials* (págs. 834-842). Recuperado el 15 de Junio de 2015, de https://www.researchgate.net/profile/Maria_Rivero/publication/5883821_Photo-Fenton_process_as_an_efficient_alternative_to_the_treatment_of_landfill_leachates/links/0deec515bdf18cd6f5000000.pdf
- Raskin, I., & Ensley, B. D. (2000). En I. Raskin, & B. Ensley (Edits.), *Phytoremediation of toxic metals; using plants to clean up the environment*, Wiley y Sons. (pág. 304). Recuperado el 15 de Junio de 2015, de <http://www.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-0471192546.html>
- Renou, S., Givaudan, J., Poulain, S., & Dirassouya, F. (2008). Landfill leachate treatment: Review and opportunity. En *Journal of Hazardous Materials* (Vol. 150, pág. 493). Recuperado el 15 de Junio de 2015, de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389407013593>
- Rodríguez, R., & Andrés, P. (2008). *Evaluacion y Prevencion de Riesgos Ambientales en Centroamérica*. (E. Universitaria (Girona, Ed.) Girona, España. Recuperado el 04 de 05 de 2016, de <http://www.creaf.uab.es/propies/pilar/LibroRiesgos/>

- Romero, C. R. (1965). En 1. Talleres Gráficos del Banco de la República (Ed.), *Flora del Centro de Bolívar*. Bogotá, Colombia. Recuperado el 15 de Junio de 2015, de <https://books.google.com.ec/books?hl=es&id=3aFfAAAAMAAJ&focus=searchwithinvolume&q=pistia+stratiotes>
- Secretaría del Medio Ambiente y Desarrollo Rural. (2011). Guía para el Adecuado Manejo de los Residuos Sólidos y Peligrosos. Envigado, Antioquia, Colombia. Recuperado el 05 de Mayo de 2016, de http://www.envigado.gov.co/Secretarias/SecretariadeMedioAmbienteyDesarrolloRural/documentos/publicaciones/Guia_residuos.pdf
- SL, B.-O. (2016). *Propiedades de los nutrientes de las plantas*. Obtenido de Nutrientes minerales en las plantas.: <http://www.botanical-online.com/propiedadesnutrientes.htm>
- Terra. (s/f). *Tres minerales para el mejor cultivo: nitrógeno, fósforo y potasio deben interactuar en beneficio del jardín*. Obtenido de <http://noticias.terra.com.ar/sociedad/tres-minerales-para-el-mejor-cultivo-nitrogeno-fosforo-y-potasio-deben-interactuar-en-beneficio-del-jardin,c7c971ea15ef0410VgnCLD2000000dc6eb0aRCRD.html>
- Trebouet, D., Schlumpf, J., Jaouen, P., & Quemeneur, F. (2001). Water Research. En *Stabilized landfill leachate treatment by combined physicochemical–nanofiltration processes* (Vol. 35, págs. 2935-2942). Gran Bretaña, Reino Unido. Recuperado el 15 de Junio de 2015, de https://www.researchgate.net/profile/Dominique_Trebouet/publication/11870311_Stabilized_landfill_leachate_treatment_by_combined_physicochemical-nanofiltration_processes/links/0fcfd5140aadacb0f2000000.pdf

- Uygun, A., & Kargı, F. (2004). Journal of Environmental Management. En *Biological nutrient removal from pre-treated landfill leachate in a sequencing batch reactor* (Vol. 71, págs. 9-14). Recuperado el 15 de Junio de 2015, de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479704000192>
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479704000192>
- Valderrama, L. (1996). *Uso de dos especies de macrófitas acuáticas, Limnobium laevigatum y Eichhornia crassipes para el tratamiento de aguas residuales agroindustriales* (Vol. 3). Bogotá, Colombia. Obtenido de file:///D:/Downloads/5058-18498-1-PB.pdf
- Volke, T., Velasco, J. A., & David, A. (2005). Suelos contaminados por metales y metaloides: muestreo y alternativas para su remediación. En T. V. Sepúlveda, *Instituto Nacional de Ecología* (pág. 141). México. Recuperado el 15 de Junio de 2015, de https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=A50ITx37ScsC&oi=fnd&pg=PA19&dq=Suelos+contaminados+por+metales+y+metaloides&ots=Pj4OGX1Bv1&sig=UAYdJA3DnvsRS0RXzDrvoOxKFQU&redir_esc=y#v=onepage&q=Suelos%20contaminados%20por%20metales%20y%20metaloides&f=false
- Volke, T., Velasco, T., & Pérez, D. (2005). En *Suelos contaminados por metales pesados y metaloides: muestreos y alternativas para su remediación* (pág. 144). México. Recuperado el 15 de Junio de 2015, de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/download/459.pdf>
- Watt, M., & Evans, J. R. (1999). Proteoid Roots. Physiology and Development. En *American Society of Plant Physiologists* (págs. 317–323). Recuperado el 15

de Junio de 2015, de <https://www.researchgate.net/publication/12782319>

Proteoid Roots Physiology and Development

11 ANEXOS

11.1 Anexo 1.- Encuesta al técnico responsable del relleno sanitario.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
CARRERA: INGENIERIA EN MANEJO Y CONSERVACION DEL MEDIO AMBIENTE
MODULO IX: EVALIACIÓN DE IMPACTOS Y PLANES DE MANEJO AMBIENTAL
SEDE ZAMORA
ENCUESTA

1. ¿Actualmente, que cantidad de lixiviados se genera por día o semana en el relleno sanitario?

.....
.....
.....

2. ¿Cuántas muestras de lixiviado se recoge para su envío al análisis en laboratorio?

.....
.....
.....

3. ¿Qué cantidad de residuos sólidos ingresan diariamente o por semana al relleno sanitario?

.....
.....
.....

4. ¿El proceso actual utilizado en el relleno sanitario para el tratamiento de los lixiviados, porqué se ha escogido y que nivel de eficiencia tiene en cuanto al tratamiento de los lixiviados?

