



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIERREZ

RESIDENCIA PROFESIONAL

INGENIERIA BIOQUIMICA

HUMEDALES ARTIFICIALES PARA LA REMOCION DE NUTRIENTES DE AGUAS RESIDUALES PRE- TRATADAS

PRESENTA: MARIA GRISELDA LOPEZ HERNANDEZ

ASESOR INTERNO: M.C. HUMBERTO CASTAÑÓN GONZALEZ

ASESOR EXTERNO: M.I.A. LAURA CECILIA JIMENEZ ALBORES

TUXTLA GUTIERREZ, CHIAPAS A 07 DE ENERO DEL 2013

Agradezco a la M.I.A. Laura Cecilia Jiménez albores, por sus conocimientos transmitidos para el fortalecimiento de mi formación profesional y al personal de laboratorio de la Universidad Politécnica de Chiapas, por haberme permitido colaborar en el presente proyecto denominado” HUMEDALES ARTIFICIALES PARA LA REMOCION DE NUTRIENTES DE AGUAS RESIDUALES PRE-TRATADAS”.

Durante mi estancia en la Universidad Politécnica de Chiapas, construí conocimiento a lado de profesores que compartieron sus saberes y experiencias, sin ellos no hubiese sido posible esta experiencia grata que me llevo de la universidad, una ocasión más le reitero mis más sinceros agradecimientos a la coordinadora de este proyecto.

Índice

Contenido

Capítulo I Introducción.....	5
Capítulo II Justificación.....	7
Capítulo III Objetivo general.....	9
III.1 Objetivos específicos.....	9
Capítulo IV Caracterización del área donde se desarrollo del proyecto.....	10
Capitulo V Problemas a resolver.....	12
Capítulo VI Alcances y limitaciones.....	12
Capítulo VII Fundamento teórico.....	14
VII. 1 Sistemas de agua superficial de flujo libre (SFL)	15
VII. 2 Sistemas de flujo sub-superficial (SFS)	15
VII. 3 Componentes del humedal.....	16
VII. 3.1 Agua.....	16
VII. 3.2 Substrato.....	17
VII. 3.3 Vegetación.....	17
VII. 3.4 Microorganismos.....	18
VII. 4 Biofiltro.....	19
VII. 4.1 Trampa de grasas.....	19
VII. 4.2 Filtro jardinera (biofiltro).....	20

VII. 5 Parámetros a considerados.....	20
VII. 5.1 Cálculo de la porosidad (medio granular).....	20
VII. 5.2 Cálculo del caudal.....	20
VII. 5.3 Cálculo del tiempo de retención hidráulico (TRH).....	20
VII. 5.4 Determinación de fosfatos y nitratos.....	21
VII. 5.5 Determinación de DBO.....	21
VII. 5.6 Determinación de DQO.....	22
Capítulo VIII Procedimiento y descripción de las actividades realizadas.....	23
VIII. 1 Diseño de biofiltro.....	23
VIII. 1.1 Trampa de grasas.....	23
VIII. 1.2 Humedal artificial.....	23
VIII. 2 Selección de plantas	24
VIII. 3 Prototipo del biofiltro.....	25
VIII. 3.1 Determinación del caudal hídrico.....	25
VIII. 3.2 Determinación del tiempo de retención.....	25
VIII. 3.3 Adaptación del biofiltro con aguas grises.....	25
Capítulo IX Resultados.....	26
Capítulo X Conclusiones y recomendaciones.....	31
Bibliografía.....	32

Anexos.....34

INTRODUCCIÓN

El problema de las aguas grises y negras está ligado a las condiciones de saneamiento y el déficit de este, el cual se relaciona con varias enfermedades como la diarrea, que con frecuencia causa desnutrición. Estas enfermedades anualmente causan una cifra elevada de muertes, especialmente en niños y personas de la tercera edad. Entre los beneficios más importantes del saneamiento del agua es la mejora de la salud pública, con la disminución de enfermedades que se transmiten por este medio y la prevención de fallecimientos prematuros.

Los biofiltros permiten dar una solución para el tratamiento de aguas grises de manera amigable, ya que es un método para la eliminación de contaminantes en el cual no se requiere de ningún tipo de energía ni de gastos para su mantenimiento. Este sistema mejora la calidad del agua antes de ser regresada a la naturaleza y también existe un reciclaje de las aguas al reducirse el volumen de este que entra al sistema de alcantarillado, ya que los biofiltros brindan el tratamiento de las aguas grises desde el hogar permitiendo así su reuso dentro del mismo hogar.

El presente reporte de residencia profesional denominado “Humedales artificiales para la remoción de nutrientes de aguas residuales pre tratadas”, pretende la remoción de contaminantes del agua, producidos en los hogares buscando su reutilización.

El estudio se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad Politécnica de Chiapas, en el área de ingeniería en tecnología ambiental, ya que este se encarga de apoyar a la conservación del medio ambiente.

Se llevó a cabo mediante el diseño experimental de un biofiltro el cual consta de una trampa de grasas y un filtro jardinera. Este sistema no requiere de ningún tipo de energía para su operación.

