

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas



TRABAJO FINAL DE MATERIA INTEGRADORA

**"USO DE ISLAS FLOTANTES PARA LA
DEPURACION DE AGUAS RESIDUALES"**

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO QUIMICO

Presentado por:

Alinson Geraldinne Carvajal Pacheco

Emilio Martin Lazo Bermúdez

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2017

AGRADECIMIENTO

Este proyecto es la culminación de un trabajo que ha requerido un gran esfuerzo prolongado en el tiempo. El camino hasta aquí ha sido largo, duro y lleno de dudas, pero ha merecido la pena llegar y nos sentimos muy orgulloso de ello.

Es enorme la satisfacción de terminar lo empezado, de querer avanzar siempre, de querer seguir creciendo y nunca dejar de aprender de las vivencias positivas y negativas experimentadas.

En primer lugar queremos expresar el más sincero y mayor agradecimiento a nuestro director de proyecto integrador, el Ing. Francisco Torres, por todas las facilidades prestadas para la realización de este proyecto, por motivarnos continuamente a la búsqueda de nuevos conocimientos, por su esfuerzo, por haber estado siempre dispuesto a resolver cualquier cuestión planteada y por compartir su valiosa experiencia con nosotros, por darnos la apertura para poder realizar nuestros ensayos en su laboratorio y por la gran paciencia que nos brindó.

Al Ministerio del ambiente por prestarnos su asistencia y brindarnos su tiempo de manera incondicional, ya que sin su ayuda y financiación no habría sido posible la finalización de este trabajo. Su guía y colaboración desde el inicio de este proyecto, nos permitió comprender la posibilidad de aplicarlo en el país y atesorar el esfuerzo que hemos dedicado.

Y para finalizar agradecer a las personas que estuvieron junto a nosotros durante todo este trayecto: nuestra familia, amigos y profesores por estar ahí siempre, apoyándonos, ayudándonos y brindando todas las facilidades del mundo de manera incondicional.

RESUMEN

Los nuevos y ya existentes procesos en la actualidad buscan una alta eficiencia con una gran responsabilidad medio ambiental, por lo que a través de los años se buscan nuevos métodos eficaces y con un impacto ambiental positivo para el medio ambiente.

El proyecto de investigación a continuación tiene como objetivo disminuir la contaminación de aguas residuales utilizando una técnica conocida como “floating islands” o “floating treatment wetlands”.

Para poder lograr el objetivo propuesto se evaluó la eficiencia de las islas flotantes usando dos tipos de plantas depuradoras, la totora y la moringa, aplicándolas para el tratamiento en el agua de la laguna de oxidación de la Escuela Superior Politécnica del Litoral y otra muestra de agua proveniente del estero salado de la ciudad de Guayaquil.

Durante un período de 2 meses, se realizaron muestreos por semana, en los que se midió la concentración de Nitratos, Fosfatos, Carbono Orgánico Total, Demanda Química de Oxígeno, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Dureza, Alcalinidad. Las islas flotantes se construyeron de diferente formas; circular y rectangular con un mismo volumen de muestra, conforme pasaron los meses, la planta totora demostró ser más eficaz que la moringa en las distintas muestras de agua de laguna de oxidación de la Escuela Superior Politécnica del Litoral y del estero salado de la ciudad de Guayaquil.

Con los resultados obtenidos se desea que el interés crezca a nivel local, impulsando la investigación y desarrollo de este método, el cuál sea posible de aplicarlo en zonas rurales, en donde se buscará reducir los problemas de salud referentes a la contaminación del agua y disminuir la contaminación por aguas residuales.

Palabras claves: Depuración, islas flotantes, totora, moringa, aguas resi

ABSTRACT

The new and existing processes currently seek high efficiency with great environmental responsibility, so over the years they have been looking for new effective methods and with a positive environmental impact for the environment.

The research project below aims to reduce wastewater pollution using a technique known as "floating islands" or "floating treatment wetlands".

In order to achieve the proposed objective, the efficiency of the floating islands was evaluated using two types of sewage plants, the totora and the moringa, applying them for the treatment in the water of the oxidation lagoon of the Espol University and another sample of water from the Salted estuary of the city of Guayaquil.

During a period of 2 months, samples were taken per week, in which the concentration of Nitrates, Phosphates, Total Organic Carbon, Biological Oxygen Demand, Chemical Oxygen Demand, Hardness, and Alkalinity was measured. The floating islands were constructed in different ways; Circular and rectangular with a same volume of sample, as the months passed, the totora plant proved to be more effective than the moringa in the different samples of the water of oxidation lagoon and salt estuary.

With the results obtained it is desired that the interest grows at a local level, promoting the research and development of this method, which is possible to apply it in rural areas, where it will be sought to reduce health problems related to water pollution and reduce wastewater pollution.

Keywords: Depuration, floating islands, totora, moringa, wastewater.

INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	II
RESUMEN	III
ABSTRACT	IV
INDICE GENERAL	V
ABREVIATURAS	VII
SIMBOLOGÍA	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE GRAFICAS	XI
ANEXOS	XII
INTRODUCCION	XIII
CAPITULO 1	1
PROBLEMÁTICA	1
JUSTIFICACION	2
OBJETIVOS	4
Objetivo General	4
Objetivos específicos:	4
HIPOTESIS	4
MARCO TEORICO	5
1.1 Tratamientos de aguas residuales	5
1.2 Islas Flotantes	6
1.2.1 Aplicación de las islas flotantes	8
1.2.2 Ventajas de islas flotantes	8
1.3 Totora	9
1.3.1 Ventajas de la Totora	10
1.4 Moringa	10

1.4.1	Ventajas de la Moringa	11
1.5	Definición y características de las aguas residuales urbanas.....	11
1.5.1	Definición de aguas residuales	11
1.5.2	Características físicas de las aguas residuales urbanas.....	11
1.5.3	Características químicas de las aguas residuales urbanas	12
1.5.4	Características biológicas de las aguas residuales urbanas	13
1.6	Principales contaminantes, parámetros a controlar y necesidad de depuración	15
1.6.1	Principales contaminantes a eliminar	15
1.6.2	Principales parámetros que deben controlarse	16
1.6.3	Necesidad de depuración de las aguas residuales urbanas	17
1.7	Consideraciones ambientales y de salud pública	19
CAPITULO 2	.....	21
METODOLOGIA	.....	21
2.1	Construcción de las islas flotantes.....	21
2.2	Ubicación de los puntos de muestreo	22
2.3	Tipos de plantas a usar en el sistema depuración.....	23
2.4	Proceso de elaboración de los sistemas depuradores.....	24
CAPITULO 3	.....	30
CALCULOS	.....	30
RESULTADOS	.....	33
CAPITULO 4	.....	39
ANÁLISIS DE RESULTADOS	.....	39
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	.....	41
ANEXOS	.....	43
BIBLIOGRAFÍA	.....	59

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
DQO	Demanda Química de Oxígeno
DBO ₅	Demanda Bioquímica de Oxígeno
TOC	Carbono Orgánico Total
ARU	Agua Residual Urbana
MO	Materia Orgánica
EDAR	Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales

SIMBOLOGÍA

Mg	Miligramo
Ph	Potencial de Hidrógeno
L	Litro
Cu	Cobre
Ni	Níquel
C	Carbono
Mn	Manganeso
P	Fósforo
PPM	Partes por millón
NO ₃ ⁻	Nitratos
PO ₄ ³⁻	Fosfatos

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Sistemas de islas flotantes.....	6
Figura 1.2 Esquema simple de isla flotante.....	7
Figura 1.3 Hábitat en islas flotantes	9
Figura 2.1 Esquema general de una isla flotante	21
Figura 2.2 Ubicación muestra laguna de oxidación	22
Figura 2.3 Ubicación muestra estero salado	22
Figura 2.4 Planta totora	23
Figura 2.5 Planta moringa.....	23
Figura 2.6 Modelo rectangular de isla	24
Figura 2.7 Modelo circular de isla	25
Figura 2.8 Maseta Rectangular	25
Figura 2.9 Maseta Rectangular	26
Figura 2.10 Capa internas de la isla flotante	26
Figura 2.11 Etapa intermedia del relleno de la isla.....	27
Figura 2.12 Proceso final de relleno.....	27
Figura 2.13 Diseño circular de isla flotante de agua del estero salado con planta totora	28
Figura 2.14 Diseño rectangular de isla flotante de agua de la laguna de oxidación con planta totora	28
Figura 2.15 Diseño rectangular de isla flotante de agua de la laguna de oxidación con planta moringa	29

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce	14
Tabla 1.2 Valores típicos de algunos parámetros - aguas residuales urbana...	17
Tabla 1.3 Principales contaminantes y sus efectos para la salud humana.	20
Tabla 3.1 Laguna de Oxidación - Totora	33
Tabla 3.2 Estero Salado – Totora	33
Tabla 3.3 Laguna de Oxidación - Moringa	33
Tabla 3.4 Porcentaje de reducción.....	34
Tabla 3.5 Resultados de cumplimiento de muestras finales - Laguna de Oxidación.....	34
Tabla 3.6 Resultados de cumplimiento de las muestras finales – Estero Salado.....	35
Tabla 3.7 Resultados Finales Islas Flotantes	36

ÍNDICE DE GRAFICAS

Grafica 3.1 Laguna de Oxidación- Totora	37
Grafica 3.2 Estero Salado - Totora.....	37
Grafica 3.3 Laguna de Oxidación - Moringa.....	38
Grafica 3.4 Porcentaje de reducción	38

ANEXOS

Anexo 1. Estero Salado de Guayaquil	43
Anexo 2. Laguna de Oxidación de la Escuela Superior Politécnica del Litoral .	43
Anexo 3. Muestra inicial de agua: Estero salado - Totora	44
Anexo 4. Muestra inicial de agua: Laguna de oxidación - Totora	44
Anexo 5. Muestra inicial de agua: Laguna de oxidación - Moringa.....	45
Anexo 6. Sistemas de islas flotantes.....	45
Anexo 7. Muestra final de agua: Estero salado - Totora.....	46
Anexo 8. Muestra final de agua: Laguna de oxidación - Totora.....	46
Anexo 9. Muestra final de agua: Laguna de oxidación - Moringa	46
Anexo 10. Resultado del agua al final del proceso.....	47
Anexo 11. Armandos sistemas de Islas Flotantes.....	47
Anexo 12. Visita del Ministerio del ambiente	48
Anexo 13. Resultado Inicial de PSI en laguna de oxidación.....	48
Anexo 14. Resultado Inicial de PSI en Estero Salado	49
Anexo 15. Resultados de PSI semana 1 en Laguna oxidación - Totora.....	50
Anexo 16. Resultados de PSI semana 1 en Estero Salado - Totora	51
Anexo 17. Resultados de PSI semana 1 en Laguna de Oxidación - Moringa...52	
Anexo 18. Resultados de PSI semana 2 en Laguna oxidación - Totora.....	53
Anexo 19. Resultados de PSI semana 2 en Estero Salado - Totora	54
Anexo 20. Resultados de PSI semana 2 en Laguna de Oxidación - Moringa...55	
Anexo 21. Resultados de PSI semana 3 en Laguna oxidación - Totora.....	56
Anexo 22. Resultados de PSI semana 3 en Estero Salado - Totora	57
Anexo 23. Resultados de PSI semana 3 en Laguna de Oxidación - Moringa...58	

INTRODUCCION

El agua es un bien necesario para todos los seres vivos, personas, plantas y animales, pero debido a la sobrepoblación actual que vive nuestro planeta cada vez es más costoso disponer de ella.

La contaminación del agua relacionada a actividades industriales, agrícolas y domésticas son sin duda un problema creciente en la sociedad por esta razón se busca desarrollar métodos o sistemas más eficientes para realizar un tratamiento sostenible y económico.

En la actualidad Ecuador se encuentra en un proceso de cambio, un proceso que busca el desarrollo de las comunidades del país con el objetivo de conseguir una mejor calidad de vida para sus habitantes. Para ello se trabaja en la implantación de un sistema económico sustentable, donde los recursos naturales y humanos sean valorados y potenciados, realizando una explotación optimizada de las actividades económicas de cada región. Este proceso de cambio está permitiendo que comunidades que tradicionalmente sobrevivían bajo los umbrales de la pobreza comiencen a ver un futuro con más oportunidades.

El aislamiento en el que normalmente se encuentran estas comunidades hace imposible la instalación de un sistema de alcantarillado que canalice las aguas residuales hacia un lugar más “seguro”. En estas comunidades donde la falta de infraestructura sanitaria es nula se construyen pozos sépticos para manejar las aguas residuales, sin embargo, las mismas pueden generar malos olores y con el tiempo su disposición final de una u otra forma serán los ríos, esteros, y cuerpos hídricos cercanos. La infiltración del agua contaminada, aunque no es muy obvia, a mediano plazo genera contaminación ambiental.

Por todo esto se torna de vital importancia actuar para proporcionar a estas comunidades un sistema de tratamiento de aguas residuales acorde a sus necesidades y posibilidades, con esto no solo se mejora la salud del medio ambiente, sino la calidad de vida de estas poblaciones y, consecuentemente, reduciríamos el gasto sanitario.

Los tratamientos comunes de zonas urbanas que se aplican en ciudades y grandes poblados, no resultan viables para aplicarse en pequeñas comunidades por diversos motivos. Los elevados costos que suponen estos proyectos y, la necesidad de disponer de un área con determinadas condiciones para la construcción de una planta de tratamiento, son factores que minimizan las probabilidades de inversión en dichas comunas. Por lo tanto, una solución óptima para el correcto manejo de aguas residuales es el uso de islas flotantes que sirven como agentes depuradores ya que no requieren una infraestructura muy compleja, tampoco áreas extensas de terreno, ni adición de productos químicos costosos, lo que los vuelve una opción técnicamente viable.