.....
.....
.....

5. ¿Cómo es el sistema para la recolección de los lixiviados desde la celda de disposición hasta el tratamiento final de los lixiviados?

.....
.....
.....

6. ¿Existe algún sistema de mantenimiento para la piscina de tratamiento de los lixiviados?

.....
.....
.....

¡GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!

11.2 Anexo 2.- Etiquetado de la muestra


Datos de la Muestra	
Fecha	Código
Coordenadas UTM:	Cantidad:
Responsable:	

11.3 Anexo 3.- Ficha de monitoreo de especies vegetales.




UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA				
CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE				
MONITOREO DE ESPECIES VEGETALES				
FICHA DE CAMPO				
Información General				
Código de ficha:			Fecha:	
			OBSERVACIONES:	
UBICACIÓN GEOGRÁFICA				
Provincia:				
Cantón:				
Parroquia:				
Sector / Barrio:				
N° Semana		Tratamiento		Repetición
N° Planta	N° Hojas	Altura de raíz (cm)	Coloración de las Hojas	Mortalidad de la Planta.
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
TOTAL				
Promedio				

11.4 Anexo 4.- Reporte de análisis de la caracterización de los lixiviados



REPORTE DE ANÁLISIS



Accreditación N° OAE LE 2C 05-008
LABORATORIO DE ENSAYOS

Cliente: Ing. William Cueva
Zamora, Av. Victor Reyes Cardenas y Alonso Maldonado Esq.
Telf: 0996966549

Atn: Ing. William Cueva


Proyecto: Evaluación del potencial fitoremediador de dos especies *Pistiastratiotes* y *Limnobium Laevigatum* en lixiviados del cantón centinela del Cóndor Zamora Chinchipe

Muestra Recibida: 11-may-16
Tipo de Muestra: 1 Muestra de Agua
Análisis Completado: 26-may-16
Número reporte Gruntec: 1605135-AG001

Rotulación Muestra:	Testigo	Limite Máximo Permisible	Método Adaptado de Referencia / Método Interno
Fecha de Muestreo:	11-may-16	Tabla 9 Anexo 1, Acuerdo Ministerial 097-A, TULSMA d)	
No. Reporte Gruntec:	1605135-AG001		
Parámetros de campo:			
pH ^(1,2)	6,4	6 - 9	SM 4500 H / MM-AG/S-01
Conductividad $\mu\text{S}/\text{cm}$ ^(1,2)	241	N/A	EPA 9050 A / MM-AG/S-02
Físico Químico:			
Dureza total mg/L ^(1,2)	45	N/A	SM 2340 B/ EPA 8020 / MM-AG-21
Sólidos Suspendedos Totales mg/L ^(1,2)	147	130	SM 2540 D / MM-AG-05
Aniones y No Metales:			
Alcalinidad total como CaCO_3 mg/L ^(1,2)	97	N/A	SM 2320 / MM-AG-09
Bicarbonato mg/L ^(1,2)	119	N/A	SM 2320 / MM-AG-09
Amonio mg/L ^(1,2)	7,4 ⁽³⁾	N/A	SM 4500 Norg / MM-AG-15
Amonio como Amoniaco mg/L ^(1,2)	7,8 ⁽³⁾	N/A	SM 4500 Norg / MM-AG-15
Amonio expresado como Nitrógeno mg/L ^(1,2)	5,7 ⁽³⁾	30	SM 4500 Norg / MM-AG-15
Cloruro mg/L ^(1,2)	13	1000	EPA 300.1 / MM-AG-37
Sulfato mg/L ^(1,2)	7,2	1000	EPA 300.1 / MM-AG-37
Parámetros Orgánicos:			
Carbono Orgánico Total mg/L ^(1,2)	6,8	N/A	EPA 415.1 / MM-AG-14
Demanda Bioquímica de Oxígeno mg/L ^(1,2)	119	100	SM 5210 B,D / MM-AG-19
Demanda Química de Oxígeno mg/L ^(1,2)	210	200	SM 5220 D / MM-AG-18
Nitrógeno Total Kjeldahl mg/L ^(1,2)	4,8	50,0	SM 4500 Norg / MM-AG-35
Metales totales:			
Calcio mg/L ^(1,2)	14 ^{(b),(c)}	N/A	EPA 8020 A / MM-AG/S-39
Fósforo mg/L ^(1,2)	0,24 ^{(b),(c)}	10,0	EPA 8020 A / MM-AG/S-39
Hierro mg/L ^(1,2)	3,3 ^{(b),(c)}	10,0	EPA 8020 A / MM-AG/S-39
Magnesio mg/L ^(1,2)	2,8 ^{(b),(c)}	N/A	EPA 8020 A / MM-AG/S-39
Potasio mg/L ^(1,2)	19 ^{(b),(c)}	N/A	EPA 8020 A / MM-AG/S-39

Registros y Acreditaciones:
⁽¹⁾ Acreditación No. OAE LE 2C 05-008 ⁽²⁾ Registro SA / MDMQ No. LEA-R-005

Los ensayos marcados con (*) no están dentro del alcance de acreditación del SAE
 N/A - No Aplica
 a) Debido a la naturaleza de la muestra se realiza dilución 10x.
 b) Debido a la naturaleza de la muestra se realiza dilución 2x.
 c) Método de Digestión: EPA 3005a
 d) Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.
 INCERTIDUMBRE (U) para pH = 0.2 unidades
 INCERTIDUMBRE (U):
 Metales en Agua = 0.30; Demanda Bioquímica de Oxígeno = 0.29; Conductividad en campo = 0.11;
 Carbono Orgánico Total = 0.15; Amonio = 0.12; Demanda Química de Oxígeno = 0.22; Dureza = 0.12;
 Sólidos Suspendedos Totales = 0.12; Alcalinidad = 0.23; Nitrógeno Total Kjeldahl = 0.12; Aniones = 0.25
 Cálculo: C +/- UxC en donde: C=valor medido; U= incertidumbre.