El principio se basa en la remoción de contaminante mediante la absorción, adsorción y transformación de las materias residuales y nutrientes de aguas grises, determinándolos mediante pruebas químicas y bioquímicas

JUSTIFICACIÓN

La Universidad Politécnica de Chiapas esta a la vanguardia de formar profesionales de la Ingeniería; comprometidos con el desarrollo sustentable y bienestar del sur sureste del país. Sus programas curriculares obedecen a las principales necesidades del país, es por ello que dentro de esta institución se oferta La ingeniería en tecnología ambiental, el cual busca que se contribuya, no solo en la prevención del daño ecológico y ambiental, sino al uso y promoción sustentable de los recursos naturales para una mejor calidad de vida y desarrollo.

La Universidad a través de la carrera en Ingeniería en tecnología ambiental, implemento una planta de tratamiento de aguas residuales, con este proyecto se pretende poner en marcha un segundo proyecto que consiste en la creación de un humedal artificial después de la planta de tratamientos de aguas residuales, considerando que es de suma importancia como una nueva alternativa para el manejo de las aguas grises.

El humedal se sustentara de los propios recursos naturales, que consiste de plantas acuaticas, bandera (*Canna X generalis*) y papiro (*Cyperus papyrus*) y grava, para la purificación de las aguas, considerándose como el tratamiento más eficaz para la eliminación de nutrientes, ya que hace la remoción física y biológica.

La importancia del proyecto reside en el tratamiento de la aguas residuales pre tratadas para su posterior reutilización en: riego de jardines, agua para fuentes así como infiltración en los suelos sin contaminantes o bien siguiendo su cauce natural en los ríos y arroyos, este proyecto obedece a una nueva alternativa en el procesamiento del agua residual, ya que es vital para la sobrevivencia del ser humano, es por ello de la necesidad de darle un tratamiento y con ello buscar la disminución de los impactos negativos que estas pudieran causar al agua y a la población.

Esta forma de tratar el agua residual se puede escalar a, ya sea en industrias, escuelas, hospitales, en los hogares etc. Reduciendo con esto la mala disposición de las aguas grises, al mejorar su calidad antes de ser vertida nuevamente a la naturaleza y de igual forma mejoramos el nivel de vida de las personas.

Capítulo III

OBJETIVO GENERAL

- Implementar un humedal artificial de flujo sub-superficial para pos tratamientos de aguas residuales.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las plantas acuáticas que tengan una mejor remoción de contaminantes.
- Determinar el caudal adecuado y con ello el tiempo de retención hídrico del prototipo propuesto del biofiltro.
- Mediante análisis fisicoquímicos y microbiológicos, determinar el nivel de remoción de nutrientes.

Capítulo IV

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DONDE SE DESARROLLO EL PROYECTO

La Universidad Politécnica de Chiapas con domicilio social en la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas en la calle Eduardo J. Selvas S/n en la colonia Magisterial.

Crea en 2006 el Programa Académico de Ingeniería Ambiental, la cual surgió con un plan de estudios que forma al estudiante para que tenga la capacidad de proponer soluciones para los problemas medioambientalistas.

La carrera pretende crear ingenieros ambientales competitivos, con dominio de los temas ambientales y ecológicos que se aboquen a solucionar los problemas ambientales de nuestro estado y país, con el propósito de impulsar el desarrollo sustentable y sostenible mediante la investigación y aplicación de tecnologías ambientales.

Actualmente la universidad politécnica de Chiapas, cuenta con nuevas instalaciones en el municipio de Suchiapa, Chiapas, en donde la carrera de ingeniería ambiental creó una planta de tratamientos de aguas residuales (PTAR) generadas en la misma institución. Esta planta de tratamientos tiene dos objetivos, el primero, reducir el índice de contaminación de los ríos en donde estas aguas desembocan y segundo que los estudiantes de la carrera en ingeniería ambiental desarrollen sus habilidades y destrezas dentro del laboratorio a través de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos que se requieran.

Misión

Es misión de la Universidad Politécnica de Chiapas es formar profesionales de la Ingeniería, que se distingan por su integridad, responsabilidad y competitividad en el ámbito laboral, nacional e internacional; comprometidos con el desarrollo sustentable y bienestar del sur sureste del país; con valores y principios éticos. Para ello, la Universidad cuenta con un modelo innovador basado en competencias, centrado en el aprendizaje significativo, con programas curriculares flexibles que vinculan a sus alumnos con el sector productivo.

Visión

Ser una institución líder en América Latina que se caracteriza por formar ingenieros de excelencia académica, certificados en competencias profesionales y que cuenta con cuerpos académicos consolidados e investigación científica relevante a nivel nacional e internacional.

La Universidad Politécnica de Chiapas es, además, una institución con programas académicos acreditados y procesos administrativos certificados con normas de calidad.

Capitulo v

PROBLEMAS A RESOLVER, PRIORIZÁNDOLOS.

- Diseñar el prototipo del humedal artificial e identificar el caudal adecuado para la remoción de los contaminantes que las aguas residuales generan.
- Reducir los impactos negativos generados por las aguas grises
- Reducción de la contaminación del agua en ríos y arroyos y con esto una considerable disminución de enfermedades transmitidas por el agua.

Capitulo VI

ALCANCES Y LIMITACIONES

El proyecto se realizó con la finalidad de crear un modelo de biofiltro para el tratamiento de aguas residuales, en donde el humedal que este sistema requiere es de tipo sub superficial.