CAPITULO 1

PROBLEMÁTICA

Actualmente en Ecuador solo el 8% de las aguas negras tienen algún nivel de tratamiento, esto debido al acelerado y desordenado crecimiento urbano, y a la falta de una política de conservación de los contaminadores de los cuerpos de agua, esto es de responsabilidad de los municipios, Ministerio del Ambiente (MAE) y Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA) como entes de regulación y control a nivel nacional. Por otro lado, en las zonas rurales es posible que este problema se agudice debido al difícil acceso o falta recursos económicos que implica una inversión de un sistema de alcantarillado público sanitario.

Solo 7 de cada 10 ecuatorianos tienen acceso al agua potable y solo 5 de cada 10 tienen alcantarillado. Pero la desigualdad en el acceso a estos servicios es más notoria en las áreas rurales y en los barrios marginales. Dichas descargas de aguas residuales tienen como destino los cuerpos hídricos más cercanos y esto ocasiona graves problemas medio ambientales y de salud para las comunidades que habitan dichas zonas.

Más del 80% de las empresas industriales, agroindustriales, de comercio y servicios, que generan aguas residuales de proceso con alta carga orgánica y muchas veces con substancias tóxicas, no las depuran y las descargan directamente a las redes de alcantarillado público o directamente a los cauces fluviales.

JUSTIFICACION

Esta propuesta nace como resultado de un ineficiente tratamiento de descargas residuales domésticas en algunas zonas rurales del Ecuador. Debido a que en algunos sectores no se cubre la necesidad de un sistema de alcantarillado sanitario, la población opta por utilizar “pozos sépticos” los cuales representan un gran problema medio ambiental y de salud.

Todos los conjuntos de pequeñas descargas de aguas servidas resultan en un problema mayor porque existe la contaminación intermitente que no se detiene. El hecho de invertir en una planta de tratamiento para las zonas rurales conlleva una serie de estudios y recursos económicos, que no siempre están disponibles. Según la secretaria nacional del agua (SENAGUA) solo 5 de cada 10 ecuatorianos tienen acceso al alcantarillado y la desigualdad en el acceso a este servicio es más notoria en las áreas rurales y en los barrios marginales.

Las plantas de tratamiento de aguas negras deben estar alejadas de la población; la acumulación de estas aguas y el procedimiento de depuración producen malos olores y el resultado de este proceso termina desembocando por lo general en un río.

Todos estos factores influyen económicamente ya que al estar alejadas de una zona implican que el sistema de alcantarillado debe direccionar todas las descargas hacia las instalaciones, por ende, se tendrán gastos de construcción e implementación de redes de alcantarillado sanitario.

Las islas flotantes presentan una oportunidad para resolver esta problemática que se produce en zonas rurales que no cuentan con el beneficio de un sistema de alcantarillado sanitario, y más aún, con una planta de tratamiento de aguas residuales. Su funcionamiento natural va más allá de simples ecosistemas, está comprobado que las islas flotantes funcionan como sistemas de depuración de agua en ríos, lagos y cuencas hídricas.

De esta manera, el siguiente proyecto busca aprovechar dicha característica para observar la viabilidad de aplicación de un modelo de tratamiento de aguas residuales en base a las islas flotantes.

Este modelo a proponer servirá de manera que proporcione un tratamiento adecuado a las aguas residuales domésticas y no continúen siendo un problema para zonas rurales que carecen de servicios de alcantarillado. El proyecto busca una reducción de inversión y aprovechamiento de recursos económicos. Al no necesitar de una red de alcantarillado sanitario tiene una alta factibilidad para zonas de difícil acceso y un bajo costo de implementación. Por lo tanto, si el diseño propuesto muestra resultados satisfactorios entonces se convertirá en una potencial opción para reducir la contaminación ambiental

OBJETIVOS

Objetivo General

Proponer una técnica mediante el uso de islas flotantes depuradoras con el fin de mejorar la calidad de aguas residuales e impulsar la investigación y desarrollo de este método a nivel local.

Objetivos específicos:

- Construir a pequeña escala un sistema de isla flotante para observar su efecto en una muestra de agua residual.
- Analizar si la técnica propuesta ofrece resultados satisfactorios.
- Comparar la efectividad depuradora de diferentes tipos de plantas, en una muestra de agua residual.

HIPOTESIS

El uso de islas flotantes depuradoras contribuirá en la disminución de la contaminación y será una alternativa para reducir costos en tratamientos de aguas residuales.

MARCO TEORICO

1.1 Tratamientos de aguas residuales

Las aguas residuales son sometidas a una serie de procesos físicos, químicos y biológicos con el fin de reducir sus contaminantes y permitir su vertido, minimizando los riesgos para el medio ambiente y para la salud. Los sistemas de depuración de las aguas residuales son múltiples, pero se clasifican siempre en función del nivel de tratamiento conseguido (Fernández y col., 2005):

- El **pretratamiento** elimina las materias gruesas, cuerpos gruesos y arenosos cuya presencia en el efluente puede perturbar el tratamiento total y el funcionamiento eficiente de la maquinaria, equipos e instalaciones de la estación depuradora.
- El **tratamiento primario** elimina solo parte de los sólidos en suspensión y se basa normalmente en tecnologías de eliminación mecánica.
- El **tratamiento secundario** utiliza como norma general sistemas biológicos con microorganismos aerobios o anaerobios que descomponen la mayor parte de la materia orgánica y retienen entre un 20 y un 30 % de los nutrientes, eliminando hasta el 75 % del amonio.
- El **tratamiento terciario** incluye la retención del fósforo y del nitrógeno, incluyendo también la eliminación de microorganismos patógenos.

La depuración de aguas residuales normalmente es llevada a cabo en estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR), siendo estos los recintos donde se ubican los equipos necesarios para la realización de los tratamientos citados anteriormente. Una minoría de las estaciones presenta los tres tipos de tratamiento, siendo los más comunes el pretratamiento, el tratamiento primario y el secundario. En nuestros días existe una creciente tendencia hacia la búsqueda de procesos compatibles con la sostenibilidad del medioambiente, entre los que se encuentran los humedales como sistemas capaces de depurar aguas residuales. Los humedales artificiales son una tecnología válida para depurar aguas residuales, como tratamiento secundario o terciario, sobre todo para pequeñas o medianas comunidades, con bajo coste de construcción y mantenimiento (Lahora, 2003).

1.2 Islas Flotantes

Las islas flotantes funcionan como humedales artificiales, pero si individualidad presenta beneficios a la hora de ajustarse a distintos cuerpos hídricos. La profundidad no suele superar los 60 cm y su lecho sirve como sustento y soporte para plantas emergentes como espadañas, carrizos y juncos. La función principal de la vegetación es proporcionar superficies y soporte para la formación de películas bacterianas, facilitar la filtración y la absorción de componentes del agua residual a tratar y permitir la transferencia de oxígeno a la columna de agua en tratamiento.



Figura 1.1 Sistemas de islas flotantes

Fuente: Floating Islands Internacional, Montana – USA 2015

Las islas flotantes son conocidas por ofrecer una adecuada combinación de factores físicos, químicos y biológicos para la eliminación de microorganismos patógenos. Los procesos físicos incluyen los mecanismos de filtración, exposición a la luz ultravioleta y la sedimentación. Los factores químicos engloban la oxidación junto con la exposición a sustancias biocidas excretadas por algunas plantas y la absorción por parte de la materia orgánica. Los mecanismos de eliminación biológica incluyen la antibiosis, la presencia de predadores como nematodos y protistas, ataque por bacterias líticas y muerte natural (Gersberg y col., 1989a).

Un esquema simple para la depuración de aguas residuales mediante las islas flotantes provee una mejora natural de la calidad del agua y mejoran el paisaje acuático con una colorida selección de especies vegetales autóctonas. Con una amplia diversidad de formas y de fácil instalación, ofrecen un proceso biológico de restauración del ecosistema acuático con una buena relación coste - eficacia con casi nulo mantenimiento.

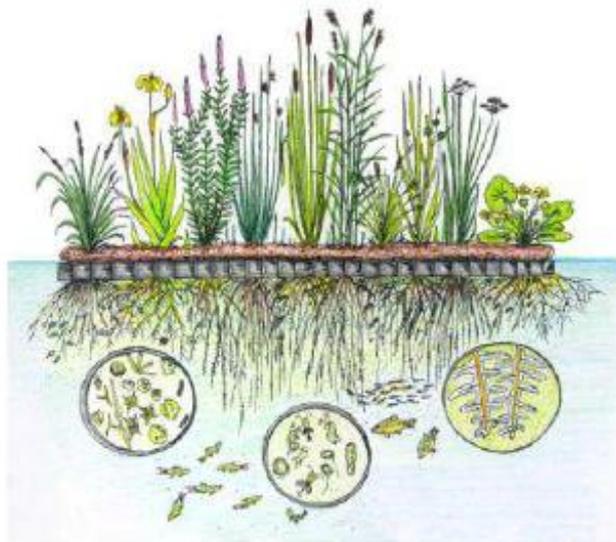


Figura 1.2 Esquema simple de isla flotante

Fuente: Floating Islands Internacional, Montana – USA 2015

Nos encontramos ante sistemas con la capacidad de depurar agua eliminando material orgánico (DBO_5), oxidando el amonio, reduciendo los nitratos y reduciendo los niveles de fósforo. Los mecanismos son muy complejos entre los que destacan la filtración, oxidación bacteriana, precipitaciones químicas y sedimentaciones (Cooper y col., 1996). Estos sistemas cumplen las funciones del tratamiento secundario en depuración de aguas residuales y, en ciertas condiciones, también a los tratamientos terciario y primario.

1.2.1 Aplicación de las islas flotantes

Las islas flotantes se han utilizado con éxito para una serie de aplicaciones hasta la fecha, tales como mejora de la calidad del agua, mejora del hábitat y propósitos estéticos en estanques ornamentales. En cuanto a la mejora de la calidad del agua, las principales aplicaciones reportadas hasta la fecha han sido para el tratamiento de:

- Aguas Lluvia
- Desbordamiento combinado de aguas pluviales y alcantarillado
- Aguas Residuales
- Drenaje de la mina ácida
- Efluente de basura
- Aguas residuales de procesamiento de aves de corral
- Depósitos de suministro de agua

1.2.2 Ventajas de islas flotantes

Al profundizar la isla flotante, se incrementa el volumen efectivo del sistema de tratamiento (comparado con los sistemas de humedales convencionales), alargando así la cantidad de tiempo que el agua pasa dentro del sistema. Para muchos contaminantes, particularmente aquellos que implican reacciones químicas o biológicas dependientes del tiempo, el tiempo de retención juega un papel importante en la determinación del nivel de tratamiento. En comparación con los estanques, las islas flotantes tienen la ventaja de la superficie adicional proporcionada por la malla flotante y la red de raíces para el establecimiento de microbios de crecimiento unidos (biofilms) que son responsables de muchos de los procesos de tratamiento deseables. La capacidad de las islas flotantes para operar a mayores profundidades de agua que los humedales convencionales pueden significar que son capaces de lograr un nivel de tratamiento más alto por unidad de superficie (mayor eficiencia superficial) para ciertos contaminantes.



Figura 1.3 Hábitat en islas flotantes

Fuente: Floating Islands Internacional, Montana – USA 2015

1.3 Titora

Son plantas adaptadas a condiciones de saturación de humedad e inundación, siempre que el agua no las cubra completamente.

Es decir, soportan una fuerte limitación en la disponibilidad de oxígeno en el suelo. Comprenden una parte debajo del nivel del agua, y otra parte aérea.

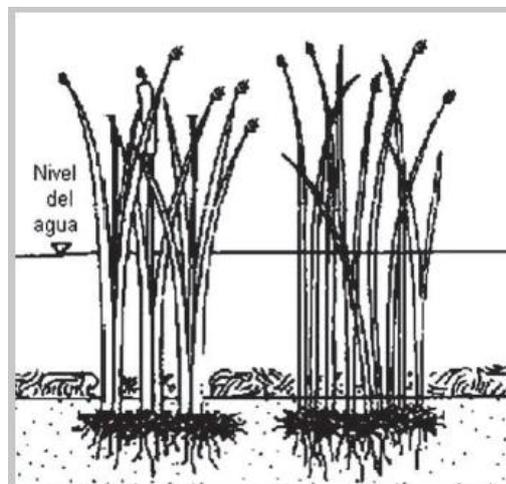


Figura 1.4 Titora

Fuente: Floating Islands Internacional, Montana – USA 2015

1.3.1 Ventajas de la Titora

- Servir de filtro para mejorar los procesos físicos de separación de partículas.
- Asimilación directa de nutrientes (en especial Nitrógeno y Fósforo).
- Actuar a modo de soporte para el desarrollo de biopelículas de microorganismos, que actúan purificando el agua mediante procesos aerobios de degradación.
- Transportar grandes cantidades de oxígeno desde los tallos hasta sus raíces y rizomas, donde es usado por dichos microorganismos.

1.4 Moringa

Moringa oleifera, conocido como moringa, ben, es un árbol originario de norte de India, Pakistán, Bangladesh y Afganistán. Crece en casi cualquier tipo de suelo, incluso en condiciones de elevada aridez estacional, lo que hace de esta planta un recurso para las poblaciones que habitan en estas zonas.

Presenta rápido crecimiento, unos 3 m en su primer año pudiendo llegar a 5 m en condiciones ideales; adulto llega a los 10 o 12 m de altura máxima. Tiene ramas colgantes quebradizas, con corteza suberosa, hojas color verde claro, compuestas, tripinnadas, de 30 a 60 cm de largo, con muchos folíolos pequeños de 1,3 a 2 cm de largo por 0,6 a 0,3 cm de ancho. Florece a los siete meses de su plantación.