Ing. Isabel Estrella
Gerente de Operaciones

Nota 1: Estos análisis, opiniones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien se ha realizado este reporte en forma exclusiva y confidencial.
 Nota 2: La toma de muestras fue realizada por el personal técnico de Gruntec Cia. Ltda.
 Nota 3: El cliente puede solicitar la fecha de análisis de los parámetros en caso de requerirlo.

Página 1 de 1

San Juan de Cumbayá - Eloy Alfaro S7-157 y Belisario Quevedo. P.O. Box 17-22-20064 Quito - Ecuador
 Telfs: 601- 4371 / 603 - 9221/ 600 - 5273 - E-mail: info@gruntec.com - www.gruntec.com

11.5 Anexo 5.- Reporte de análisis de los tratamientos en estudio



REPORTE DE ANÁLISIS

Cliente: Ing. William Cueva
Zamora; Av. Victor Reyes Cardenas y Alonso Maldonado Esq.
Telf: 0996966549

Atn: Ing. William Cueva

Proyecto: Análisis en Lixiviados

Muestra Recibida: 09-sep-16

Tipo de Muestra: 1 Muestra de Lixiviado

Análisis Completado: 20-sep-16

Número reporte Gruntec: 1609144-LIX001

Rotulación Muestra:	Lechuga de Agua	Limite Máximo Permissible Tabla 9 Anexo 1, Acuerdo Ministerial 097- A, TULSMA a)	Método Adaptado de Referencia / Método Interno
Fecha de Muestreo:	09-sep-16		
No. Reporte Gruntec:	1609144-LIX001		
Parámetros de campo:			
pH ^(1,2)	7.9	6 - 9	SM 4500 H / MM-AG-S-01
Conductividad μ S/cm ^(1,2)	293	N/A	EPA 9050 A / MM-AG-S-02
Físico Químico:			
Dureza Cálcica mg/L *	121	N/A	SM 2340 B/ EPA 6020 / MM-AG-21
Dureza Magnésica mg/L *	1.8	N/A	SM 2340 B/ EPA 6020 / MM-AG-21
Dureza total mg/L ^(1,2)	123	N/A	SM 2340 B/ EPA 6020 / MM-AG-21
Sólidos Suspendidos Totales mg/L ^(1,2)	<5	130	SM 2540 D / MM-AG-05
Aniones y No Metales:			
Alcalinidad de Bicarbonatos como CaCO ₃ mg/L *	183	N/A	SM 2320 / MM-AG-09
Alcalinidad total como CaCO ₃ mg/L ^(1,2)	183	N/A	SM 2320 / MM-AG-09
Bicarbonato mg/L ^(1,2)	223	N/A	SM 2320 / MM-AG-09
Amonio mg/L ^(1,2)	<0.02	N/A	SM 4500 Norg / MM-AG-15
Amonio como Amoniaco mg/L ^(1,2)	<0.02	N/A	SM 4500 Norg / MM-AG-15
Amonio expresado como Nitrógeno mg/L ^(1,2)	<0.02	30	SM 4500 Norg / MM-AG-15
Cloruro mg/L ^(1,2)	0.51	1000	EPA 300.1 / MM-AG-37
Sulfato mg/L ^(1,2)	2.8	1000	EPA 300.1 / MM-AG-37
Parámetros Orgánicos:			
Carbono Orgánico Total mg/L ^(1,2)	3.9	N/A	EPA 415.1 / MM-AG-14
Demanda Bioquímica de Oxígeno mg/L ^(1,2)	<2	100	SM 5210 B,D / MM-AG-19
Demanda Química de Oxígeno mg/L ^(1,2)	5	200	SM 5220 D / MM-AG-18
Nitrógeno Total Kjeldahl mg/L ^(1,2)	<0.5	50.0	SM 4500 Norg / MM-AG-35

Ing. Isabel Estrella

Gerente de Operaciones

Nota 1: Estos análisis, opiniones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien se ha realizado este reporte en forma exclusiva y confidencial.

Nota 2: La toma de muestras fue realizada por el personal técnico de Gruntec Cia. Ltda.

Nota 3: El cliente puede solicitar la fecha de análisis de los parámetros en caso de requerirlo.

Página 1 de 2

REPORTE DE ANÁLISIS

Cliente: Ing. William Cueva
Zamora; Av. Victor Reyes Cardenas y Alonso Maldonado Esq.
Telf: 0996966549

Atn: Ing. William Cueva

Proyecto: Análisis en Lixiviados

Muestra Recibida: 09-sep-16

Tipo de Muestra: 1 Muestra de Lixiviado

Análisis Completado: 20-sep-16

Número reporte Gruentec: 1609144-LIX001

Rotulación Muestra:	Lechuga de Agua	Limite Máximo Permisible Tabla 9 Anexo 1, Acuerdo Ministerial 097-A, TULSMA a)	Método Adaptado de Referencia / Método Interno
Fecha de Muestreo:	09-sep-16		
No. Reporte Gruentec:	1609144-LIX001		
Metales totales:			
Calcio mg/L ^(1,2)	49	N/A	EPA 6020 B / MM-AG/S-39
Fósforo mg/L ^(1,2)	<0.05	10.0	EPA 6020 B / MM-AG/S-39
Hierro mg/L ^(1,2)	0.02	10.0	EPA 6020 B / MM-AG/S-39
Magnesio mg/L ^(1,2)	0.45	N/A	EPA 6020 B / MM-AG/S-39
Potasio mg/L ^(1,2)	18	N/A	EPA 6020 B / MM-AG/S-39

Registros y Acreditaciones:

⁽¹⁾ Acreditación No. OAE LE 2C 05-008

⁽²⁾ Registro SA / MDMQ No. LEA-R-005

Los ensayos marcados con (*) no están dentro del alcance de acreditación del SAE

N/A - No Aplica

a) Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

INCERTIDUMBRE (U) para pH = 0.2 unidades

INCERTIDUMBRE (U):

Metales en Agua = 0.30; Demanda Bioquímica de Oxígeno = 0.29; Conductividad en campo = 0.11;

Carbono Orgánico Total = 0.15; Amonio = 0.12; Demanda Química de Oxígeno = 0.22; Dureza = 0.12;

Sólidos Suspendedos Totales = 0.12; Alcalinidad = 0.23; Nitrógeno Total Kjeldahl = 0.12; Aniones = 0.25

Cálculo: C +/- UxC en donde: C=valor medido; U= incertidumbre.