- Se identificó la planta que realiza una mejor remoción de contaminantes como por ejemplo la eliminación de un 80% de coliformes y un 72% de sólidos totales.
- Se diseñó el prototipo de un humedal de flujo su superficial, implementándole posteriormente un sistema de trampa de grasas.
- El caudal y el tiempo de retención en el humedal fue el adecuado para comprobar que las plantas macrofitas de papiro (*Cyperus papyrus*) y

bandera (*Canna X generalis*), tienen las características de remover los contaminantes de aguas residuales.

Limitaciones

- Por fallas operativas de la planta de tratamientos de aguas residuales (PTAR), se tuvo que cambiar el tipo de agua a tratar, de aguas residuales o negras se paso a utilizar aguas jabonosas o grises.
- Debido al cambio de tipo de agua a tratar, se tuvo que hacer modificación en el prototipo de humedal artificial.
- El prototipo del humedal artificial se le implemento un sistema de trampa de grasas, esto debido al cambio de agua a tratar.
- Al no tener el tiempo de retención y el caudal hídrico adecuado del biofiltro se provoco la muerte de las macrofitas, debido a la retención de las aguas jabonosas por tiempos largos y por la alta concentración de detergente que tenía el agua.
- Debido el corto tiempo que se tenía, no se realizaron pruebas fisicoquímicas y microbiológicas de estas aguas grises, ya que la regeneración de las plantas acuáticas requería de mayor tiempo.

FUNDAMENTO TEÓRICO

Un humedal artificial es un sistema de tratamiento de agua residual poco profundo, construido por el hombre en el que se han sembrado plantas, y contado con los procesos naturales para tratar el agua residual.

La forma en que un humedal es construido determina el tratamiento que ocurre y los mecanismos que están asociados. Los humedales pueden ser de dos tipos:

A) humedales “aerobios” que consisten de vegetación plantada a poca profundidad y suelos relativamente impermeables - arcilla o escombros de minas.

B) humedales anaerobios, que consisten de vegetación plantada a profundidad y mezcla de sustratos permeables tales como suelo, turba, compost, grava, arena, etc., a menudo confinados con una capa impermeable en el fondo.

La mayoría de las entradas es un volumen previsible de las aguas residuales vertidas a través de las alcantarillas. Menores volúmenes de precipitación y escorrentía superficial están sujetos a variaciones estacionales y anuales. Las pérdidas de estos sistemas pueden calcularse mediante la medición de la salida y la estimación de la evapotranspiración, así como por la contabilidad de la filtración en los sistemas sin forro. Aun con tasas de flujo predecible, sin embargo, el modelado del balance hídrico de los humedales construidos debe comprender las variaciones semanales y mensuales de precipitación y la escorrentía y los efectos de estas variables en el sistema hidráulico de los humedales, principalmente el tiempo de permanencia requerido para el tratamiento. Existen dos tipos de humedales los de flujo libre y los de flujo sub-superficial.(D.C 2000)

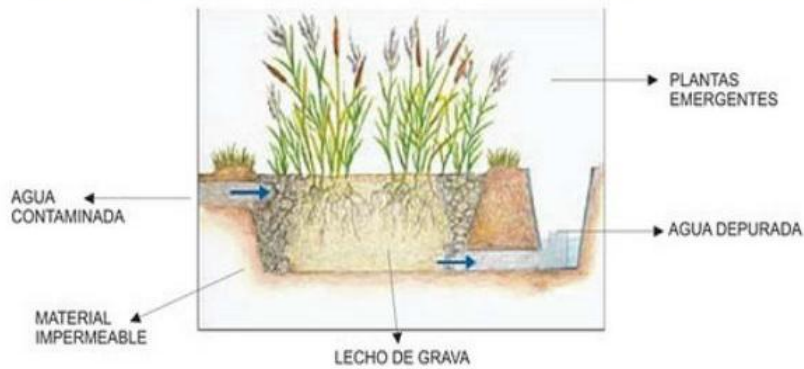


Figura VII.1 humedal

VII. 1. Sistemas de agua superficial de flujo libre (SFL)

Estos sistemas consisten típicamente en estanques o canales, con alguna clase de barreta subterránea para prevenir la filtración, suelo u otro medio conveniente a fin de soportar la vegetación emergente, y agua en una profundidad relativamente baja (0.1 a 0.6 m) que atraviesa la unidad. La profundidad baja del agua, la velocidad baja del flujo y la presencia de tallos de plantas y basura regulan el flujo del agua. Se aplica agua residual pre-tratada y el tratamiento ocurre cuando el flujo del agua atraviesa lentamente el tallo y la raíz de la vegetación emergente. (Arias, 2010)

VII. 2 Sistemas de flujo sub-superficial (SFS)

Estos sistemas se caracterizan por el crecimiento de plantas emergentes usando suelo, grava o piedras como medio granular de crecimiento en el lecho del canal. Dentro del lecho los microbios facultativos atacan al medio y las raíces de las plantas, contactando de este modo el agua residual que fluye horizontalmente a través del lecho; mientras que el sobrante baja a la superficie del medio.