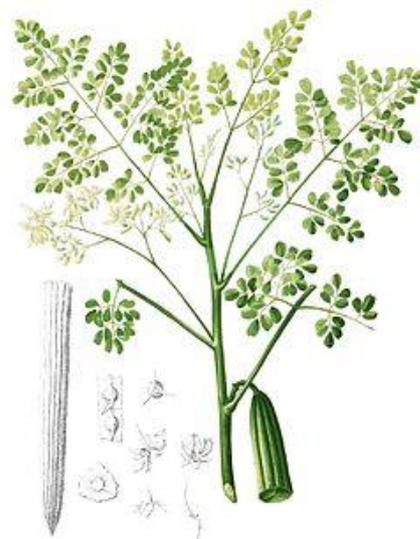


Figura 1.5 Moringa

Fuente: Floating Islands Internacional, Montana – USA 2015

1.4.1 Ventajas de la Moringa

- Pueden ser utilizadas como extractoras de bajo costo para depurar aguas contaminadas.
- Algunos procesos degradativos ocurren en forma más rápida con plantas que con microorganismos.
- Las hojas tienen tantos compuestos saludables que sólo algunas cuantas de éstas proporcionarían el valor nutritivo necesario para salvar una vida en caso de desnutrición.

1.5 Definición y características de las aguas residuales urbanas

1.5.1 Definición de aguas residuales

Se define a las aguas residuales urbanas como:

“aquellas aguas residuales domésticas o la mezcla de las mismas con aguas residuales industriales y/o aguas de escorrentía pluvial”.

A su vez, se definen los distintos componentes de estas aguas residuales:

- Las **aguas residuales domésticas** son aquellas aguas residuales procedentes de zonas de vivienda y de servicios, generadas principalmente por el metabolismo humano y las actividades domésticas.
- Las **aguas residuales industriales** son todas aquellas aguas residuales vertidas desde locales utilizados para efectuar cualquier actividad comercial o industrial.

Las aguas residuales urbanas se caracterizan por su composición física, química y biológica, existiendo una interrelación entre muchos de los parámetros que integran dicha composición. (Martín y col., 2006).

1.5.2 Características físicas de las aguas residuales urbanas

Color. La coloración de las aguas residuales urbanas determina cualitativamente el tiempo de las mismas. Generalmente varía del beige claro al negro. Si el agua es reciente, suele presentar coloración beige clara; oscureciéndose a medida que pasa el tiempo, pasando a ser de color gris o negro, debido a la implantación de condiciones de anaerobiosis, por descomposición bacteriana de la materia orgánica.

Olor. Se debe principalmente a la presencia de determinadas sustancias producidas por la descomposición anaerobia de la materia orgánica: ácido sulfhídrico, escatol (3-metilindol procedente de la degradación anaeróbica del triptófano), mercaptanos y otras sustancias volátiles. Si las aguas residuales son recientes, no presentan olores desagradables ni intensos. A medida que pasa el tiempo, aumenta el olor por desprendimiento de gases como el sulfhídrico o compuestos amoniacales por descomposición anaerobia.

Temperatura. En los efluentes urbanos oscila entre 15 y 20 °C, lo que facilita el desarrollo de los microorganismos existentes.

Sólidos. Son todos aquellos elementos o compuestos presentes en el agua residual urbana que no son agua. Entre los efectos negativos sobre los medios hídricos, caben destacar la disminución en la fotosíntesis por el aumento de la turbidez del agua, deposiciones sobre los vegetales y branquias de los peces, pudiendo provocar asfixia por colmatación de las mismas; formación de depósitos por sedimentación en el fondo de los medios receptores, que favorecen la aparición de condiciones anaerobias, aumento de la salinidad e incrementos de la presión osmótica. Las aguas residuales domésticas (aguas negras y grises), están constituidas en un elevado porcentaje (en peso) por agua, cerca de 99,9 % y apenas un 0,1 % de sólidos suspendidos, coloidales y disueltos. Esta pequeña fracción de sólidos es la que presenta los mayores problemas en el tratamiento y disposición para su reutilización (Borja, 2011).

1.5.3 Características químicas de las aguas residuales urbanas

Los principales componentes de las aguas residuales son: de naturaleza orgánica o inorgánica y gases.

Los componentes orgánicos presentes en las aguas residuales pueden ser de origen vegetal o animal y, cada vez con mayor frecuencia, compuestos orgánicos sintéticos.

Los componentes inorgánicos presentes en las aguas residuales incluyen a los sólidos de origen mineral tales como las sales minerales, arcillas, lodos, arenas y gravas, y ciertos compuestos como sulfatos, carbonatos, etc., que pueden sufrir algunas transformaciones químicas.

Los componentes gaseosos presentes en las aguas residuales urbanas contienen diversos gases con diferente concentración, entre los que destacan:

- El oxígeno disuelto, fundamental para la respiración de los organismos aerobios presentes en el agua residual. Su cantidad en el agua depende de factores relacionados con la temperatura, principalmente, junto con las actividades químicas y biológicas.
- El ácido sulfhídrico, gas que se forma en un medio anaerobio por la descomposición de sustancias orgánicas e inorgánicas que contienen azufre. Su presencia se manifiesta fundamentalmente por el olor característico que produce.
- El anhídrido carbónico, producido en las fermentaciones de los compuestos orgánicos de las aguas residuales.
- El metano, formado en la descomposición anaerobia de la materia orgánica, apareciendo sobre todo en cierto tipo de estaciones depuradoras, donde se llevan a cabo procesos de estabilización de fangos vía anaerobia.

1.5.4 Características biológicas de las aguas residuales urbanas

Las características biológicas de las aguas residuales urbanas vienen determinadas por una gran variedad de organismos vivos de alta capacidad metabólica y gran potencial de descomposición y degradación de la materia orgánica e inorgánica. El componente orgánico de las aguas residuales puede ser considerado como un medio de cultivo que permite el desarrollo de los microorganismos que cierran los ciclos biogeoquímicos de elementos como el carbono, el nitrógeno, el fósforo o el azufre. Los organismos que principalmente se encuentran en las aguas residuales urbanas son: algas, mohos, bacterias, virus, flagelados, ciliados, rotíferos, nematodos, anélidos, larvas, etc.

Tabla 1.1 Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas.	Sust. solubles en hexano	mg/l	30,0
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro Total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	0,1
Cinc	Zn	mg/l	5,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Est. carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl ⁻	mg/l	1 000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	10000
Color real ¹	Color real	unidades de color	Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10,0
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno amoniacal	N	mg/l	30,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	50,0
Compuestos Organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Compuestos Organofosforados	Organofosforados totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	130
Sólidos totales	ST	mg/l	1 600
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	1000
Sulfuros	S ⁻²	mg/l	0,5
Temperatura	°C		Condición natural ± 3
Tensoactivos	Activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0

Fuente: Acuerdo Ministerial 97-A: Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria

1.6 Principales contaminantes, parámetros a controlar y necesidad de depuración

1.6.1 Principales contaminantes a eliminar

Los principales compuestos a controlar y eliminar de las aguas residuales urbanas son los siguientes (Martín y col., 2006):

Objetos gruesos: trozos de madera, trapos, plásticos, etc.

Arenas: bajo esta denominación se engloban las arenas propiamente dichas, gravas y partículas más o menos grandes de origen mineral u orgánico.

Sustancias con requerimientos de oxígeno: materia orgánica y compuestos inorgánicos que se oxidan fácilmente, lo que provoca un consumo del oxígeno del medio al que se vierten.

Nutrientes (nitrógeno y fósforo): su presencia en las aguas es debida principalmente a los detergentes y a los fertilizantes. Igualmente, las excretas humanas aportan nitrógeno orgánico. Nitrógeno, fósforo y carbono son nutrientes esenciales para el crecimiento de los organismos. Cuando se vierten al medio acuático, pueden favorecer el crecimiento de una vida acuática no deseada. Si se vierten al terreno en cantidades excesivas pueden provocar la contaminación del agua subterránea.

Agentes patógenos: organismos presentes en mayor o menor cantidad en las aguas residuales y que pueden producir o transmitir enfermedades (virus, bacterias, protozoos, hongos, etc.).

Contaminantes emergentes o prioritarios: los hábitos de consumo de la sociedad actual generan una serie de contaminantes que no existían anteriormente. Estas sustancias aparecen ligadas a productos de cuidado personal, de limpieza doméstica y farmacéuticos (residuos de antibióticos, hormonas, etc.).

1.6.2 Principales parámetros que deben controlarse

Para caracterizar las aguas residuales se emplean un conjunto de parámetros que permiten cuantificar los contaminantes anteriormente definidos. Los parámetros de uso más habitual son los siguientes (Martín y col., 2006):

Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días (DBO5): cantidad de oxígeno disuelto (mg O₂/L) necesario para oxidar biológicamente la materia orgánica de las aguas residuales. En el transcurso de los cinco días de duración del ensayo se consume aproximadamente el 70 % de las sustancias biodegradables.

Demanda Química de Oxígeno (DQO): cantidad de oxígeno (mg O₂/L) necesaria para oxidar los componentes del agua recurriendo a reacciones químicas.

Nitrógeno: se presenta en las aguas residuales en forma de amoníaco fundamentalmente y, en menor medida, como nitratos y nitritos.

Fósforo: en las aguas residuales aparece principalmente como fosfatos orgánicos y polifosfatos.

Carbono Orgánico Total: es la cantidad de carbono unido a un compuesto orgánico y se usa frecuentemente como un indicador no específico de calidad del agua. Se mide por la cantidad de dióxido de carbono que se genera al oxidar la materia orgánica en condiciones especiales.

La siguiente tabla muestra los valores típicos de los parámetros utilizados normalmente para la caracterización de las aguas residuales urbanas.

Tabla 1.2 Valores típicos de algunos parámetros en aguas residuales urbanas

Parámetro	ARU Débil	ARU Media	ARU Fuerte
pH		6,5 – 8,5	
Sólidos totales en suspensión (mg/L)	100	220	350
Sólidos decantables (mg/L)	5	10	20
DBO ₅ (mg O ₂ /L)	100	200	300
DQO (mg O ₂ /L)	250	500	1000
Nitrógeno total (mg/L)	20	40	85
Nitrógeno orgánico (mg/L)	8	15	35
Nitrógeno amoniacal (mg/L)	12	25	50
Nitritos (mg/L)	0	0	0
Nitratos (mg/L)	0	0	0
Fósforo total (mg/L)	4	8	15
Oxígeno disuelto (mg O ₂ /L)	0,2	0,1	0
Cloruros (mg/L)	30	50	100
Sulfato (mg/L)	20	30	50
Alcalinidad (CaCO ₃) (mg/L)	50	100	200
Aceites y grasas (mg/L)	50	100	150
Coliformes totales (UFC/100mL)	10 ⁶ – 10 ⁷	10 ⁷ – 10 ⁸	10 ⁸ – 10 ⁹
Compuestos orgánicos volátiles (µg/L)	< 100	100 – 400	> 400
Detergentes (mg/L)*		10,2	
Helminfos (nº huevos/L)*		2,03	

Fuente: Ingeniería de aguas residuales: Tratamiento, vertido y reutilización; Metcalf y Eddy, 1995

1.6.3 Necesidad de depuración de las aguas residuales urbanas

En muchas ocasiones los vertidos de aguas residuales urbanas superan la capacidad de dilución y autodepuración de los cauces y medios receptores, teniendo como consecuencia un deterioro progresivo de la calidad de los mismos, e imposibilitando la reutilización posterior del agua. Independientemente del origen y características de las aguas residuales, éstas han de ser tratadas adecuadamente antes de su vertido o reutilización (Martín y col., 2006). Los tratamientos de depuración de las aguas residuales están encaminados a:

- Proteger el estado ecológico de los medios receptores (embalses, ríos, barrancos, acuíferos, mar, etc.) de la contaminación procedente de las aguas residuales.

- Evitar riesgos para la salud pública de la población.
- Producir efluentes con características físicas, químicas y microbiológicas aptas para su reutilización.

Hoy en día, las estaciones de tratamiento de aguas residuales son un complemento artificial e imprescindible de los ecosistemas acuáticos, aunque también es cierto que el grado de tratamiento de un agua residual dependerá en gran medida del conocimiento que se tenga del medio receptor, ya que esto podrá determinar la carga contaminante que puede admitir dicho medio sin llegar a producir un desequilibrio irreversible o importante en el mismo. Por tanto, el grado de tratamiento debe estar de acuerdo con:

- Características del medio receptor y estado de las aguas del mismo.
- Relación de caudales entre el medio receptor y el vertido.
- Utilización por parte de otros usuarios aguas abajo del vertido, así como la posibilidad de tomas de aguas próximas o subterráneas.
- Balance hídrico de la zona.
- Fauna y flora tanto del medio receptor como del entorno.

El agua residual urbana sin depurar presenta una serie de componentes que, dependiendo de su naturaleza y concentración, pueden producir alteraciones en los equilibrios fisicoquímicos y biológicos del ecosistema receptor. Si el efluente vertido ha sido previamente tratado o depurado, los efectos negativos serán menores cuanto más completo haya sido el tratamiento. Entre estos efectos destacan:

- **Aparición de fangos y flotantes.** Si las aguas residuales se vierten sin tratar, los residuos sólidos presentes pueden originar sedimentos sobre el fondo, o dar lugar a la acumulación de grandes cantidades de sólidos en la superficie y/o en las orillas de los medios receptores, formando capas de flotantes. Los depósitos de fangos y flotantes al contener materia orgánica pueden llegar a provocar el agotamiento del oxígeno disuelto presente en las aguas y originar el desprendimiento de malos olores.