Ing. Isabel Estrella

Gerente de Operaciones

Nota 1: Estos análisis, opiniones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien se ha realizado este reporte en forma exclusiva y confidencial.

Nota 2: La toma de muestras fue realizada por el personal técnico de Gruentec Cia. Ltda.

Página 2 de 2



REPORTE DE ANÁLISIS

Cliente: Ing. William Cueva
Zamora; Av. Victor Reyes Cardenas y Alonso Maldonado Esq.
Telf: 0996966549

Atn: Ing. William Cueva

Proyecto: Análisis en Lixiviados

Muestra Recibida: 09-sep-16

Tipo de Muestra: 1 Muestra de Lixiviado

Análisis Completado: 20-sep-16

Número reporte Gruentec: 1609144-LIX002

Rotulación Muestra:	Trébol de Agua	Límite Máximo Permisible Tabla 9 Anexo 1, Acuerdo Ministerial 097-A, TULSMA a)	Método Adaptado de Referencia / Método Interno
Fecha de Muestreo:	09-sep-16		
No. Reporte Grúntec:	1609144-LIX002		

Parámetros de campo:			
pH ^(1,2)	7.7	6 - 9	SM 4500 H / MM-AG-S-01
Conductividad $\mu\text{S/cm}$ ^(1,2)	330	N/A	EPA 9050 A / MM-AG-S-02

Físico Químico:			
Dureza Cálcica mg/L *	123	N/A	SM 2340 B/ EPA 6020 / MM-AG-21
Dureza Magnésica mg/L *	6.5	N/A	SM 2340 B/ EPA 6020 / MM-AG-21
Dureza total mg/L ^(1,2)	129	N/A	SM 2340 B/ EPA 6020 / MM-AG-21
Sólidos Suspendidos Totales mg/L ^(1,2)	<5	130	SM 2540 D / MM-AG-05

Aniones y No Metales:			
Alcalinidad de Bicarbonatos como CaCO ₃ mg/L *	197	N/A	SM 2320 / MM-AG-09
Alcalinidad total como CaCO ₃ mg/L ^(1,2)	197	N/A	SM 2320 / MM-AG-09
Bicarbonato mg/L ^(1,2)	240	N/A	SM 2320 / MM-AG-09
Amonio mg/L ^(1,2)	<0.02	N/A	SM 4500 Norg / MM-AG-15
Amonio como Amoniaco mg/L ^(1,2)	<0.02	N/A	SM 4500 Norg / MM-AG-15
Amonio expresado como Nitrógeno mg/L ^(1,2)	<0.02	30	SM 4500 Norg / MM-AG-15
Cloruro mg/L ^(1,2)	6.2	1000	EPA 300.1 / MM-AG-37
Sulfato mg/L ^(1,2)	3.5	1000	EPA 300.1 / MM-AG-37

Parámetros Orgánicos:			
Carbono Orgánico Total mg/L ^(1,2)	3.3	N/A	EPA 415.1 / MM-AG-14
Demanda Bioquímica de Oxígeno mg/L ^(1,2)	<2	100	SM 5210 B,D / MM-AG-19
Demanda Química de Oxígeno mg/L ^(1,2)	5	200	SM 5220 D / MM-AG-18
Nitrógeno Total Kjeldahl mg/L ^(1,2)	<0.5	50.0	SM 4500 Norg / MM-AG-35

Ing. Isabel Estrella
Gerente de Operaciones

Nota 1: Estos análisis, opiniones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien se ha realizado este reporte en forma exclusiva y confidencial.

Nota 2: La toma de muestras fue realizada por el personal técnico de Gruentec Cia. Ltda.

Nota 3: El cliente puede solicitar la fecha de análisis de los parámetros en caso de requerirlo.

Página 1 de 2

REPORTE DE ANÁLISIS

Cliente: Ing. William Cueva
Zamora, Av. Víctor Reyes Cardenas y Alonso Maldonado Esq.
Telf: 0996966549

Atn: Ing. William Cueva

Proyecto: Análisis en Lixiviados

Muestra Recibida: 09-sep-16

Tipo de Muestra: 1 Muestra de Lixiviado

Análisis Completado: 20-sep-16

Número reporte Gruentec: 1609144-LIX002

Rotulación Muestra:	Trébol de Agua	Limite Máximo Permisible Tabla 9 Anexo 1, Acuerdo Ministerial 097-A, TULSMA a)	Método Adaptado de Referencia / Método Interno
Fecha de Muestreo:	09-sep-16		
No. Reporte Gruentec:	1609144-LIX002		
Metales totales:			
Calcio mg/L ^(1,2)	49	N/A	EPA 6020 B / MM-AG/S-39
Fósforo mg/L ^(1,2)	<0.05	10.0	EPA 6020 B / MM-AG/S-39
Hierro mg/L ^(1,2)	0.11	10.0	EPA 6020 B / MM-AG/S-39
Magnesio mg/L ^(1,2)	1.6	N/A	EPA 6020 B / MM-AG/S-39
Potasio mg/L ^(1,2)	16	N/A	EPA 6020 B / MM-AG/S-39

Registros y Acreditaciones:

⁽¹⁾ Acreditación No. OAE LE 2C 05-008

⁽²⁾ Registro SA / MDMQ No. LEA-R-005

Los ensayos marcados con (*) no están dentro del alcance de acreditación del SAE

N/A - No Aplica

a) Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

INCERTIDUMBRE (U) para pH = 0.2 unidades

INCERTIDUMBRE (U):

Metales en Agua = 0.30; Demanda Bioquímica de Oxígeno = 0.29; Conductividad en campo = 0.11;

Carbono Orgánico Total = 0.15; Amonio = 0.12; Demanda Química de Oxígeno = 0.22; Dureza = 0.12;

Sólidos Suspendidos Totales = 0.12; Alcalinidad = 0.23; Nitrógeno Total Kjeldahl = 0.12; Aniones = 0.25

Cálculo: C +/- UxC en donde: C=valor medido; U= incertidumbre.