Puede considerarse un reactor biológico tipo proceso biopelícula sumergida el agua, entra por uno de sus extremos, y se reparte, atravesando la zona de grava sembrada con las plantas (halófilos) en el otro extremo, el agua es recogida en el fondo. El nivel máximo se regula de manera que no aflore la lámina de agua y se mantenga unos centímetros por debajo de la grava, haciendo visitable el humedal e impidiendo la proliferación de moscas y mosquitos. (Arias, 2010)

Este tipo de humedal cuenta con algunas características que los hacen aptos para el tratamiento de aguas residuales como son:

- Al usar arcilla como impermeabilizante, los contaminantes pueden fijarse a la superficie del suelo.
- Utilizar y transformar los nutrientes por medio de microorganismos.
- Se logran niveles de tratamiento consistentes con un bajo consumo de energía y bajo mantenimiento.
- Se evita la proliferación de mosquitos y malos olores al tener un flujo sub superficial.
- Logran la remoción de contaminantes a través de todos los componentes del sistema.
- Se remueve nitrógeno entre 12 y 86%.
- Se remueve del 12 al 91% del fósforo presente en el agua residual.
- Se remueve materia entre el 49 y 96%.

VII. 3 Componentes del humedal

VII. 3.1 Agua

La hidrología es el factor de diseño mas importante en un humedal construido porque reúne todas las funciones del humedal y porque es a menudo el factor primario en el éxito o fracaso del humedal. Mientras la hidrología de un humedal construido no es muy diferente que la de otras aguas superficiales y cercanas a superficie, difiere en aspectos importantes: (Delgadillo et,al,2010).

- Pequeños cambios en la hidrología pueden tener efectos importantes en un humedal y en la efectividad del tratamiento.
- Debido al área superficial del agua y su poca profundidad, el sistema actúa reciproca y fuertemente con la atmosfera a través de la lluvia y la evotranspiracion (la perdida combinada de agua por evaporación de la superficie de agua y perdida a través de la transpiración de las plantas).

- La densidad de la vegetación en un humedal afecta fuertemente su hidrología, primero, obstruyendo caminos de flujo, siendo sinuoso el movimiento del agua a través de la red de tallos, hojas, raíces y rizomas y, segundo, bloqueando la exposición del viento y del sol.

VII. 3.2 Substrato

Los substratos en los humedales constituyen, suelo, arena, grava, roca y materiales orgánicos como el compost. Sedimentos y restos de vegetación son importantes por varias razones:

- Soportan a muchos de los microorganismos vivientes en el humedal
- La permeabilidad del substrato afecta el movimiento del agua a través del humedal.
- Muchas transformaciones químicas y biológicas (sobre todo microbianas) tienen lugar dentro del substrato.
- El substrato tiene lugar para el almacenamiento de muchos contaminantes.
- La acumulación del resto de vegetación aumenta la cantidad de materia orgánica en el humedal. la materia orgánica da lugar al intercambio de materia, la fijación de microorganismos, y es una fuente de carbono que es la fuente de energía para alguna de las mas importantes reacciones biológicas del humedal.

VII. 3.3 Vegetación

El mayor beneficio de las plantas es la transferencia de oxígeno a la zona de la raíz. Su presencia física en el sistema (tallos, raíces y rizomas) permiten la penetración a la tierra o medio de apoyo y transporta al oxígeno mas profunda de lo que llegaría naturalmente a través de la sola difusión lo mas importante de los humedales FSF es que las porciones sumergidas de las hojas y tallos muertos se degradan y se convierten en lo que llamamos restos de vegetación, que sirven

como sustrato para el crecimiento de la película microbiana fija que es la responsable de gran parte del tratamiento que ocurre.

Las plantas emergentes contribuyen al tratamiento del agua residual y esorrentía de varias maneras:

- Estabiliza el sustrato y limitan la canalización del flujo.
- Dan lugar a velocidades de aguas bajas y permite que los materiales suspendidos se depositen
- Toman el carbono, nutrientes y elementos de traza y los incorpora a los tejidos de la planta.
- El escape de oxígeno desde las estructuras subsuperficiales de las plantas, oxigena otros espacios dentro del sustrato.
- El tallo y los sistemas de la raíz dan lugar a sitios para la fijación de microorganismos.

VII. 3.4 Microorganismos

Una característica fundamental de los humedales es que sus funciones son principalmente reguladas por microorganismos y su metabolismo. Los microorganismos incluye bacterias, hongos, levaduras y protozoarios. La biomasa microbiana consume gran parte de carbono orgánico y nutriente. (Atalora, 2011)

Actividad microbiana

- Transforma un gran número de sustancias orgánicas e inorgánicas en sustancias inocuas e insolubles.
- Altera las condiciones del potencial redox del sustrato y afecta así la capacidad del proceso del humedal.
- Está involucrada en el reciclaje de nutrientes.

Algunas transformaciones microbianas son aerobias (requieren oxígeno libre) mientras otras son anaerobias (tienen lugar en ausencia de oxígeno libre) muchas especies bacterianas son facultativas, es decir, son capaces de funcionar bajo

condiciones aerobias y anaerobias en respuesta a los cambios en las condiciones medioambientales. (Salgot,1999)

VII. 4 Biofiltro

Entre los sistemas de humedales artificiales podemos encontrar a los biofiltros, que son sistemas que se valen de procesos biológicos para el tratamiento de las aguas residuales. Por medio de la biofiltración, que elimina una cantidad significativa de contaminantes de las aguas grises antes de llegar al agua subterránea, río o humedal natural. La adición de patógenos, bacterias y toxinas no-biodegradables al agua de superficie puede ser evitada con este tratamiento biológico, promoviendo un ecosistema más sano.(Atalora,2011)

Un biofiltro es un sistema que está constituido por dos secciones, en donde la primera sección es una trampa de grasas y la segunda son dos unidades de lecho filtrante de grava (humedal artificial).