- **Daño a la salud pública.** El aumento de la concentración y propagación en el medio receptor de microorganismos patógenos para el ser humano, principalmente virus y bacterias, son fuente de enfermedades que pueden difundirse a través de las aguas contaminadas. Entre éstas destacan el tifus, el cólera, la disentería, la polio, la salmonelosis y la hepatitis (A y E).
- **Vertidos industriales.** Dependiendo de su naturaleza pueden producir contaminación de los organismos por compuestos químicos tóxicos o inhibidores.
- **Influencia sobre la microbiología del medio natural receptor.** Tras un vertido de aguas residuales urbanas a un ecosistema acuático, se produce una disminución en el número de eubacterias (bacterias presentes de composición química similar a las eucariotas) y algas; mientras que aumenta el de otras bacterias que se desarrollan en aguas residuales con gran cantidad de materia orgánica. Posteriormente al vertido, se detectan incrementos en la cantidad de protozoos y finalmente de algas.

1.7 Consideraciones ambientales y de salud pública

El tratamiento de las aguas residuales tiene como objetivo principal la protección de la salud pública, seguido de la protección del medio ambiente. Desde ambos puntos de vista los humedales pueden tener un mayor impacto debido a las grandes superficies de terreno que precisan estos sistemas.

Los principales elementos contaminantes contenidos en las aguas residuales podemos agruparlos en eutrofizantes (nitrógeno y fósforo), organismos patógenos (bacterias, virus, protozoarios y helmintos), metales pesados (boro, cadmio, cobre, cromo, plomo, mercurio, selenio y zinc) y trazas orgánicas (compuestos sintéticos altamente estables, especialmente hidrocarburos clorados) (EPA, 2000).

La tabla 1.3 resume los principales contaminantes y sus efectos sobre la salud humana y el medio ambiente:

Tabla 1.3 Principales contaminantes y sus efectos sobre la salud humana y el medio ambiente.

Contaminante	Aspecto
Nitrógeno	
• Salud	Afecta principalmente en niños, provocando el síndrome del niño azul.
• Ambiente	Eutrofización.
Fósforo	
• Salud	No tiene impacto directo.
• Ambiente	Eutrofización.
Patógenos	
• Salud	Afectan al agua de abastecimiento y cultivos.
• Ambiente	Acumulación en el suelo y afectación a fauna.
Metales	
• Salud	Afectan agua de abastecimiento y cultivos, están presentes en la cadena alimenticia.
• Ambiente	Daños al suelo a largo plazo, tóxicos para plantas y animales.
Elementos traza	
• Salud	Afectan agua de abastecimiento, cultivos y animales, están presentes en la cadena alimenticia.
• Ambiente	Acumulación en suelo.

CAPITULO 2

METODOLOGIA

2.1 Construcción de las islas flotantes

Una isla flotante consiste de vegetación propia de los humedales, es una estructura que flota en la superficie de un cuerpo de agua parecido a un estanque. Los tallos de las plantas permanecen por encima del nivel del agua, mientras que sus raíces crecen a través de la estructura flotante y en la columna de agua. De esta manera, las plantas crecen de forma hidropónica, tomando su nutrición directamente de la columna de agua en ausencia de suelo. Debajo de la estera flotante, se forma una red colgante de raíces, rizomas y biofilms unidos. Esta red de biopelícula de raíz colgante proporciona una superficie biológicamente activa para procesos bioquímicos, así como procesos físicos tales como filtración y atrapamiento. Por lo tanto, un objetivo de diseño general es maximizar el contacto entre la red de biopelícula de raíz y el agua contaminada que pasa a través del sistema.

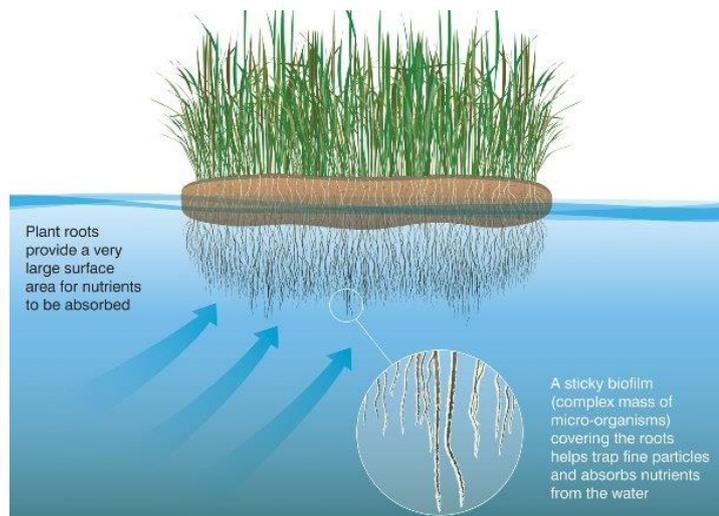


Figura 2.1 Esquema general de una isla flotante

2.3 Tipos de plantas a usar en el sistema depuración

En este proyecto para poder lograr el objetivo propuesto se usó dos tipos de plantas depuradoras, la totora y la moringa, aplicándolas para el tratamiento en las aguas residuales, como las podemos ver en las siguientes imágenes:



Figura 2.4 Planta totora



Figura 2.5 Planta moringa

2.4 Proceso de elaboración de los sistemas depuradores

Las islas flotantes generalmente son usadas a gran escala en lugares donde se conoce su efectividad y se tiene la oportunidad de aplicar este tipo de técnicas de depuración. Este tema no es conocido en el país y se requiere de inversión para ponerlo en marcha en áreas extensas, sin embargo, con fines investigativos se construirán 3 sistemas de islas flotantes a escala de laboratorio. De esta forma se determinará su funcionalidad como potenciales métodos de depuración de aguas residuales; a continuación, se detallará como se llevó a cabo el proceso de construcción.

Dentro de los modelos comunes de islas flotantes, se pueden encontrar diversas formas como por ejemplo diseños rectangulares, circulares y hasta de forma triangular. En este caso se observará el detalle de la construcción de dos modelos, uno circular y uno rectangular. Como previamente se mencionó que los sistemas serían construidos a escala de laboratorio, se utilizaron tanques plásticos de 40 litros, en donde se almacenaría el agua residual para su posterior depuración. Lo que se aprecia en color marrón de las siguientes figuras, son los recipientes que contendrán a la isla flotante de cada sistema.



Figura 2.6 Modelo rectangular de isla



Figura 2.7 Modelo circular de isla

Cada recipiente constará de agujeros por donde filtrará el agua residual y se pondrá en contacto con las raíces de la vegetación. Además a medida que la planta se adapte a la columna de agua, sus raíces irán creciendo conforme capten más cantidad de nutrientes; otra función de los agujeros es no detener dicho crecimiento y que las raíces tengan total libertad de entrar en mayor contacto con el agua residual.



Figura 2.8 Masetta Rectangular



Figura 2.9 Maseta Rectangular

Continuando con el proceso de construcción de las islas flotantes, lo siguiente es preparar el terreno en donde se fijará la vegetación. Para este caso se utilizó terreno extraído del lugar común en donde se desarrolla la totora, pero sin embargo se añadió capas de grava fina y malla plástica para facilitar la filtración del agua hacia en sistema. Generalmente la porción de “terreno” que sirve de soporte a la planta puede variar, ya que en algunos casos puede ser reemplazada por distintos tipos de esponjas que brindan facilidad de manipulación de la isla. No obstante, para este estudio se ha recurrido de terreno normal en vista de no contar con materiales más flexibles como esponjas de distintas durezas. En las siguientes figuras se aprecia esta fase del proceso en donde la vegetación finalmente se introduce a la isla flotante.



Figura 2.10 Capa internas de la isla flotante



Figura 2.11 Etapa intermedia del relleno de la isla



Figura 2.12 Proceso final de relleno

Finalmente, para simular la flotación en los sistemas bastaba con fijar los recipientes (islas flotantes) al marco de los tanques principales. De esta forma se logra replicar a escala de laboratorio el funcionamiento de una isla flotante convencional. Como se muestra en las siguientes figuras, cada sistema es independiente y se pueden tratar distintos tipos de aguas con variación en la vegetación.



Figura 2.13 Diseño circular de isla flotante de agua del estero salado con planta totora



Figura 2.14 Diseño rectangular de isla flotante de agua de la laguna de oxidación con planta totora



Figura 2.15 Diseño rectangular de isla flotante de agua de la laguna de oxidación con planta moringa

CAPITULO 3

CALCULOS

En este proyecto vamos a calcular el porcentaje de reducción en cada parámetro monitoreado en agua de la laguna de oxidación de la Escuela Superior Politécnica del Litoral y agua del estero salado de la ciudad de Guayaquil.

El porcentaje de reducción representa cuánto por ciento disminuyó el valor inicial con respecto al valor final.

Porcentaje de reducción:

$$\frac{V_2 - V_1}{V_1} * 100$$

V_1 : Representa el valor inicial

V_2 : Representa el valor final.

- Laguna de Oxidación – Totora

1. TOC

$$\frac{18.11 - 112.4}{112.4} * 100 \% = 83.8\%$$

2. DBO_5

$$\frac{2 - 30}{30} * 100 = 93.3\%$$

3. DQO

$$\frac{41 - 205}{205} * 100 = 80.0\%$$

4. FOSFATOS

$$\frac{3.01 - 30.5}{30.5} * 100 = 90.1\%$$

5. NITRATOS

$$\frac{20.15 - 569.5}{569.5} * 100 = 96.5\%$$

6. DUREZA

$$\frac{226 - 464}{464} * 100 = 51.3\%$$

7. ALCALINIDAD

$$\frac{127 - 200}{200} * 100 = 36.5\%$$

- Estero Salado – Totorá

1. TOC

$$\frac{47.9 - 130.63}{130.63} * 100 = 63.3\%$$

2. DBO_5

$$\frac{4 - 32}{32} * 100 = 87.5\%$$

3. DQO

$$\frac{48 - 250}{250} * 100 = 80.8\%$$

4. FOSFATOS

$$\frac{5.05 - 46.4}{46.4} * 100 = 89.1\%$$

5. NITRATOS

$$\frac{33.1 - 580.9}{580.9} * 100 = 94.3\%$$

6. DUREZA

$$\frac{241 - 540}{540} * 100 = 55.4\%$$

7. ALCALINIDAD

$$\frac{140 - 260}{260} * 100 = 46.2\%$$

- Laguna de Oxidación - Moringa

1. TOC

$$\frac{30.9 - 112.4}{112.4} * 100 = 72.5\%$$

2. DBO_5

$$\frac{8 - 30}{30} * 100 = 73.3\%$$

3. DQO

$$\frac{68 - 205}{205} * 100 = 66.8\%$$

4. FOSFATOS

$$\frac{11 - 30.5}{30.5} * 100 = 63.9\%$$

5. NITRATOS

$$\frac{99.06 - 569.5}{569.5} * 100 = 82.6\%$$

6. DUREZA

$$\frac{340 - 464}{464} * 100 = 26.7\%$$

7. ALCALINIDAD

$$\frac{165 - 200}{200} * 100 = 17.5\%$$

RESULTADOS

Tabla 3.1 Laguna de Oxidación - Totora

Muestra	TOC (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	DQO (mg/l)	Fosfatos (mg/l PO ₄ ³⁻)	Nitratos (mg/l NO ₃ ²⁻)	Dureza (mg/l)	Alcalinidad (mg/l)
Inicial	112,4	30	205	30,5	569,5	464	200
Semana 1	70,51	23	66	17,7	67,96	300	164
Semana 2	35,65	12	50	12,3	61,35	270	152
Semana 3	20,75	5	45	9,52	21,9	230	135
Semana 4	18,85	2	43	3,5	20,9	228	129
Semana 5	18,11	2	41	3,01	20,15	226	127

Elaboración propia.

Tabla 3.2 Estero Salado – Totora

Muestra	TOC (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	DQO (mg/l)	Fosfatos (mg/l PO ₄ ⁻)	Nitratos (mg/l NO ₃ ⁻)	Dureza (mg/l)	Alcalinidad (mg/l)
Inicial	130,63	32	250	46,4	580,9	540	260
Semana 1	94,28	23	73	8,49	342	356	188
Semana 2	49,72	15	69	7,21	88,1	280	150
Semana 3	48,94	5	55	9,09	68,8	250	145
Semana 4	48,5	4	50	5,45	34,3	245	143
Semana 5	47,9	4	48	5,05	33,1	241	140

Elaboración propia.

Tabla 3.3 Laguna de Oxidación - Moringa

MUESTRA	TOC (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	DQO (mg/l)	Fosfatos (mg/l PO ₄ ⁻)	Nitratos (mg/l NO ₃ ⁻)	Dureza (mg/l)	Alcalinidad (mg/l)
Inicial	112,4	30	205	30,5	569,5	464	200
Semana 1	80,42	25	150	20,8	539,4	430	190
Semana 2	45,2	14	91	18,6	344,6	352	180
Semana 3	31,22	10	72	15,6	150,7	349	175
Semana 4	30,5	8	70	11,75	99,8	344	170
Semana 5	30,09	8	68	11	99,06	340	165

Elaboración propia.

Tabla 3.4 Porcentaje de reducción

	TOC (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	DQO (mg/l)	Fosfatos (mg/l PO4-)	Nitratos (mg/l NO3-)	Dureza (mg/l)	Alcalinidad (mg/l)
Laguna de Oxidación - Totora	83,8%	93,3%	80,0%	90,1%	96,5%	51,3%	36,5%
Estero Salado – Totora	63,3%	87,5%	80,8%	89,1%	94,3%	55,4%	46,2%
Laguna de Oxidación - Moringa	72,5%	73,3%	66,8%	63,9%	82,6%	26,7%	17,5%

Elaboración propia.