Ing. Isabel Estrella

Gerente de Operaciones

Nota 1: Estos análisis, opiniones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos

por el cliente para quien se ha realizado este reporte en forma exclusiva y confidencial.

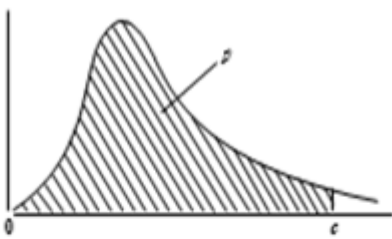
Nota 2: La toma de muestras fue realizada por el personal técnico de Gruentec Cia. Ltda.

Nota 3: El cliente puede solicitar la fecha de análisis de los parámetros en caso de requerirlo.

Página 2 de 2

11.6 Anexo 6.- Tabla para valores de Chi-cuadrado (χ^2) crítico


$p = P(\chi \leq c)$




p	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1	0,9	0,95	0,975	0,99	0,995
$\nu = 1$	0,00004	0,0002	0,001	0,004	0,016	2,706	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,010	0,020	0,051	0,103	0,211	4,605	5,991	7,378	9,210	10,597
3	0,072	0,115	0,216	0,352	0,584	6,251	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	1,064	7,779	9,488	11,143	13,277	14,860
5	0,412	0,554	0,831	1,145	1,610	9,236	11,070	12,833	15,086	16,750
6	0,676	0,872	1,237	1,635	2,204	10,645	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,690	2,167	2,833	12,017	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,180	2,733	3,490	13,362	15,507	17,535	20,090	21,955
9	1,735	2,088	2,700	3,325	4,168	14,684	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,940	4,865	15,987	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	5,578	17,275	19,675	21,920	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	6,304	18,549	21,026	23,337	26,217	28,300
13	3,565	4,107	5,009	5,892	7,042	19,812	22,362	24,736	27,688	29,819
14	4,075	4,660	5,629	6,571	7,790	21,064	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,601	5,229	6,262	7,261	8,547	22,307	24,996	27,488	30,578	32,801
16	5,142	5,812	6,908	7,962	9,312	23,542	26,296	28,845	32,000	34,267
17	5,697	6,408	7,564	8,672	10,085	24,769	27,587	30,191	33,409	35,718
18	6,265	7,015	8,231	9,390	10,865	25,989	28,869	31,526	34,805	37,156
19	6,844	7,633	8,907	10,117	11,651	27,204	30,144	32,852	36,191	38,582
20	7,434	8,260	9,591	10,851	12,443	28,412	31,410	34,170	37,566	39,997
21	8,034	8,897	10,283	11,591	13,240	29,615	32,671	35,479	38,932	41,401
22	8,643	9,542	10,982	12,338	14,041	30,813	33,924	36,781	40,289	42,796
23	9,260	10,196	11,689	13,091	14,848	32,007	35,172	38,076	41,638	44,181
24	9,886	10,856	12,401	13,848	15,659	33,196	36,415	39,364	42,980	45,559
25	10,520	11,524	13,120	14,611	16,473	34,382	37,652	40,646	44,314	46,928
26	11,160	12,198	13,844	15,379	17,292	35,563	38,885	41,923	45,642	48,290
27	11,808	12,879	14,573	16,151	18,114	36,741	40,113	43,195	46,963	49,645
28	12,461	13,565	15,308	16,928	18,939	37,916	41,337	44,461	48,278	50,993
29	13,121	14,256	16,047	17,708	19,768	39,087	42,557	45,722	49,588	52,336
30	13,787	14,953	16,791	18,493	20,599	40,256	43,773	46,979	50,892	53,672
40	20,707	22,164	24,433	26,509	29,051	51,805	55,758	59,342	63,691	66,766
50	27,991	29,707	32,357	34,764	37,689	63,167	67,505	71,420	76,154	79,490

 ν = número de grados de libertad.

11.7 Anexo 7.- Reporte de resultados por parte del GAD cantonal de Centinela del C6ndor





Rigoberto Heredia Oe6 157 y Huachi
Quito Ecuador
T + 59 3 2341 4080
ABN 84 0009 936 029
www.corplab.net
www.alsglobal.net

PROTOCOLO N°: 0515-2112	RU-49
SISTEMA INTEGRADO DE GESTI3N	Revisi3n: 07
	P6gina 1 de 4


NOMBRE DEL CLIENTE: GOBIERNO AUT3NOMO DESCENTRALIZADO DEL CANT3N CENTINELA DEL CONDOR
DIRIGIDO EN ATENCI3N A: INGENIERO PATRICIO QUEZADA RUEDA
NOMBRE DEL PROYECTO: MONITOREO DE AGUA / CONSTRUCCI3N, OPERACI3N Y MANTENIMIENTO DEL RELLENO SANITARIO DEL CANT3N ZUMBI
DIRECCI3N DEL PROYECTO: ZUMBI
MUESTREO REALIZADO POR: EL CLIENTE
PROCEDIMIENTO MUESTREO: NO REPORTADO POR EL CLIENTE
FECHA Y HORA DE RECEPCI3N DE MUESTRAS: MAYO, 06 DEL 2015 / 11:45 / N° CADENA DE CUSTODIA: 000010353
LUGAR DE AN6LISIS: CORPLABEC S.A. / QUITO - RIGOBERTO HEREDIA OEB-157 Y HUACHI
FECHA DE AN6LISIS: MAYO 06 AL 23 DEL 2015
FECHA DE EMISI3N DE INFORME: 23 DE MAYO DEL 2015