Ventajas de un biofiltro

- Retención y acumulación de microorganismos en el humedal
- Es relativamente barato y las condiciones de operación son bastantes simples
- Altura del filtro pequeña suficiente para lograr eficazmente la biodegradación
- La biomasa no se desprende del biofiltro tras las operaciones de lavado en contracorriente.(VidaL,1996)

VII. 4.1 Trampa de grasas

En esta etapa se separa la mayor cantidad de sólidos, tanto flotantes como los más pesados, que pueden ser decantados situándose en la parte inferior del primer tanque. Se producirá una separación de las grasas y detergentes, que quedarán en la parte superior del depósito, mediante la diferencia de pesos específicos.

VII. 4.2 Filtro jardinera (biofiltro)

El agua gris contiene nutrientes como nitrógeno y fósforo (que vienen principalmente de los detergentes y jabones). En el filtro jardinera las plantas se pueden alimentar de estos nutrientes, tomándolos del agua y aprovechándolos para su crecimiento. Se puede reutilizar hasta un 70% del agua que ingresa al filtro.

Del 30% restante, una parte es utilizada por las plantas para su crecimiento y el otro se pierde por medio de la evaporación. A la vez que las plantas adsorben los nutrientes que necesitan para su crecimiento, el material filtrante también realiza una segunda tarea en el tratamiento, capturando el material grasoso o jabonoso que puede estar contenido en el agua luego del tratamiento primario.

VII. 5 Parámetros a considerados

VII. 5.1 Cálculo de la porosidad (medio granular)

Para determinar la porosidad del medio granular se necesitó conocer el volumen total del recipiente y el volumen total con grava, la importancia de la porosidad reside en la necesidad de determinar un flujo laminar, y poder calcular un tiempo de retención hidráulico apto para incrementar el porcentaje de remoción de los contaminantes.

VII. 5.2 Cálculo del caudal

Para la determinación del caudal se usó el método de aforo volumétrico el cual consiste en contabilizar el tiempo en que se llena un recipiente, este método volumétrico es el más recomendable para caudales pequeños y donde las características físicas lo permitan.

VII.5.3 Cálculo del tiempo de retención hidráulico (TRH)

El tiempo de retención hidráulico es importante debido a que de este depende que el agua esté el tiempo necesario dentro del sistema para que los contaminantes

puedan ser removidos .Para calcular el TRH se necesitó de algunos datos como el largo, ancho y profundidad del recipiente, la porosidad y el caudal.

VII. 5.4 Determinación de fosfatos y nitratos

Estos elementos (especialmente el fósforo) son la causa de la eutrofización de lagos y embalses. La abundancia de nitrógeno y fósforo da lugar a un gran desarrollo de algas que además de ser indeseables desde el punto de vista estético, provoca un consumo de oxígeno en zonas profundas que disminuye notablemente la calidad del agua.

El Nitrógeno puede hallarse presente en aguas residuales en cuatro estados de oxidación; nitratos, nitritos, nitrógeno amoniacal y nitrógeno orgánico. Todas estas formas de nitrógeno mas el nitrógeno gaseoso son ínter convertibles unas con otras con la intervención de bacterias existentes en el medio acuático. El nitrógeno total es la suma del nitrógeno amoniacal mas el nitrógeno orgánico; el nitrógeno amoniacal se encuentra presente en las aguas residuales proveniente de la desaminación de compuestos orgánicos nitrogenados y de la hidrólisis de la urea, el Nitrógeno orgánico incluye materiales como proteínas, péptidos, ácidos nucleicos y urea. (Atalora,2011)

VII. 5.5 Determinación de DBO

La DBO es uno de los parámetros de mayor importancia en el estudio y caracterización de las aguas no potables. La determinación de DBO además de indicarnos la presencia y biodegradabilidad del material orgánico presente, es una forma de estimar la cantidad de oxígeno que se requiere para estabilizar el carbono orgánico y de saber con que rapidez este material va a ser metabolizado por las bacterias que normalmente se encuentran presentes en las aguas residuales. La importancia de este parámetro requiere de ciertos cuidados y atención en la técnica analítica, ya que por ser un proceso biológico el manejo y tratamiento de la muestra es delicado.(Romalho,2003)

El método estándar consiste en tomar un pequeño volumen de la muestra a analizar. Este pequeño volumen debe ser representativo del total de la muestra, por lo que ésta deberá estar completamente homogenizada

La DBO representa una medida indirecta de la concentración de materia orgánica e inorgánica degradable o transformable biológicamente. En condiciones normales de laboratorio la DBO se cuantifica a 20°C durante un período de 5 días, con valores expresados en mg/l O₂ (DBO₅) (Collazos,2008).

VII. 5.6 Determinación de DQO

La DQO es una medida aproximada del contenido total de materia orgánica presente en una muestra de agua. Esta materia en condiciones naturales puede ser biodegradada lentamente (esto es oxidada) a CO₂ y H₂O mediante el proceso lento que puede tardar, desde unos pocos días hasta unos millones de años, dependiendo del tipo de materia orgánica presente y de las condiciones de biodegradación.(Atalora 2011)

En la pruebas de DQO se acelera artificialmente el proceso de biodegradación que realizan los microorganismos mediante el proceso de oxidación forzada, utilizando oxidantes químicos y métodos debidamente estandarizados, que tienen por objeto garantizar la reproducibilidad y comparabilidad de las mediciones.