Tabla 3.5 Resultados de cumplimiento de las muestras finales - Laguna de Oxidación

	DATOS OBTENIDOS			LIMITES MAXIMO PERMISIBLE DESCARGA AGUA DULCE
	Valores iniciales	Valores finales Laguna de Oxidación		
		Totora	Moringa	
DBO5 (mg/l)	30	2	8	100
DQO (mg/l)	205	41	68	200
Fosfatos (mg /l PO4-)	30,5	3,01	11	10
Nitratos (mg/l NO3-)	569,5	20,15	99,06	50
<u>CUMPLIMIENTO</u>	<u>NO</u>	<u>SI</u>	<u>NO</u>	

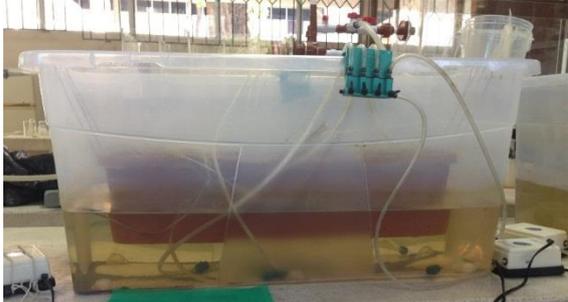
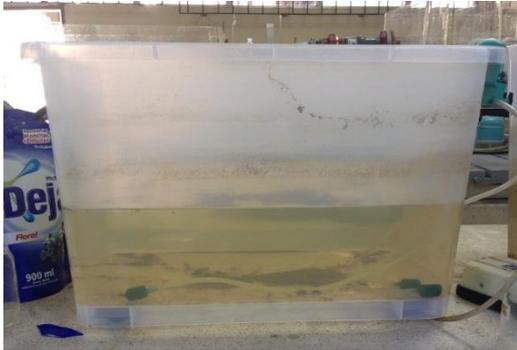
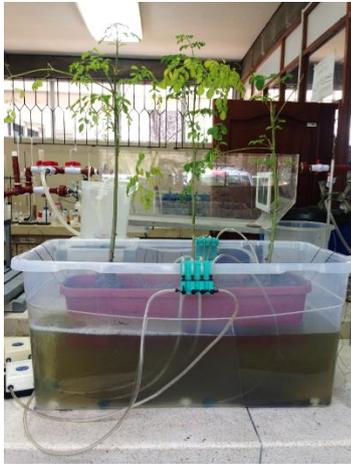
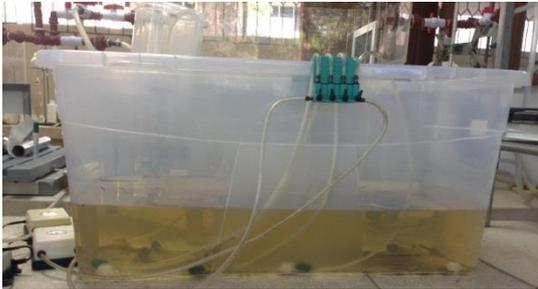
Elaboración propia.

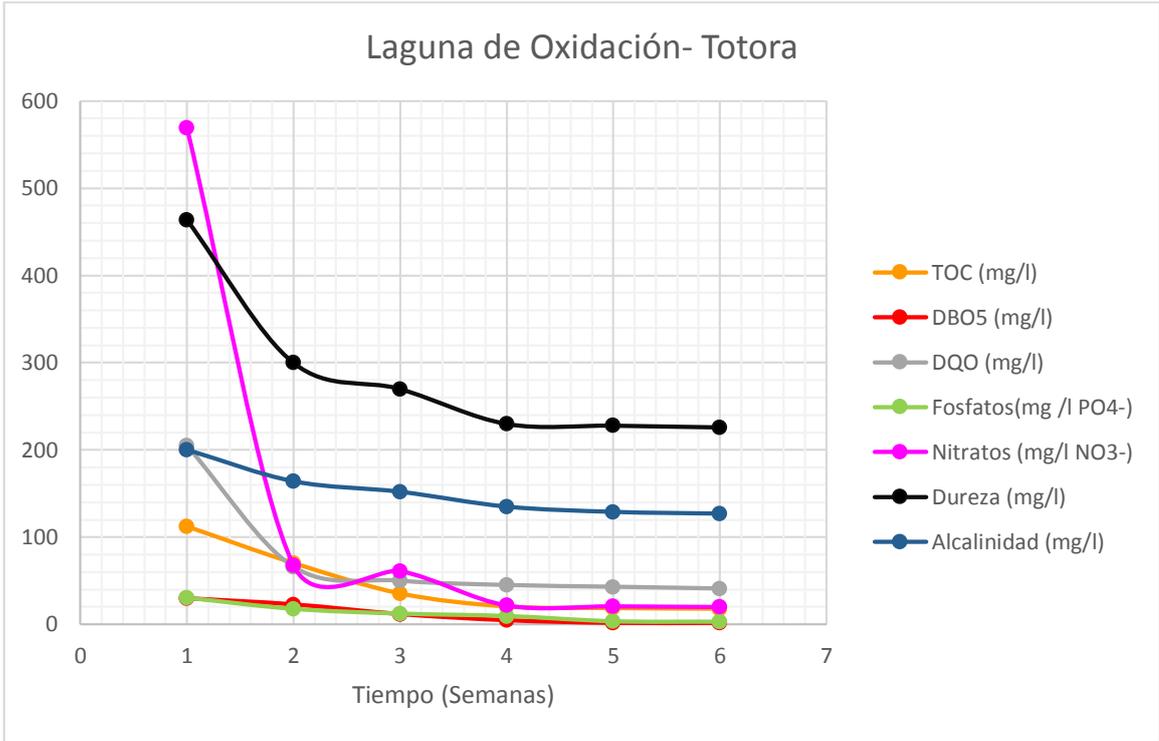
Tabla 3.6 Resultados de cumplimiento de las muestras finales - Estero Salado

	DATOS OBTENIDOS Estero Salado – Totora		LIMITES MAXIMO PERMISIBLE DESCARGA AGUA DULCE
	Valores iniciales	Valores finales	
DBO5 (mg/l)	32	4	100
DQO (mg/l)	205	48	200
Fosfatos (mg /l PO4-)	46,4	5,05	10
Nitratos (mg/l NO3-)	58,9	33,1	50
<u>CUMPLIMIENTO</u>	NO	NO	

Elaboración propia.

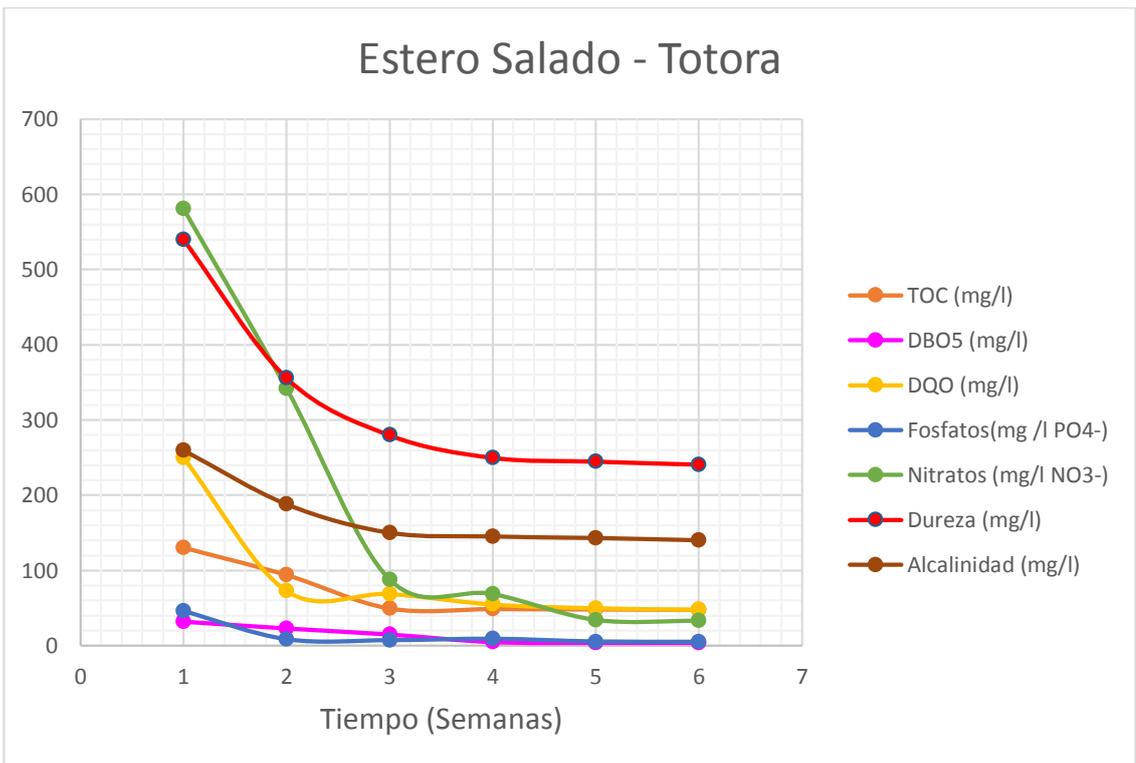
Tabla 3.7 Resultados Finales Islas Flotantes

ANTES	DESPUES
	
	
	



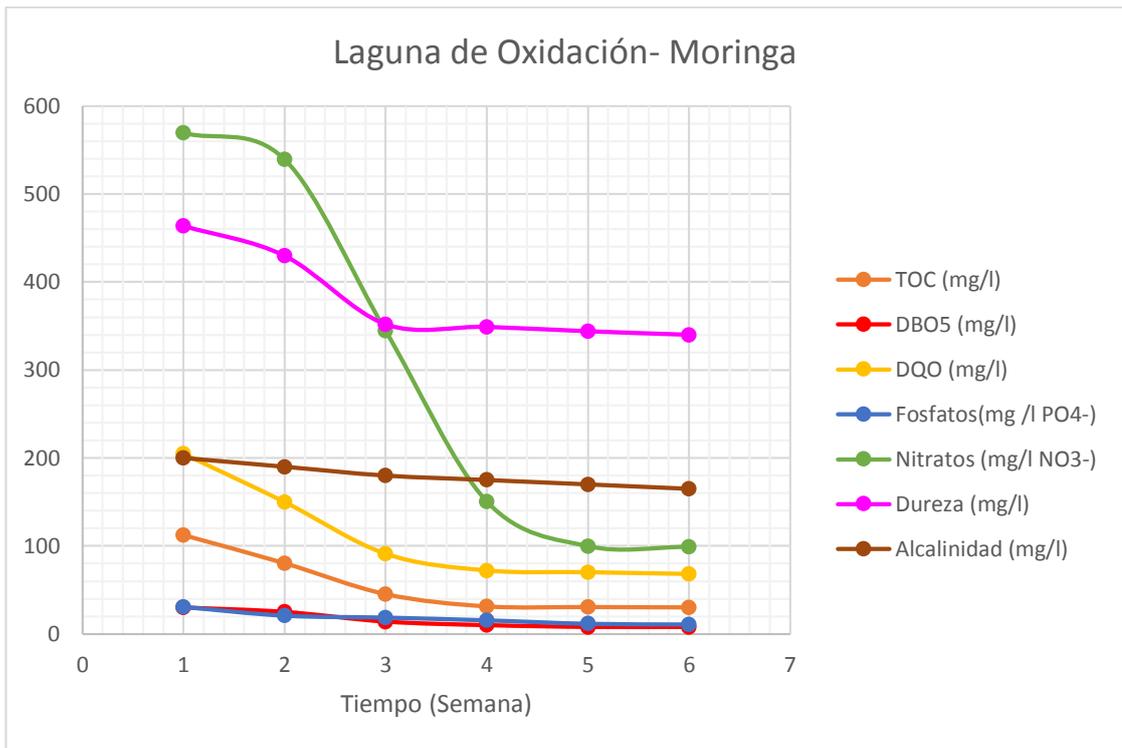
Grafica 3.1 Laguna de Oxidación- Totora

Elaboración propia.



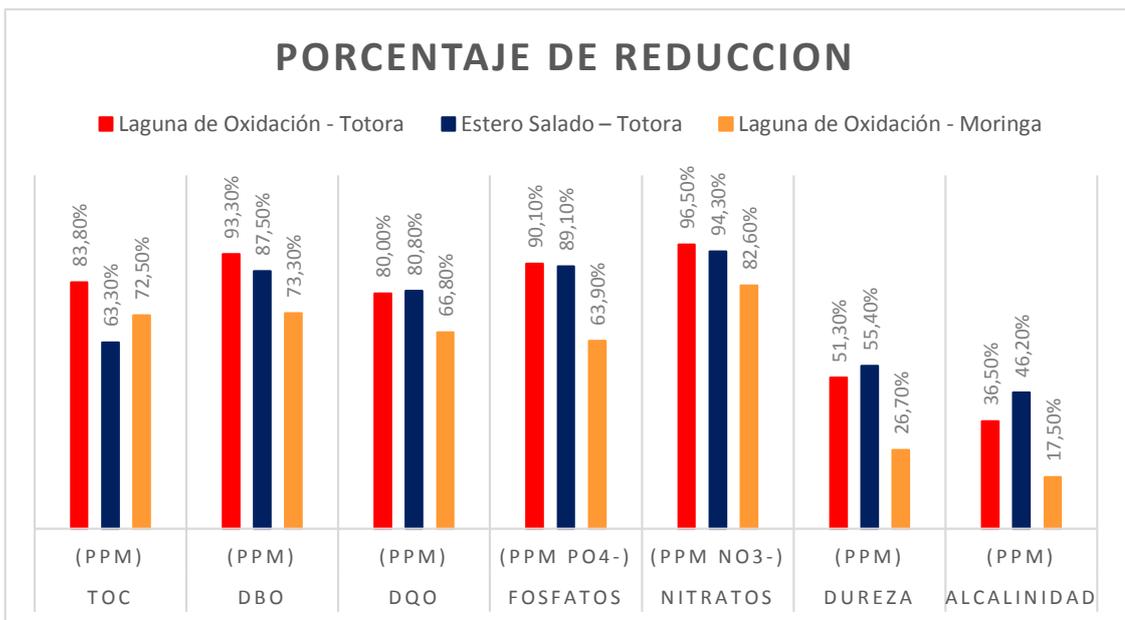
Grafica 3.2 Estero Salado - Totora

Elaboración propia.