INFORMACI3N DE LA MUESTRA

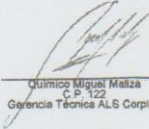
MATRIZ		AGUA				
C3DIGO DE LABORATORIO	C3DIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS UTM WGS 84	OBSERVACIONES
A-1402	A2	Agua tomada en la descarga	05/05/2015	No Reportado por el Cliente	No Reportado por el Cliente	Muestra Simple

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

Laboratorio de Ensayo ALS CORPLAB acreditado por el SAE con Acreditaci3n N° OAE LE 20 05-005.
 Los Items marcados con (*) no est6n incluidos en el alcance de acreditaci3n del SAE.
 El ensayo Cianuro Total se ferenti3 al Laboratorio OSP / ACREDITACI3N OAE N° LE 10 04-002
 SM - Standard Methods
 EPA - Environmental Protection Agency
 Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. ALS CORPLAB declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquel presentados.
 *Si las condiciones de muestreo fueron controladas seg6n los Procedimientos Correspondientes establecidos por ALS Corplab; estas no inciden en los resultados que se describen en el presente informe.
 Este informe no podr6 ser reproducido parcialmente, sin la autorizaci3n escrita de ALS Corplab.
 Sin la firma del Responsable T6cnico y el sello de ALS Corplab, este informe no es v6lido.







Quirico Miguel Matiza
C.P. 122
Gerencia T6cnica ALS Corplab

RIGHT SOLUTIONS | PLOTTER



CORPLAB®

Rigoberto Heredia Oe6 157 y Huachi
 Quito Ecuador
 T + 59 3 2341 4080
 ABN 84 0009 936 029
 www.corplab.net
 www.alsglobal.net

PROTOCOLO N°: 0515-2112	FO-45
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Revisión: 07
	Página 2 de 4

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	A-1402	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	CRITERIO DE RESULTADOS
				A2		
ACEITES Y GRASAS GRAVIMÉTRICO	Standard Methods 22 Edition, 2012, 5520 B.	PA - 43.00	mg/l	<20	30,0	CUMPLE
ALUMINIO	EPA 3010A, Rev. 01, 1992; Standard Methods Ed-22-2012, 3111-D	PA - 27.00	mg/l	0,740	5,0	CUMPLE
BARIO	EPA 3010A, Rev. 01, 1992; Standard Methods Ed-22-2012, 3111-D	PA-22.00	mg/l	<0,50	2,0	CUMPLE
CADMIO	EPA 3010A, Rev. 01, 1992; Standard Methods Ed-22-2012, 3111B	PA-07.00	mg/l	<0,02	0,02	CUMPLE
CIANURO TOTAL(*)	Standard Methods Ed.22 2012 4500-CN- B	TERCERIZADO (PARÁMETRO ACREDITADO)	mg/l	<0,007	n/a	CUMPLE
ZINC	EPA 3010A, Rev. 01, 1992; Standard Methods Ed-22-2012, 3111B	PA - 19.00	mg/l	<0,05	5,0	CUMPLE
CLORO LIBRE (ACTIVO)	Standard Methods Ed-22-2012, 4500 Cl A & G	PA - 02.00	mg/l	<0,05	0,5	CUMPLE
CLORUROS	Standard Methods Ed-22-2012, 4500CF B	PA - 44.00	mg/l	<20,0	1000	CUMPLE
COBALTO	EPA 3010A, Rev. 01, 1992; Standard Methods Ed-22-2012, 3111-B	PA - 24.00	mg/l	<0,10	0,5	CUMPLE
COBRE	EPA 3010A, Rev. 01, 1992; Standard Methods Ed-22, 2012, 3111B	PA - 25.00	mg/l	<0,10	1,0	CUMPLE
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed-22-2012, 5210B	PA - 45.00	mg/l	<4,75	100	CUMPLE



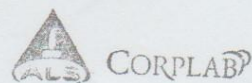
Acreditación Nº OAE LE 20 06-405
 LABORATORIO DE ENSAYOS

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

La información (1), (2) que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del OAE.

(1) TULAS, Libro VI, Anexo 1, Norma de calidad ambiental y descarga de efluentes: recurso agua, Tabla 10, Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

(2) Criterio de resultados



CORPLAB®

RIGHT SOLUTIONS | RIGHT PARTNER



CORPLAB

Rigoberto Heredia Oe6 157 y Huachi
Quito Ecuador
T + 59 3 2341 4080
ABN 84 0009 936 029
www.corplab.net
www.alsglobal.net

PROTOCOLO N°: 0515-2112	RII-49
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Revisión: 07
	Página 3 de 4

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	A-1402	LÍMITE MÁXIMO	CRITERIO DE RESULTADOS
				42		
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 22, 2012, 5220-D	PA - 01.00	mg/l	<10	200	CUMPLE
FLUORUROS	Standard Methods Ed-22-2012, 4500F - D	PA - 55.00	mg/l	<0,1	5,0	CUMPLE
FÓSFORO TOTAL	Standard Methods Ed-22-2012, 4500 P - B & C	PA - 49.00	mg/l	<1,00	10,0	CUMPLE
HIERRO	EPA 3010A, Rev. 01, 1992; Standard Methods Ed-22-2012, 3111B	PA - 20.00	mg/l	1,80	10,0	CUMPLE
HIDROCARBUROS TOTALES DE PETRÓLEO	TNRCC 1005, Method 1005 Rev. 05, Junio 2001	PA-10.00	mg/l	<0,2	20,0	CUMPLE
MERCURIO TOTAL	Standard Methods Ed-22-2012, 3112B	PA - 57.00	mg/l	<0,002	0,005	CUMPLE
MATERIA FLOTANTE(*)	NMX-AA-006-SCFI-2000	POS-29.00	AUSENCIA / PRESENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA	CUMPLE
NÍQUEL	EPA 3010A, Rev. 01, 1992; Standard Methods Ed-22-2012, 3111B	PA - 08.00	mg/l	<0,05	2,0	CUMPLE
PLOMO	EPA 3010A, Rev. 01, 1992; Standard Methods Ed-22-2012, 3111B	PA - 09.00	mg/l	<0,10	0,2	CUMPLE
POTENCIAL DE HIDRÓGENO	Standard Methods Ed-22-2012, 4500 H-B	PA - 05.00	UpH	6,58	6 - 9	CUMPLE
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	Standard Methods Ed-22-2012, 2540-D	PA - 16.00	mg/l	22,0	120	CUMPLE
SÓLIDOS TOTALES	Standard Methods Ed-22-2012, 2540B	PA - 14.00	mg/l	68,0	1600	CUMPLE