La remoción de la materia orgánica en aguas residuales es importante debido a que al ser liberada a cuerpos acuíferos y al encontrarse en altas concentraciones da lugar a una elevada proliferación de bacterias, estos organismos consumen el oxígeno disuelto y originan situaciones de deficiencia que implica una serie de efectos como la muerte de especies animales, malos olores.(Romalho,2003).

PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

VIII. 1 Diseño de biofiltro

VIII. 1.1 Trampa de grasas

- El biofiltro consta de dos secciones, la primera la trampa de grasas y la segunda el filtro jardinera (humedal artificial), esta segunda se conformo por dos humedales, cada uno con plantas diferentes.
- La trampa de grasas se adecuo en un recipiente de 8 litros, este tenía la forma de un triangulo invertido, esta forma ayuda para la sedimentación de sólidos en la parte inferior del recipiente y en la parte superior retener las grasas.
- La entrada de agua gris se hizo en la parte superior de la trampa y el tubo de salida se instalo a unos 10 cm de la parte inferior de la trampa. La salida es un tubo en forma de T, instalado con otro tubo de la misma forma el cual llega a unos 5 cm encima de la firme de la trampa. Esta disposición permite que el agua suba lentamente por el tubo de salida y de tiempo que sedimenten los sólidos
- En el tubo de salida se le adecuo una válvula, para regular el flujo adecuado.

VIII. 1.2 Humedal artificial

- Para la adaptación del humedal se utilizaron dos contenedores de 5 L, con las siguientes medidas 37 cm x 26 cm x 11 cm (largo, ancho y alto respectivamente)
- La entrada y salida del agua gris se hizo en la parte superior, mediante tubos en forma de T.
- Las conexiones que se hicieron de la trampa de grasas con los humedales fue en serie.

- Cada celda contenía grava y una planta acuática diferente la primera celda con papiro(*Cyperus papyrus*) y la segunda con bandera (*Canna X generalis*)
- Se realizo el cálculo de porosidad con la siguiente formula

$$N = V_v / V_t$$
Donde: N es porosidad

$$V_v = \text{volumen en los espacios del sustrato}$$

$$V_t = \text{volumen total del recipiente}$$

VIII. 2 Selección de plantas

- Para la selección de plantas, primeramente se considero que fueran plantas de la región, ya que de esta forma la planta seguirá creciendo y desarrollándose de la mejor manera al en contarse en las condiciones optimas.
- Se tomo en cuenta también la vista o imagen de la planta, se busco que fuera de ornato.
- Se hicieron investigaciones de las plantas seleccionadas con respecto al grado de remoción de contaminantes de aguas residuales. Teniendo estos datos se descartaron algunas plantas y con ello quedándonos con dos.
- Teniendo estas dos plantas con las mejores características de remoción de nutrientes se plantaron en el humedal y se dejaron adaptar durante dos semanas.
- Las plantas seleccionadas son bandera (*Canna X generalis*) y papiro(*Cyperus papyrus*)
- Una vez adaptadas las plantas se hizo pasar agua residual pre-tratada (PTAR) en el humedal, y con ello evaluar la eficiencia de remoción de estas dos plantas, mediante análisis microbiológicos y fisicoquímicos del agua residual pre-tratada y a la salida del humedal.
- Se obtuvieron los resultados y con ello se observo que, tanto el papiro como la bandera tienen un buen porcentaje de remoción de nutrientes de aguas residuales pre-tratadas.

VIII. 3 Prototipo del biofiltro

- Una vez armado el prototipo de biofiltro se realizaron pruebas para verificar fugas y controlar el flujo del agua.

VIII. 3.1 Determinación del caudal hídrico

- Se determino tomando en cuenta el tiempo en el que recorría una determinada cantidad de agua mediante la siguiente fórmula:

$$Q = V_{\text{consumido}} \text{ (m}^3\text{)} / t_{\text{(s)}}$$

Donde: Q = caudal hídrico

Vc= volumen consumido

t= tiempo

VIII. 3.2 Determinación del tiempo de retención

- El tiempo de retención que tenía el humedal se calculo tomando en cuenta las medidas del humedal que son de 37 cm, 26 cm y 11 cm (largo, ancho y alto respectivamente) y el caudal obtenido.

VIII. 3.3 Adaptación del biofiltro con aguas grises

- Se realizo la primera corrida de aguas jabonosas con el biofiltro ya terminado

RESULTADOS, PLANOS, GRÁFICAS, PROTOTIPOS Y PROGRAMA

Análisis de las plantas utilizadas en el humedal

IX. 1 Remoción de DQO

En la siguiente tabla se presentan las concentraciones de DQO en la entrada del humedal y las concentraciones presentes a la salida del sistema. Para cada una de las plantas utilizadas en el proyecto

Tabla IX. 1 Concentración de DQO

	Entrada (agua PTAR Suchiapa)	Humedal 1 Bandera	Humedal 2 Papiro
DQO concentración	78.45 ppm	8.304 ppm	16.656 ppm