Grafica 3.3 Laguna de Oxidación - Moringa

Elaboración propia.



Grafica 3.4 Porcentaje de reducción

Elaboración propia.

CAPITULO 4

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos al final el proyecto fueron favorables, el agua residual del sistema laguna de oxidación con totora luego del tratamiento cumplió con los parámetros exigidos por el Acuerdo ministerial 97-A: Reforma del libro VI del texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente.

Como podemos observar en la Tabla 3.1 que muestra los datos obtenidos de la Laguna de Oxidación – Totora para la demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días, carbono total orgánico, demanda química de oxígeno, fosfatos, nitrato, dureza y alcalinidad de cada semana de monitoreo, se observa una disminución notable. Para el DQO se logró reducir de un valor inicial de 205 mg/l hasta un valor final de 41 mg/l, esto significa que la muestra contiene menos materia susceptible de ser oxidada por medios químicos. Claramente como lo muestra la tabla 3.1, todos los parámetros estudiados fueron disminuyendo durante el periodo de trabajo de la isla flotante.

Esto indica que el sistema actuó correctamente sobre la muestra de agua residual, contribuyendo con la captación de materia orgánica y reduciendo especies presentes como los nitritos y fosfatos mejorando su calidad para ser descargada posteriormente.

Observando el otro escenario del sistema en donde se reemplazó la vegetación usada, se obtuvo una reducción de los parámetros analizados, pero al final la muestra no cumplió con el acuerdo ministerial 061 ya que los nitratos no estaban dentro del rango permisible. Además, como se puede apreciar en la Tabla 3.3 del sistema que utilizó Moringa, los resultados fueron menos eficientes en comparación con el sistema que utilizó Totora.

Esto significa que para la misma muestra de agua residual y bajo las mismas condiciones, la Totora finalmente captó mayor cantidad de materia orgánica que la Moringa.

Para visualizar de mejor forma este resultado, la tabla 3.4 muestra los porcentajes de reducción de los sistemas planteados. Fácilmente se puede apreciar la diferencia entre el sistema isla-Totora y el sistema isla-Moringa, en donde el primero logró mayor eficiencia durante el monitoreo. La razón principal se le atribuye a la estructura de las raíces de cada planta, la totora capta de mejor forma los nitratos gracias a la naturaleza de su raíz fibrosa. En cambio, la raíz de la moringa al ser menos fibrosa y compacta no le permite captar tantos nitratos presentes en el agua.

El tercer sistema de isla flotante utilizaba una muestra de agua diferente, obtenida del estero salado de Guayaquil. Como se puede observar en la tabla 3.2, los datos tienden a disminuir con el paso de las semanas, pero al hablar de una muestra con alta salinidad existía la preocupación de observar cómo afectaría esta condición al estado de la planta. Se llevó a cabo el monitoreo y los resultados diarios mostraban que la isla flotante estaba actuando sobre la muestra de agua del estero salado, pero como contraparte la salinidad afectaba poco a poco al desarrollo de la Totora. Al final se pudo apreciar que la isla flotante cumplió su función adecuadamente, pero la vegetación resultó afectada por la presencia altos contenidos de salinidad.

Todos los valores registrados al final del proyecto muestran una disminución en cada parámetro analizado, esto en general representa reducción en la contaminación de las aguas residuales usadas para verificar la funcionalidad de las islas flotantes. Para apreciar el éxito del trabajo realizado y los buenos resultados obtenidos al final, se puede observar en la tabla 3.5 el cambio de color del agua residual al inicio del trabajo de investigación y al final luego de la aplicación de las islas. Todos los resultados en las tablas anteriores representarían el trabajo de las islas flotantes, y se aprecian de forma más fácil al obtener un cambio de color considerable comparando el antes y el después de cada muestra de agua.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se evaluó la eficacia del proceso de depuración de aguas residuales mediante un sistema de islas flotantes construidas en el campus de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.

De acuerdo a los estudios realizados en este proyecto, se puede afirmar que las islas flotantes, en la actualidad con los buenos resultados específicos respecto a costes de instalación, la facilidad de construcción y de tramitación administrativa, se convierte en una alternativa real.

Los parámetros evaluados fueron los exigidos, como concentración de Nitratos, Fosfatos, Carbono Orgánico Total, Demanda biológica de oxígeno, Demanda química de oxígeno, Dureza, Alcalinidad que fueron analizados para comprobar la efectividad en el proceso de depuración del sistema.

Según la tabla 4.2 que muestra algunos valores típicos de aguas residuales urbanas, la muestra inicial presento un carácter débil-medio previo al tratamiento que impide su descarga directa. El agua residual de la laguna de oxidación – totora luego del tratamiento, cumplió con los parámetros exigidos por Acuerdo ministerial 97-A: Reforma del libro VI del texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente.

Los impactos ambientales son mínimos. No precisan reactivos ni energía eléctrica para su funcionamiento. Las islas flotantes no generan fangos a pesar de la elevada materia orgánica presente en el agua.

Al final del proyecto según los resultados obtenidos, claramente se pudo observar que en los sistemas donde se usó la Totora la efectividad de depuración fue mayor (80 a 96%) en comparación al sistema con Moringa (63 a 82%). Como se visualiza en los anexos #10, es apreciable el cambio de color y el olor entre las muestras de inicio y el final del proyecto. Ambos sistemas tuvieron disminución de los parámetros analizados cumpliendo con los objetivos planteados de reducir la contaminación.

Como caso particular inicialmente se propuso usar otra muestra de agua del estero salado de Guayaquil, a la cual también se le aplicó un sistema de isla flotante con Totorá. Este prototipo mostró resultados favorables ya que los análisis presentaron disminución en los parámetros monitoreados, sin embargo, al hablar de una muestra con altos valores de salinidad hace que impida el crecimiento de la planta, ya que la Totorá mostró signos de marchitarse.

Todos los valores registrados al final del proyecto muestran una disminución en cada parámetro analizado, esto en general representa reducción en la contaminación de las aguas residuales usadas para verificar la funcionalidad de las islas flotantes. Para apreciar el éxito del trabajo realizado y los buenos resultados obtenidos al final, se puede observar en la tabla 3.5.

Con los resultados obtenidos se desea que el interés crezca a nivel local, impulsando la investigación y desarrollo de este método, el cual sea posible de aplicarlo en zonas rurales, en donde se buscará reducir los problemas de salud referentes a la contaminación del agua y disminuir la contaminación por aguas residuales.

Se recomienda la recirculación del agua a través de un sistema de bombeo y presencia luz solar para aumentar el grado de depuración. Experimentar con distintos tipos de vegetación puede resultar favorable para el estudio. De ser posible, se recomienda extender el área de los sistemas para llegar a valores reales.

ANEXOS



Anexo 1. Estero Salado de Guayaquil



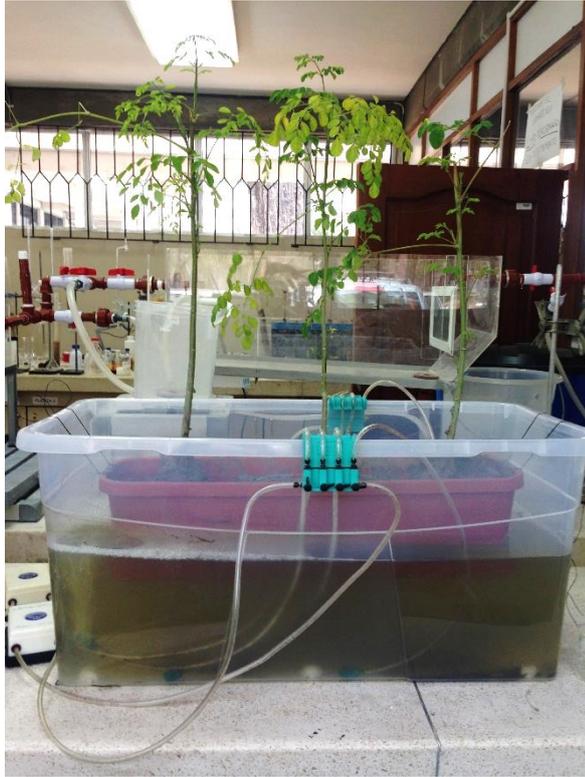
Anexo 2. Laguna de Oxidación de la Escuela Superior Politécnica del Litoral



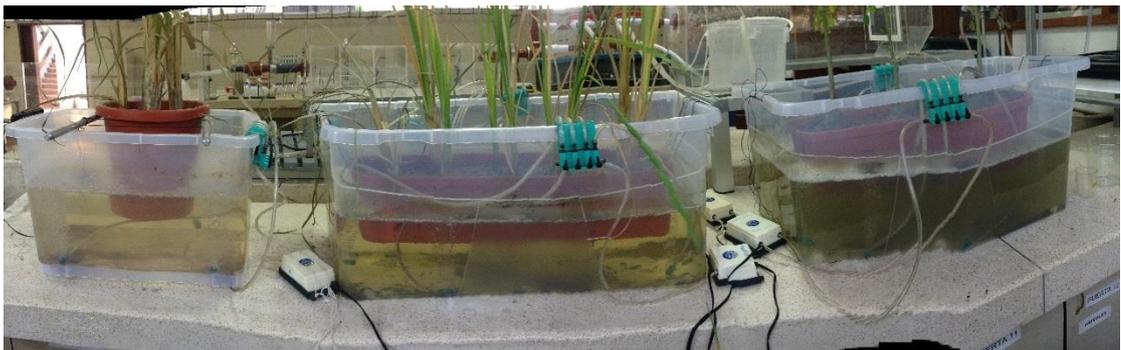
Anexo 3. Muestra inicial de agua: Estero salado - Totora



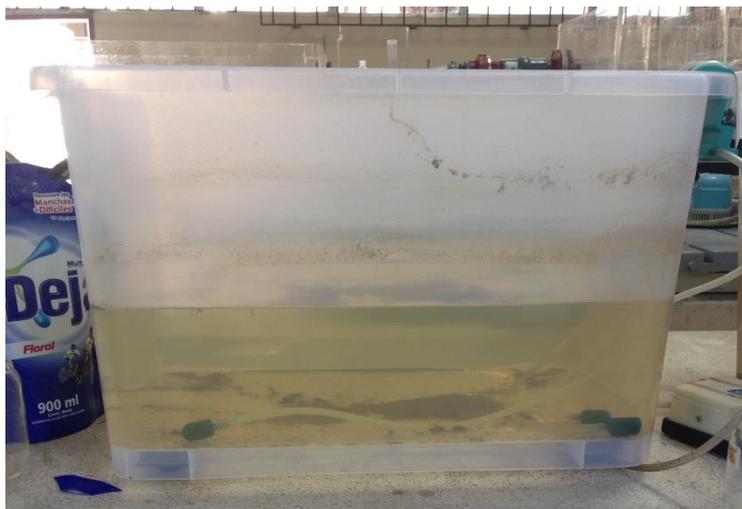
Anexo 4. Muestra inicial de agua: Laguna de oxidación - Totora



Anexo 5. Muestra inicial de agua: Laguna de oxidación - Moringa



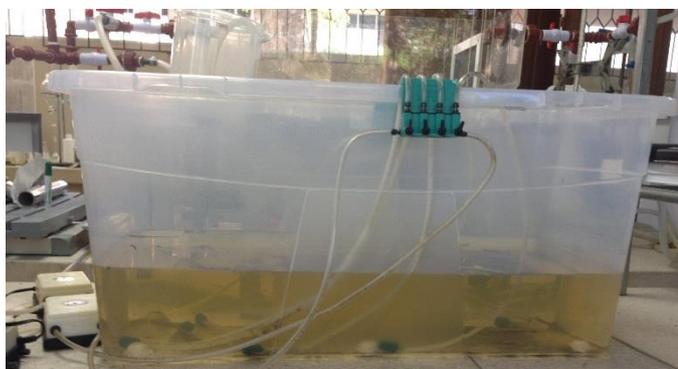
Anexo 6. Sistemas de islas flotantes



Anexo 7. Muestra final de agua: Estero salado - Totorá



Anexo 8. Muestra final de agua: Laguna de oxidación – Totorá



Anexo 9. Muestra final de agua: Laguna de oxidación - Moringa



Anexo 10. Resultado del agua al final del proceso



Anexo 11. Armando sistemas de Islas Flotantes



Anexo 12. Visita del Ministerio del ambiente



Acreditación N° OAE LE 2C 05-003
LABORATORIO DE ENSAYOS

RA-LABPSI-16 2664

INFORME DE RESULTADOS ANÁLISIS DE AGUAS NATURALES

PARA:	MARTIN LAZO		
DIRECCION DE LA EMPRESA:	---		
REPRESENTANTE LEGAL :	---		
SOLICITADO POR:	MARTIN LAZO		
TOMA DE MUESTRA EFECTUADA POR:	Cliente		
MÉTODO DE MUESTREO:	---		
SITIO DE MUESTREO:	Inicial - Totora		
POSICIÓN GEOGRÁFICA:	UTM-WGS84	MI	
	Este	-----	
	Norte	-----	
FECHA DE MUESTREO:	8 de noviembre de 2016		
HORA DE MUESTREO:	--		
TIPO DE MUESTRA:	Natural	Simple	
CODIGO DE LA MUESTRA:	2664-1		
FECHA DE RECEPCION DE MUESTRA:	8 de noviembre de 2016		
ANALIZADO POR:	Ing. Aracely Quirumbay; Ing. Julio Cedeño		
FECHAS DE REALIZACION DE ENSAYO:	8 de Noviembre - 9 de Diciembre del 2016		
EMISION DEL INFORME:	9 de diciembre de 2016		

Tabla 1. Resultados del análisis físico-químico

Parámetros	Unidades:	Resultados	U k=2 ±	**Límite máximo permisible	Método de análisis:
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/l	30	20%	---	SM 5210 B PEE/LAB-PSI/04
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	205	31%	---	EPA 410.4 PEE/LAB-PSI/03
Fosfatos	mg/l	30.5	15%	---	HACH 8048 PEE/LAB-PSI/20
Nitratos	mg/l NO ₃ ⁻	569.5	10%	200	Cadmium Reduction PEE/LAB-PSI/35

Los ensayos marcados con () no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE. (a) Fuera del rango de acreditación. U: Incertidumbre.