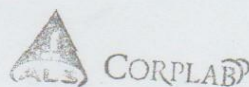
Acreditación N° OAE LE 20 05-005
LABORATORIO DE ENSAYOS

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

La información (1), (2) que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del SAE.

(1) TULAS, Libro VI, Anexo 1, Norma de calidad ambiental y descarga de efluentes: recurso agua, Tabla 10, Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

(2) Criterio de resultados



RIGHT SOLUTIONS - RIGHT PARTNER

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN.....	II
AUTORÍA.....	III
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTO.....	VI
1 TÍTULO	1
2 RESUMEN.....	2
2.1 SUMMARY	3
3 INTRODUCCIÓN.....	4
4 REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
4.1 SANEAMIENTO AMBIENTAL.....	6
4.2 IMPORTANCIA DEL SANEAMIENTO AMBIENTAL.....	6
4.3 RESIDUOS SÓLIDOS	6
4.3.1 <i>Clasificación de los residuos sólidos.</i>	7
4.3.2 <i>Disposición final de los residuos sólidos.</i>	8
4.4 RELLENO SANITARIO	9
4.4.1 <i>Concepto.</i>	9
4.4.2 <i>Clasificación de los rellenos sanitarios.</i>	9
4.4.3 <i>Ventajas y limitaciones de un relleno sanitario.</i>	10
4.4.4 <i>Generación de líquidos y gases.</i>	13
4.4.5 <i>Características generales del lixiviado de un relleno sanitario.</i>	13
4.4.6 <i>Líquido lixiviado o percolado.</i>	14
4.4.7 <i>Criterios de calidad y riesgos ambientales del relleno sanitario.</i>	15
4.4.8 <i>Cantidades de las aguas lixiviadas.</i>	16
4.4.9 <i>Tratamiento de lixiviados.</i>	16

	110
4.5 FITORREMEDIACIÓN.....	16
4.5.1 <i>Mecanismos de la fitorremediación</i>	18
4.5.2 <i>Fitovolatilización</i>	18
4.5.3 <i>Fitoextracción</i>	18
4.5.4 <i>Rizofiltración</i>	19
4.5.5 <i>Fitodegradación</i>	19
4.5.6 <i>Fitoestimulación</i>	19
4.6 FASES DE LA FITORREMEDIACIÓN	20
4.6.1 <i>Absorción</i>	20
4.6.2 <i>Excreción</i>	21
4.6.3 <i>Desintoxicación de contaminantes</i>	21
4.7 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA FITORREMEDIACIÓN	22
4.8 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE PLANTAS PARA LA FITORREMEDIACIÓN	23
4.9 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS ESPECIES VEGETALES A UTILIZAR.....	24
4.9.1 <i>Lechuga de agua (Pistia stratiotes L.)</i>	24
4.9.2 <i>Trébol de agua (Limnobiom laevigatum R.)</i>	26
4.10 ESTUDIOS REALIZADOS EN FITORREMEDIACIÓN UTILIZANDO LAS ESPECIES VEGETALES PROPUESTAS.....	30
4.10.1 <i>Estudio realizado en Camerún</i>	30
4.10.2 <i>Estudio realizado en Argentina</i>	30
4.10.3 <i>Estudio realizado en Venezuela</i>	31
4.10.4 <i>Estudio realizado en Ambato</i>	31
4.11 MARCO LEGAL FAVORABLE.....	33
4.11.1 <i>Constitución de la República del Ecuador</i>	33
4.11.2 <i>Ley de gestión ambiental</i>	34
4.11.3 <i>Acuerdo Ministerial 097 – A</i>	35
4.11.4 <i>Ley Orgánica De Recursos Hídricos, Usos Y Aprovechamiento Del Agua</i> ..	35

5	MATERIALES Y MÉTODOS	36
5.1	MATERIALES	36
5.1.1	<i>Materiales de campo</i>	36
5.1.2	<i>Materiales de construcción</i>	36
5.1.3	<i>Materiales de oficina</i>	37
5.2	MÉTODOS	37
5.2.1	<i>Ubicación política y geográfica del área de estudio</i>	37
5.2.2	<i>Aspectos biofísicos y climáticos</i>	38
5.2.3	<i>Tipo de investigación</i>	40
5.2.4	<i>Distribución de tratamientos</i>	40
5.2.5	<i>Variables de estudio</i>	41
5.2.6	<i>Hipótesis</i>	41
5.2.7	<i>Diseño experimental</i>	41
5.2.8	<i>Población y muestra</i>	42
5.2.9	<i>Metodología para el primer objetivo</i>	42
5.2.10	<i>Metodología para el segundo objetivo</i>	44
6	RESULTADOS	57
6.1	RESULTADO DEL PRIMER OBJETIVO ESPECIFICO	57
6.1.1	<i>Realizar un diagnóstico del tratamiento actual de los lixiviados generados en el Relleno Sanitario de la ciudad de Zumbi</i>	57
6.1.2	<i>Encuesta al técnico responsable del relleno sanitario</i>	59
6.1.3	<i>Análisis de resultados ex situ</i>	60
6.2	RESULTADOS DEL SEGUNDO OBJETIVO	62
6.2.1	<i>Selección del sitio de muestreo</i>	62
6.2.2	<i>Monitoreo y control</i>	63
6.2.3	<i>Desarrollo del modelo estadístico no paramétrico “Chi-cuadrado (X^2)” para determinar los parámetros establecidos:</i>	69