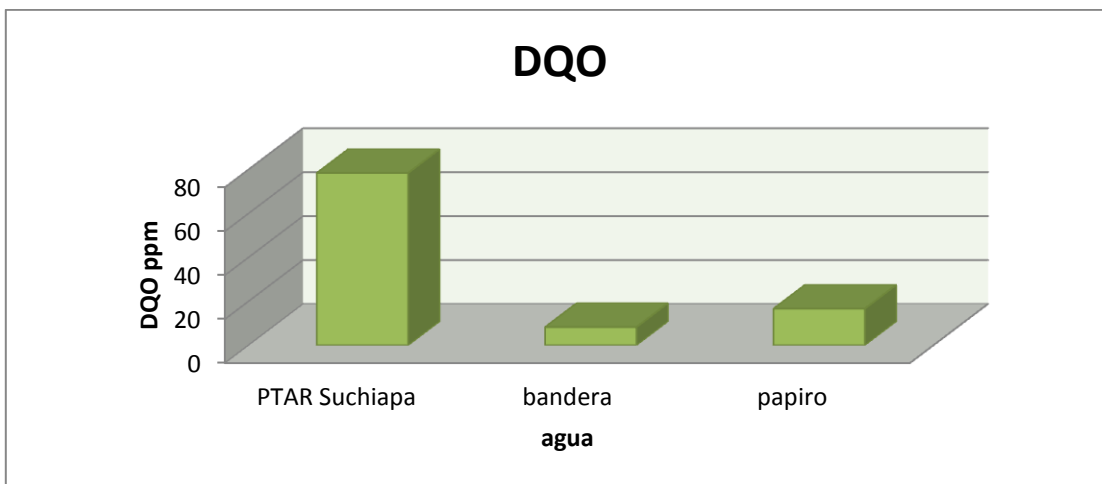


Figura IX. 1

Representación de las concentraciones de DQO de la entrada y salida del agua en el humedal.

En la tabla siguiente se muestra las concentraciones de microorganismos coliformes fecales que se encontraban presentes en la planta de tratamientos de aguas residuales y también como se presentaron a la salida del humedal.

Tabla IX. 2 Concentración de coliformes por el método del NMP

	PTAR	Bandera	Papiro
Coliformes	4 000 000 NMP	400, 000	600, 000

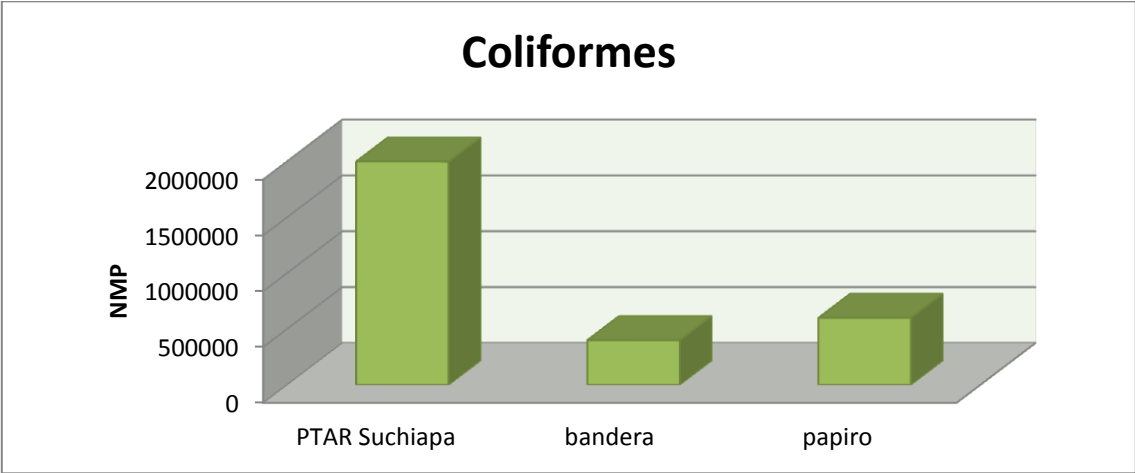


Figura IX. 2 Concentración de coliformes por el método del NMP

Se observa que la planta bandera tuvo una mejor eliminación de coliformes con respecto a la planta de papiro.

En la siguiente tabla se representa la concentración de sólidos totales presentes en el agua residual de la planta de tratamientos y las concentraciones también a la salida del humedal.

Tabla IX. 3 Concentraciones de sólidos totales

	Entrada (agua PTAR Suchiapa)	Humedal 1 Bandera	Humedal 2 Papiro
Solido totales	40.6482 mg/l	1.144 mg/l	1.25 mg/l

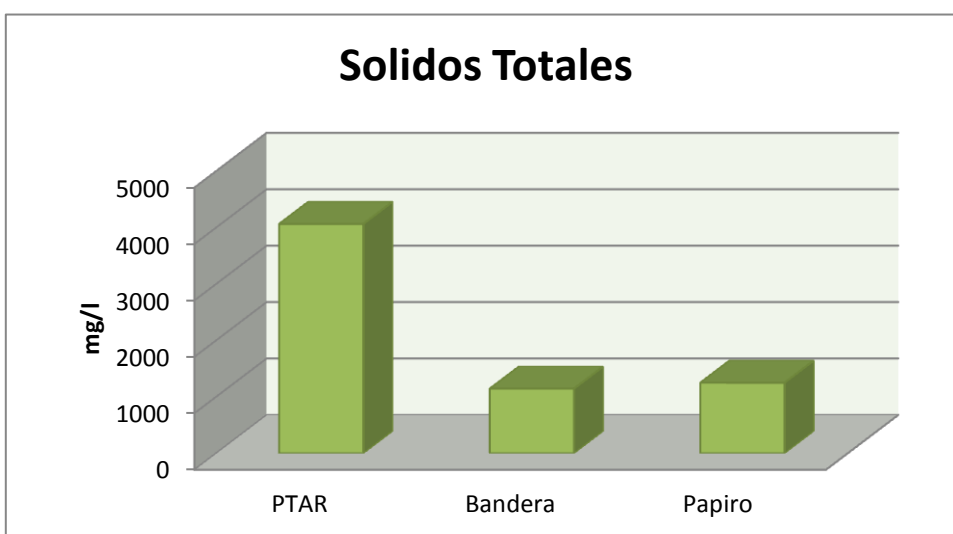


Figura IX. 3 Concentraciones de sólidos totales.