**Acuerdo Ministerial No. 097A Edición Especial Año II N-387, 4 de Noviembre del 2015. Tabla 2 : Criterios de Calidad Admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestres en aguas dulces, marinas y de estuarios

⁽¹⁾ Interpretación de Resultados: De acuerdo a lo establecido en la normativa ambiental vigente en el país, los resultados de la muestra analizada en la descarga "Cumple" con los límites máximos permisibles.

Anexo 13. Resultado Inicial de PSI en laguna de oxidación

RA-LABPSI-16 2664

INFORME DE RESULTADOS
ANÁLISIS DE AGUAS NATURALES

PARA:	MARTIN LAZO		
DIRECCION DE LA EMPRESA:	---		
REPRESENTANTE LEGAL :	---		
SOLICITADO POR:	MARTIN LAZO		
TOMA DE MUESTRA EFECTUADA POR:	Cliente		
MÉTODO DE MUESTREO:	---		
SITIO DE MUESTREO:	Inicial - Estero		
POSICIÓN GEOGRÁFICA:	UTM-WGS84	M1	
	Este	-----	
	Norte	-----	
FECHA DE MUESTREO:	8 de noviembre de 2016		
HORA DE MUESTREO:	--		
TIPO DE MUESTRA:	Natural	Simple	
CODIGO DE LA MUESTRA:	2664-1		
FECHA DE RECEPCION DE MUESTRA:	8 de noviembre de 2016		
ANALIZADO POR:	Ing. Aracely Qurumbay; Ing. Julio Cedeño		
FECHAS DE REALIZACION DE ENSAYO:	8 de Noviembre - 9 de Diciembre del 2016		
EMISION DEL INFORME:	9 de diciembre de 2016		

Tabla 1. Resultados del análisis físico-químico

Parámetros	Unidades	Resultados	U k=2 ±	**Límite máximo permisible	Método de análisis
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/l	32	20%	---	SM 5210 B PEE/LAB-PSI/04
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	250	31%	---	EPA 410.4 PEE/LAB-PSI/03
Fosfatos	mg/l	46.4	15%	---	HACH 8048 PEE/LAB-PSI/20
Nitratos	mg/l NO ₃ ⁻	580.9	10%	200	Cadmium Reduction PEE/LAB-PSI/35

Los ensayos marcados con () no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE. (a) Fuera del rango de acreditación. U: Incertidumbre.

**Acuerdo Ministerial No. 097A Edición Especial Año II N-387, 4 de Noviembre del 2015. Tabla 2 : Criterios de Calidad Admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestres en aguas dulces, marinas y de estuarios

⁽¹⁾ Interpretación de Resultados: De acuerdo a lo establecido en la normativa ambiental vigente en el país, los resultados de la muestra analizada en la descarga "Cumple" con los límites máximos permisibles.

Anexo 14. Resultado Inicial de PSI en Estero Salado

RA-LABPSI-16 2664

INFORME DE RESULTADOS
ANÁLISIS DE AGUAS NATURALES

PARA:	MARTIN LAZO		
DIRECCIÓN DE LA EMPRESA:	---		
REPRESENTANTE LEGAL :	---		
SOLICITADO POR:	MARTIN LAZO		
TOMA DE MUESTRA EFECTUADA POR:	Cliente		
MÉTODO DE MUESTREO:	---		
SITIO DE MUESTREO:	Semana 1 - Laguna		
POSICIÓN GEOGRÁFICA:	UTM-WGS84	MI	
	Este	-----	
	Norte	-----	
FECHA DE MUESTREO:	16 de noviembre de 2016		
HORA DE MUESTREO:	--		
TIPO DE MUESTRA:	Natural	Simple	
CODIGO DE LA MUESTRA:	2664-1		
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:	16 de noviembre de 2016		
ANALIZADO POR:	Ing. Aracely Quirumbay; Ing. Julio Cedeño		
FECHAS DE REALIZACIÓN DE ENSAYO:	8 de Noviembre - 9 de Diciembre del 2016		
EMISION DEL INFORME:	9 de diciembre de 2016		

Tabla 1. Resultados del análisis físico-químico

Parámetros	Unidades	Resultados	U k=2 ±	**Limite máximo permisible	Método de análisis
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/l	23	20%	---	SM 5210 B PEE/LAB-PSI/04
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	66	31%	---	EPA 410.4 PEE/LAB-PSI/03
Fosfatos	mg/l	17.7	15%	---	HACH 8048 PEE/LAB-PSI/20
Nitratos	mg/l NO ₃ ⁻	67.96	10%	200	Cadmium Reduction PEE/LAB-PSI/35

Los ensayos marcados con () no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE. (a) Fuera del rango de acreditación. U: Incertidumbre.

**Acuerdo Ministerial No. 097A Edición Especial Año II N-387, 4 de Noviembre del 2015. Tabla 2 : Criterios de Calidad Admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestres en aguas dulces, marinas y de estuarios

⁽¹⁾ Interpretación de Resultados: De acuerdo a lo establecido en la normativa ambiental vigente en el país, los resultados de la muestra analizada en la descarga "Cumple" con los límites máximos permisibles.

Anexo 15. Resultados de PSI semana 1 en Laguna oxidación - Totora

RA-LABPSI-16 2664

**INFORME DE RESULTADOS
ANÁLISIS DE AGUAS NATURALES**

PARA:	MARTIN LAZO		
DIRECCIÓN DE LA EMPRESA:	---		
REPRESENTANTE LEGAL :	---		
SOLICITADO POR:	MARTIN LAZO		
TOMA DE MUESTRA EFECTUADA POR:	Cliente		
MÉTODO DE MUESTREO:	---		
SITIO DE MUESTREO:	Semana 1 - Estero		
POSICIÓN GEOGRÁFICA:	UTM-WGS84	M1	
	Este	-----	
	Norte	-----	
FECHA DE MUESTREO:	16 de noviembre de 2016		
HORA DE MUESTREO:	--		
TIPO DE MUESTRA:	Natural	Simple	
CODIGO DE LA MUESTRA:	2664-1		
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:	16 de noviembre de 2016		
ANALIZADO POR:	Ing. Aracely Quirumbay; Ing. Julio Cedeño		
FECHAS DE REALIZACIÓN DE ENSAYO:	8 de Noviembre - 9 de Diciembre del 2016		
EMISION DEL INFORME:	9 de diciembre de 2016		

Tabla 1. Resultados del análisis físico-químico

Parámetros	Unidades	Resultados	U k=2 ±	**Limite máximo permisible	Método de análisis
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/l	23	20%	---	SM 5210 B PEE/LAB-PSI/04
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	73	31%	---	EPA 410.4 PEE/LAB-PSI/03
Fosfatos	mg/l	8.49	15%	---	HACH 8048 PEE/LAB-PSI/20
Nitratos	mg/l NO ₃ ⁻	342	10%	200	Cadmium Reduction PEE/LAB-PSI/35

Los ensayos marcados con () no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE. (a) Fuera del rango de acreditación. U: Incertidumbre.

**Acuerdo Ministerial No. 097A Edición Especial Año II N-387, 4 de Noviembre del 2015. Tabla 2 : Criterios de Calidad Admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestres en aguas dulces, marinas y de estuarios

⁽¹⁾ Interpretación de Resultados: De acuerdo a lo establecido en la normativa ambiental vigente en el país, los resultados de la muestra analizada en la descarga "Cumple" con los límites máximos permisibles.

Anexo 16. Resultados de PSI semana 1 en Estero Salado – Totora

RA-LABPSI-16 2664

INFORME DE RESULTADOS
ANÁLISIS DE AGUAS NATURALES

PARA:	MARTIN LAZO		
DIRECCIÓN DE LA EMPRESA:	---		
REPRESENTANTE LEGAL :	---		
SOLICITADO POR:	MARTIN LAZO		
TOMA DE MUESTRA EFECTUADA POR:	Cliente		
MÉTODO DE MUESTREO:	---		
SITIO DE MUESTREO:	Semana 1 - Moringa		
POSICIÓN GEOGRÁFICA:	UTM-WGS84	M1	
	Este	-----	
	Norte	-----	
FECHA DE MUESTREO:	16 de noviembre de 2016		
HORA DE MUESTREO:	--		
TIPO DE MUESTRA:	Natural	Simple	
CODIGO DE LA MUESTRA:	2664-1		
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:	16 de noviembre de 2016		
ANALIZADO POR:	Ing. Aracely Quirumbay; Ing. Julio Cedeño		
FECHAS DE REALIZACIÓN DE ENSAYO:	8 de Noviembre - 9 de Diciembre del 2016		
EMISION DEL INFORME:	9 de diciembre de 2016		

Tabla 1. Resultados del análisis físico-químico

Parámetros	Unidades	Resultados	U k=2 ±	**Limite máximo permisible	Método de análisis
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/l	25	20%	---	SM 5210 B PEE/LAB-PSI/04
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	150	31%	---	EPA 410.4 PEE/LAB-PSI/03
Fosfatos	mg/l	20.8	15%	---	HACH 8048 PEE/LAB-PSI/20
Nitratos	mg/l NO ₃ ⁻	539.4	10%	200	Cadmium Reduction PEE/LAB-PSI/35

Los ensayos marcados con () no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE. (a) Fuera del rango de acreditación. U: Incertidumbre.

**Acuerdo Ministerial No. 097A Edición Especial Año II N-387, 4 de Noviembre del 2015. Tabla 2 : Criterios de Calidad Admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestres en aguas dulces, marinas y de estuarios

⁽¹⁾ Interpretación de Resultados: De acuerdo a lo establecido en la normativa ambiental vigente en el país, los resultados de la muestra analizada en la descarga "Cumple" con los límites máximos permisibles.

Anexo 17. Resultados de PSI semana 1 en Laguna de Oxidación - Moringa

RA-LABPSI-16 2664

INFORME DE RESULTADOS
ANÁLISIS DE AGUAS NATURALES

PARA:	MARTIN LAZO		
DIRECCIÓN DE LA EMPRESA:	---		
REPRESENTANTE LEGAL :	---		
SOLICITADO POR:	MARTIN LAZO		
TOMA DE MUESTRA EFECTUADA POR:	Cliente		
MÉTODO DE MUESTREO:	---		
SITIO DE MUESTREO:	Semana 2 - Laguna		
POSICIÓN GEOGRÁFICA:	UTM-WGS84	M1	
	Este	-----	
	Norte	-----	
FECHA DE MUESTREO:	24 de noviembre de 2016		
HORA DE MUESTREO:	--		
TIPO DE MUESTRA:	Natural	Simple	
CODIGO DE LA MUESTRA:	2664-1		
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:	24 de noviembre de 2016		
ANALIZADO POR:	Ing. Aracely Quirumbay; Ing. Julio Cedeño		
FECHAS DE REALIZACIÓN DE ENSAYO:	8 de Noviembre - 9 de Diciembre del 2016		
EMISION DEL INFORME:	9 de diciembre de 2016		

Tabla 1. Resultados del análisis físico-químico

Parámetros	Unidades	Resultados	U k=2 ±	**Limite máximo permisible	Método de análisis
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/l	12	20%	---	SM 5210 B PEE/LAB-PSI/04
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	50	31%	---	EPA 410.4 PEE/LAB-PSI/03
Fosfatos	mg/l	12.3	15%	---	HACH 8048 PEE/LAB-PSI/20
Nitratos	mg/l NO ₃ ⁻	61.35	10%	200	Cadmium Reduction PEE/LAB-PSI/35

Los ensayos marcados con () no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE. (a) Fuera del rango de acreditación. U: Incertidumbre.

**Acuerdo Ministerial No. 097A Edición Especial Año II N-387, 4 de Noviembre del 2015. Tabla 2 : Criterios de Calidad Admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestres en aguas dulces, marinas y de estuarios

⁽¹⁾ Interpretación de Resultados: De acuerdo a lo establecido en la normativa ambiental vigente en el país, los resultados de la muestra analizada en la descarga "Cumple" con los límites máximos permisibles.

Anexo 18. Resultados de PSI semana 2 en Laguna oxidación – Totora

RA-LABPSI-16 2664

**INFORME DE RESULTADOS
ANÁLISIS DE AGUAS NATURALES**

PARA:	MARTIN LAZO		
DIRECCIÓN DE LA EMPRESA:	---		
REPRESENTANTE LEGAL :	---		
SOLICITADO POR:	MARTIN LAZO		
TOMA DE MUESTRA EFECTUADA POR:	Cliente		
MÉTODO DE MUESTREO:	---		
SITIO DE MUESTREO:	Semana 2 - Salado		
POSICIÓN GEOGRÁFICA:	UTM-WGS84	M1	
	Este	-----	
	Norte	-----	
FECHA DE MUESTREO:	24 de noviembre de 2016		
HORA DE MUESTREO:	--		
TIPO DE MUESTRA:	Natural	Simple	
CODIGO DE LA MUESTRA:	2664-1		
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:	24 de noviembre de 2016		
ANALIZADO POR:	Ing. Aracely Quirumbay; Ing. Julio Cedeño		
FECHAS DE REALIZACION DE ENSAYO:	8 de Noviembre - 9 de Diciembre del 2016		
EMISION DEL INFORME:	9 de diciembre de 2016		

Tabla 1. Resultados del análisis físico-químico

Parámetros	Unidades	Resultados	U k=2 ±	**Limite máximo permisible	Método de análisis
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/l	15	20%	---	SM 5210 B PEE/LAB-PSI/04
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	69	31%	---	EPA 410.4 PEE/LAB-PSI/03
Fosfatos	mg/l	7.21	15%	---	HACH 8048 PEE/LAB-PSI/20
Nitratos	mg/l NO ₃ ⁻	88.1	10%	200	Cadmium Reduction PEE/LAB-PSI/35

Los ensayos marcados con () no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE. (a) Fuera del rango de acreditación. U: Incertidumbre.