	112
7 DISCUSIÓN.....	78
8 CONCLUSIONES.....	81
9 RECOMENDACIONES.....	82
10 BIBLIOGRAFÍA	83
11 ANEXOS.....	96
11.1 ANEXO 1.- ENCUESTA AL TÉCNICO RESPONSABLE DEL RELLENO SANITARIO.	96
11.2 ANEXO 2.- ETIQUETADO DE LA MUESTRA.....	97
11.3 ANEXO 3.- FICHA DE MONITOREO DE ESPECIES VEGETALES.	98
11.4 ANEXO 4.- REPORTE DE ANÁLISIS DE LA CARACTERIZACIÓN DE LOS LIXIVIADOS	99
11.5 ANEXO 5.- REPORTE DE ANÁLISIS DE LOS TRATAMIENTOS EN ESTUDIO.....	100
11.6 ANEXO 6.- TABLA PARA VALORES DE CHI-CUADRADO (X^2) CRÍTICO	104
11.7 ANEXO 7.- REPORTE DE RESULTADOS POR PARTE DEL GAD CANTONAL DE CENTINELA DEL CÓNDOR.....	105
ÍNDICE GENERAL	109
INDICE DE TABLAS	113
INDICE DE CUADROS.....	113
INDICE DE FIGURAS	114
INDICE DE FOTOGRAFÍAS.....	114
INDICE DE MAPAS.....	114

INDICE DE TABLAS

TABLA 1.- CLASIFICACIÓN DE LOS RELLENOS SANITARIOS.....	10
TABLA 2.- VENTAJAS Y LIMITACIONES DE UN RELLENO SANITARIO.	11
TABLA 3.- COMPOSICIÓN TÍPICA DE LOS LIXIVIADOS DE RELLENOS SANITARIOS.	14
TABLA 4.- VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA FITORREMEDIACIÓN.	22
TABLA 5.- ENVASES PROPORCIONADOS POR LA EMPRESA GRUNTEC.....	50
TABLA 6.- TABLA DE CONTINGENCIAS CON LAS FRECUENCIAS OBSERVADAS EN LOS TRATAMIENTOS 1 Y 2	71
TABLA 7.- RESULTADOS DE LA SUMA DE LAS FRECUENCIAS OBSERVADAS	72
TABLA 8.- RESULTADOS DE LAS FRECUENCIAS ESPERADAS PARA TRATAMIENTO 1 Y 2.....	73

INDICE DE CUADROS

CUADRO 1.- CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS.	7
CUADRO 2.- CARACTERIZACIÓN DE LOS LIXIVIADOS (TESTIGO) DEL RELLENO SANITARIO.	60
CUADRO 3.- MONITOREO Y CONTROL DE <i>LIMNOBIUM LAEVIGATUM</i> R.....	64
CUADRO 4.- MONITOREO Y CONTROL DE <i>PISTIA STRATIOTES</i> L.....	65
CUADRO 5.- RESULTADOS OBTENIDOS EN EL LABORATORIO GRUNTEC PARA <i>LIMNOBIUM</i> <i>LAEVIGATUM</i> R.	67
CUADRO 6.- RESULTADOS OBTENIDOS EN EL LABORATORIO GRUNTEC PARA <i>PISTIA</i> <i>STRATIOTES</i> L.	68
CUADRO 7.- RESUMEN DE RESULTADOS DE LOS CUADROS 2, 5 Y 6	69
CUADRO 18.- COMPARACIÓN ENTRE CHI-CUADRADO (X ² CALC.) Y VALOR CRÍTICO (VC).....	76

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.- MECANISMOS DE LA FITORREMEDIACIÓN.	20
FIGURA 2.- MORFOLOGÍA DE LA LECHUGA DE AGUA (<i>PISTIA STRATIOTES L.</i>).....	25
FIGURA 3.- MORFOLOGÍA DEL TRÉBOL DE AGUA (<i>LIMNOBIUM LAEVIGATUM R.</i>).....	28
FIGURA 4.- DISEÑO GENERAL DE LAS PISCINAS EXPERIMENTALES.	46

INDICE DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA 1.- SELECCIÓN DEL SITIO.....	45
FOTOGRAFÍA 2.- DIMENSIONES DE LAS PISCINAS EXPERIMENTALES.	47
FOTOGRAFÍA 3.- INCORPORACIÓN DEL IMPERMEABILIZANTE EN LA MEZCLA.....	47
FOTOGRAFÍA 4.- INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE TUBERÍAS.	48
FOTOGRAFÍA 5.- COLOCACIÓN DE LA CUBIERTA.	49
FOTOGRAFÍA 6.- ANÁLISIS VOLUMÉTRICO	49
FOTOGRAFÍA 7.- ENVASES PROPORCIONADOS POR LA EMPRESA GRUNTEC.	50
FOTOGRAFÍA 8.- TOMA DE MUESTRAS.	53
FOTOGRAFÍA 9.- ETIQUETADO DE LAS MUESTRAS.	54
FOTOGRAFÍA 10.- SIEMBRA DE LAS ESPECIES VEGETALES.....	55
FOTOGRAFÍA 11.- MONITOREO Y CONTROL.....	56
FOTOGRAFÍA 12.- DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS.	57
FOTOGRAFÍA 13.- CELDA DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO CON LA ESPECIE JACINTO DE AGUA....	59
FOTOGRAFÍA 14.- SITIO DE MUESTREO DE LA FASE FINAL.	63
FOTOGRAFÍA 15.- TOMA DE MUESTRAS DE LA FASE FINAL.....	63

INDICE DE MAPAS

MAPA 1.- UBICACIÓN DEL RELLENO SANITARIO DE CENTINELA DEL CÓNDOR.....	38
--	-----------