Diseño del biofiltro

Cálculos de porosidad del material filtrante

$$N = \frac{Vv}{Vt}$$

Donde:

N= porosidad

Vv= volumen en los espacios del sustrato

Vt= volumen total del recipiente

datos:

N=?

Vv= 3000ml

Vt =5000ml

$$N = \frac{3000 \text{ ml}}{5000 \text{ ml}} = 0.54$$

Calculo de caudal

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

Donde:

Q= caudal

V= volumen consumido

t= tiempo

datos:

Q=?

v= 500ml = $5 \times 10^{-4} \text{ m}^3$

t= 90 min = 5400s

$$Q = \frac{5 \times 10^{-4} \text{ m}^3}{5400 \text{ seg.}} = 9.25 \times 10^{-8} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Calculo de tiempo de retención hídrico

$$tr = \frac{Lwyt}{Q}$$

Donde:

tr = tiempo de retención

L= largo de la celda(m)

W= ancho de la celda (m)

Y= profundidad de la celda(m)

n=porosidad

Q= caudal

datos:

tr= ζ

L= .37m

w= .26m

y= .11m

n= .54

Q= $9.25 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{s}$

$$tr = \frac{(0.37\text{m})(0.26\text{m})(0.11\text{m})(0.54)}{9.25 \times 10^{-8} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}} = 61776 \text{ seg.}$$

Tr= 17.16hrs

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La especie de bandera es una planta útil para la implementación en los humedales y una nueva alternativa con respecto a las ya existentes. Asimismo se demostró que los microorganismos coliformes fueron removidos de gran manera, de igual forma con los sólidos.

De este modo los humedales artificiales son una tecnología viable para la depuración de aguas residuales, tales como, aguas jabonosas o grises y negras. Aunado a lo anterior estos sistemas se pueden implementar en lugares muy extensos, así como en viviendas, Ya que su manejo no requiere de gran mano de obra o de equipos sofisticados.

Además, cabe mencionar que es una forma de eliminar las impurezas de las aguas que son provenientes de los hogares, como, por ejemplo, agua de la lavadora, el lavado de trastes, de la regadera etc. Se puede realizar mediante la implementación de un biofiltro, el cual cuenta con un sistema en donde retiene las grasas que se encuentran en estos tipos de aguas.

Cabe destacar que es recomendable implementar un biofiltro, o simplemente un humedal artificial en nuestros hogares, en la escuela, oficina o en la industria, puesto que reduciría la contaminación de ríos, lagos, mares. Como resultado se evitaría múltiples enfermedades provenientes de aguas contaminadas

REFERENCIAS

Balbuena G., M. Gorzon-Zuñiga y G.Moeller-Chavez (2011), *Los biofiltros de empaque orgánico: una alternativa simple, robusta y eficiente para el tratamiento de aguas residuales en zonas rurales*, ideas CONCYTEG,6(71).

Carlos A. Arias y Hans Brix. (2010). *Humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales*.

Collazos C.J. (2008). *Tratamiento de aguas residuales*. Colombia: universidad Nacional de Colombia.

Delgadillo. O, Camacho Alan, Pérez L.F, Andrade M.(2010) *Depuración de aguas residuales urbanas mediante humedales artificiales*. Bolivia: Universidad mayor de san Simon. Cochabamba.

Londoño. C.L., Marín. V.C. *Evaluación de la eficiencia de remoción de materia orgánica en humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial alimentados con agua residual sintética*.

Norma: *NMX-AA-003-1980*

Otalora, A, P. (2011). *Evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas mediante humedales artificiales de alta tasa en la locación petrolera de Caño Gandúl*. Universidad Nacional de Colombia, Colombia

Rodríguez, T. (2003). *Biofiltro, una opción para mejorar las características de las aguas residuales provenientes de tratamientos convencionales*. Colombia: seminario internacional sobre métodos naturales para el tratamiento de las aguas residuales.

Romalho, R, S. Domingo, J,B., Federico (2003). *Tratamiento de aguas residuales*. Barcelona: Reverté, S.A.

Salgot. M.(1999). *Depuración de aguas residuales municipales con humedales artificiales*. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña.

Sekoulov, Ivan. Rudigüer, Andreas. Barz, Matthias.(2008). *Biofiltración invasora para el tratamiento de aguas residuales producidas por comunidades e industrias*. Barcelona. TerraVivaTecS.L

United States Environmental Protection Agency.(2000) *Humedales de flujo subsuperficial*. EE.UU.

Vidal. F.J. (1996) *Procesos de potabilización del agua e influencias del tratamiento*. Diazdesantos

ANEXOS



Lavado del medio granular



Prototipo del biofiltro



Planta de bandera



planta de papiro



Preparación de medios de cultivo



Determinación de DQO



Determinación de coliformes



PTAR Suchiapa