**Acuerdo Ministerial No. 097A Edición Especial Año II N-387, 4 de Noviembre del 2015. Tabla 2 : Criterios de Calidad Admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestres en aguas dulces, marinas y de estuarios

⁽¹⁾ Interpretación de Resultados: De acuerdo a lo establecido en la normativa ambiental vigente en el país, los resultados de la muestra analizada en la descarga "Cumple" con los límites máximos permisibles.

Anexo 19. Resultados de PSI semana 2 en Estero Salado - Totorá

RA-LABPSI-16 2664

INFORME DE RESULTADOS
ANÁLISIS DE AGUAS NATURALES

PARA:	MARTIN LAZO		
DIRECCIÓN DE LA EMPRESA:	---		
REPRESENTANTE LEGAL :	---		
SOLICITADO POR:	MARTIN LAZO		
TOMA DE MUESTRA EFECTUADA POR:	Cliente		
MÉTODO DE MUESTREO:	---		
SITIO DE MUESTREO:	Semana 2 - Moringa		
POSICIÓN GEOGRÁFICA:	UTM-WGS84	M1	
	Este	-----	
	Norte	-----	
FECHA DE MUESTREO:	24 de noviembre de 2016		
HORA DE MUESTREO:	--		
TIPO DE MUESTRA:	Natural	Simple	
CODIGO DE LA MUESTRA:	2664-1		
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:	24 de noviembre de 2016		
ANALIZADO POR:	Ing. Aracely Quirumbay; Ing. Julio Cedeño		
FECHAS DE REALIZACIÓN DE ENSAYO:	8 de Noviembre - 9 de Diciembre del 2016		
EMISIÓN DEL INFORME:	9 de diciembre de 2016		

Tabla 1. Resultados del análisis físico-químico

Parámetros	Unidades	Resultados	U k=2 ±	**Limite máximo permisible	Método de análisis
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/l	14	20%	---	SM 5210 B PEE/LAB-PSI/04
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	91	31%	---	EPA 410.4 PEE/LAB-PSI/03
Fosfatos	mg/l	18.6	15%	---	HACH 8048 PEE/LAB-PSI/20
Nitratos	mg/l NO ₃ ⁻	344.6	10%	200	Cadmium Reduction PEE/LAB-PSI/35

Los ensayos marcados con () no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE. (a) Fuera del rango de acreditación. U: Incertidumbre.

**Acuerdo Ministerial No. 097A Edición Especial Año II N-387, 4 de Noviembre del 2015. Tabla 2 : Criterios de Calidad Admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestres en aguas dulces, marinas y de estuarios

⁽¹⁾ Interpretación de Resultados: De acuerdo a lo establecido en la normativa ambiental vigente en el país, los resultados de la muestra analizada en la descarga "Cumple" con los límites máximos permisibles.


Empleo digitalmente por #80761 MELISSA
MOYANO TORRES
Número de reconocimiento (RNE): 11521
01-BANCO CENTRAL DEL ECUADOR
VIA CENTRO DE CERTIFICACION DE
REGISTRACION SC/BCCL-CO/010
Identificación: 08000000761-01-BANCO
MELISSA MOYANO TORRES
Fecha: 2016.12.14 11:00:03 -0500

Ing. Melissa Moyano
Coordinador de Análisis: LAB-PSI Aguas - Suelos

Anexo 20. Resultados de PSI semana 2 en Laguna de Oxidación – Moringa

RA-LABPSI-16 2664

**INFORME DE RESULTADOS
ANÁLISIS DE AGUAS NATURALES**

PARA:	MARTIN LAZO		
DIRECCIÓN DE LA EMPRESA:	---		
REPRESENTANTE LEGAL :	---		
SOLICITADO POR:	MARTIN LAZO		
TOMA DE MUESTRA EFECTUADA POR:	Cliente		
MÉTODO DE MUESTREO:	---		
SITIO DE MUESTREO:	Semana 3 Laguna		
POSICIÓN GEOGRÁFICA:	UTM-WGS84	M1	
	Este	-----	
	Norte	-----	
FECHA DE MUESTREO:	29 de noviembre de 2016		
HORA DE MUESTREO:	--		
TIPO DE MUESTRA:	Natural	Simple	
CODIGO DE LA MUESTRA:	2664-1		
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:	29 de noviembre de 2016		
ANALIZADO POR:	Ing. Aracely Quirumbay, Ing. Julio Cedeño		
FECHAS DE REALIZACIÓN DE ENSAYO:	8 de Noviembre - 9 de Diciembre del 2016		
EMISIÓN DEL INFORME:	9 de diciembre de 2016		

Tabla 1. Resultados del análisis físico-químico

Parámetros	Unidades	Resultados	U k=2 ±	**Limite máximo permisible	Método de análisis
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/l	5	20%	---	SM 5210 B PEE/LAB-PSI/04
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	45	31%	---	EPA 410.4 PEE/LAB-PSI/03
Fosfatos	mg/l	9.52	15%	---	HACH 8048 PEE/LAB-PSI/20
Nitratos	mg/l NO ₃ ⁻	21.9	10%	200	Cadmium Reduction PEE/LAB-PSI/35

Los ensayos marcados con () no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE. (a) Fuera del rango de acreditación. U: Incertidumbre.

**Acuerdo Ministerial No. 097A Edición Especial Año II N-387, 4 de Noviembre del 2015. Tabla 2: Criterios de Calidad Admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestres en aguas dulces, marinas y de estuarios

⁽¹⁾ Interpretación de Resultados: De acuerdo a lo establecido en la normativa ambiental vigente en el país, los resultados de la muestra analizada en la descarga "Cumple" con los límites máximos permisibles.

Anexo 21. Resultados de PSI semana 3 en Laguna oxidación - Totora

RA-LABPSI-16 2664

INFORME DE RESULTADOS
ANÁLISIS DE AGUAS NATURALES

PARA:	MARTIN LAZO		
DIRECCIÓN DE LA EMPRESA:	---		
REPRESENTANTE LEGAL :	---		
SOLICITADO POR:	MARTIN LAZO		
TOMA DE MUESTRA EFECTUADA POR:	Cliente		
MÉTODO DE MUESTREO:	---		
SITIO DE MUESTREO:	Semana 3 Salado		
POSICIÓN GEOGRÁFICA:	UTM-WGS84	M1	
	Este	-----	
	Norte	-----	
FECHA DE MUESTREO:	29 de noviembre de 2016		
HORA DE MUESTREO:	--		
TIPO DE MUESTRA:	Natural	Simple	
CODIGO DE LA MUESTRA:	2664-1		
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:	29 de noviembre de 2016		
ANALIZADO POR:	Ing. Aracely Quirumbay; Ing. Julio Cedeño		
FECHAS DE REALIZACIÓN DE ENSAYO:	8 de Noviembre - 9 de Diciembre del 2016		
EMISION DEL INFORME:	9 de diciembre de 2016		

Tabla 1. Resultados del análisis físico-químico

Parámetros	Unidades	Resultados	U k=2 ±	**Limite máximo permisible	Método de análisis
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/l	5	20%	---	SM 5210 B PEE/LAB-PSI/04
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	55	31%	---	EPA 410.4 PEE/LAB-PSI/03
Fosfatos	mg/l	9.09	15%	---	HACH 8048 PEE/LAB-PSI/20
Nitratos	mg/l NO ₃ ⁻	68.8	10%	200	Cadmium Reduction PEE/LAB-PSI/35

Los ensayos marcados con () no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE. (a) Fuera del rango de acreditación. U: Incertidumbre.

**Acuerdo Ministerial No. 097A Edición Especial Año II N-387, 4 de Noviembre del 2015. Tabla 2 : Criterios de Calidad Admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestres en aguas dulces, marinas y de estuarios

⁽¹⁾ Interpretación de Resultados: De acuerdo a lo establecido en la normativa ambiental vigente en el país, los resultados de la muestra analizada en la descarga "Cumple" con los límites máximos permisibles.

Anexo 22. Resultados de PSI semana 3 en Estero Salado - Totorá

INFORME DE RESULTADOS
ANÁLISIS DE AGUAS NATURALES

PARA:	MARTIN LAZO		
DIRECCIÓN DE LA EMPRESA:	---		
REPRESENTANTE LEGAL :	---		
SOLICITADO POR:	MARTIN LAZO		
TOMA DE MUESTRA EFECTUADA POR:	Cliente		
MÉTODO DE MUESTREO:	---		
SITIO DE MUESTREO:	Semana 3 - Moringa		
POSICIÓN GEOGRÁFICA:	UTM-WGS84	M1	
	Este	-----	
	Norte	-----	
FECHA DE MUESTREO:	29 de noviembre de 2016		
HORA DE MUESTREO:	--		
TIPO DE MUESTRA:	Natural	Simple	
CODIGO DE LA MUESTRA:	2664-1		
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:	29 de noviembre de 2016		
ANALIZADO POR:	Ing. Aracely Quirumbay, Ing. Julio Cedeño		
FECHAS DE REALIZACIÓN DE ENSAYO:	8 de Noviembre - 9 de Diciembre del 2016		
EMISIÓN DEL INFORME:	9 de diciembre de 2016		

Tabla 1. Resultados del análisis físico-químico

Parámetros	Unidades	Resultados	U k=2 ±	**Limite máximo permisible	Método de análisis
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/l	10	20%	---	SM 5210 B PEE/LAB-PSI/04
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	72	31%	---	EPA 410.4 PEE/LAB-PSI/03
Fosfatos	mg/l	15.6	15%	---	HACH 8048 PEE/LAB-PSI/20
Nitratos	mg/l NO ₃ ⁻	150.7	10%	200	Cadmium Reduction PEE/LAB-PSI/35

Los ensayos marcados con () no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE. (a) Fuera del rango de acreditación. U: Incertidumbre.

**Acuerdo Ministerial No. 097A Edición Especial Año II N-387, 4 de Noviembre del 2015. Tabla 2 : Criterios de Calidad Admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestres en aguas dulces, marinas y de estuarios

⁽¹⁾ Interpretación de Resultados: De acuerdo a lo establecido en la normativa ambiental vigente en el país, los resultados de la muestra analizada en la descarga "Cumple" con los límites máximos permisibles.


Firmado digitalmente por KRISTEL MELISSA MOYANO TORRES
Nombre de reconocimiento (DN): c=EC,
o=BANCO CENTRAL DEL ECUADOR,
ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE
INFORMACION (CIBEL S.A.S.),
serialNumber=0000109773, cn=KRISTEL
MELISSA MOYANO TORRES
Fecha: 2016.12.14 11:20:33 -05'00'

Ing. Melissa Moyano
Coordinador de Análisis LAB-PSI Aguas - Suelos

Anexo 23. Resultados de PSI semana 3 en Laguna de Oxidación - Moringa

BIBLIOGRAFÍA

- [1]. Borja, M., (2011). Diseño de una Planta de Tratamiento para aguas residuales de la ciudad de Guaranda. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias. Riobamba, Ecuador: Escuela de Ciencias Químicas. 163 pp.
- [2]. Censo, I. N. (2013). CENSO DE INFORMACION AMBIENTAL ECONOMICA. Obtenido de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/banco-de-informacion/>
- [3]. Censos, I. N. (2012). Población por área. Obtenido de http://www.inec.gob.ec/cpv/index.php?option=com_content&view=article&id=232&Itemid=128&lang=es
- [4]. Cooper, P., Job, G., Green, M., Shutes, R., (1996). Reed Beds and Constructed Wetlands for Wastewater Treatment. WRc Publications, Medmenham, Marlow, UK.
- [5]. EPA (United States Environmental Protection Agency), (2000). Constructed Wetlands Treatment of Municipal Wastewaters. EPA/625/R-99/010, USEPA Office of Research and Development, Cincinnati, OH.
- [6]. Fernández, J., de Miguel, E., de Miguel, J., M., Fernández, C., (2005). Manual de Fitodepuración, UPM, Fundación Global Nature, Caja Madrid, Ayto. de Lorca.

- [7]. Gersberg, R., Gearhart, R., Ives, M., (1989a). Pathogen removal in constructed wetlands. In: *Constructed Wetlands for Wastewater Treatment*, D.A. Hammer, ed., Lewis Publishers, Che Michigan, pp. 431-446.
- [8]. Lahora, A., (2003). Depuración de aguas residuales mediante humedales artificiales: la edar de Los Gallardos (Almería). En, Paracuellos, M. (ed.): *Ecología, manejo y conservación de los humedales*, pp. 99-112. Colección Actas, 49. Instituto de Estudios Almerienses (Diputación de Almería). Almería.
- [9]. Martín, I., Betacont J., Salas, J., Peñate, B., Pidre, J., Sardón, N., (2006). Guía sobre tratamientos de aguas residuales urbanas para pequeños núcleos de población. Mejora de la calidad de los efluentes. Instituto Tecnológico de Canarias. Guía divulgativa gratuita, ISBN: 84-689-7604-0.
- [10]. Metcalf & Eddy, (1995). *Ingeniería de aguas residuales: Tratamiento, vertido y reutilización*, 3ª Ed, McGraw-Hill. Madrid
- [11]. Stearman, G. et al., (2003). "Pesticide removal from container nursery runoff in constructed wetland cells". *Journal of Environmental Quality*, 32: 1548-1556.