

ESTUDIO DEL BUCHON DE AGUA (*Eichornia crassipes*) PARA EL TRATAMIENTO  
DE AGUAS RESIDUALES

Nombre del estudiante:

CINDY NATALIA PORRAS PARDO

UNIVERSIDAD ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD

BUCARAMANGA

2017

ESTUDIO DEL BUCHON DE AGUA (*Eichornia crassipes*) PARA EL TRATAMIENTO  
DE AGUAS RESIDUALES

Nombre del estudiante:

CINDY NATALIA PORRAS PARDO

COD: 1098682038

Tutora de práctica:

MARIA FERNANDA DOMINGUEZ

UNIVERSIDAD ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD

BUCARAMANGA

2017

## **DEDICATORIA**

*A Dios por brindarme la oportunidad de desarrollarme como profesional, por esta conmigo en cada paso, por darme la fortaleza para seguir adelante y no decaer ante las diferentes circunstancias que se me han venido presentando a lo largo de este proceso y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo este proceso de estudio.*

*Mi madre Luz Stella Pardo, por darme la vida, por estar para mi en todos los aspectos de mi vida, por su apoyo incondicional, por creer en mi, gracias madre por darme el mejor regalo de todos que prepararme para la vida, este logro es por ti y para ti.*

*A mi padre Leonardo Porras por sus ejemplos, por su constancia, por su perseverancia que lo caracteriza y que me ha enseñado a lo largo de los años y me ha enseñado a valorar lo que tengo y salir adelante, gracias por tanto amor.*

*Mis hermanos, Karoll Dayana Porras y Leonardo Porras, por estar conmigo y apoyarme siempre, esto es para ustedes con mucho cariño.*

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>OBJETIVO GENERAL</b> .....	<b>11</b>
<b>4.1</b>	<b>OBJETIVOS ESPECIFICOS</b> .....	<b>11</b>
<b>5</b>	<b>MARCO TEORICO</b> .....	<b>12</b>
<b>6</b>	<b>ANTECEDENTES Y FUNDAMENTOS TEORICOS DEL ESTUDIO</b> .....	<b>17</b>
<b>6.1</b>	<b>BUCHON DE AGUA</b> .....	<b>17</b>
<b>6.2</b>	<b>AGUAS RESIDUALES</b> .....	<b>24</b>
<b>6.3</b>	<b>TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES</b> .....	<b>24</b>
6.3.1	Tipos de aguas residuales .....	25
6.3.2	Tratamiento biologico.....	26
6.3.3	Tratamiento fisico quimico .....	26
6.3.4	Tratamiento quimico .....	27
6.3.5	Etapas para el tratamiento de aguas residuales.....	27
6.3.6	Tratamiento preliminar .....	27
6.3.7	Tratamiento primario.....	29
6.3.8	Tratamientos secundarios.....	31
6.3.9	Tratamiento terciario .....	33
<b>6.4</b>	<b>VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL BUCHON DE AGUA</b> .....	<b>34</b>
<b>6.5</b>	<b>EL BUCHON DE AGUA COMO AGENTE FITORREMEDIAADOR</b> .....	<b>37</b>
<b>6.6</b>	<b>BUCHÓN DE AGUA COMO ALTERNATIVA SUSTENTABLE PARA EL TRATAMIENTO DE METALES EN AGUAS CONTAMINADAS</b> .....	<b>39</b>
<b>6.7</b>	<b>HUMEDALES ARTIFICIALES PARA DEPURACION</b> .....	<b>40</b>
6.7.1	Tipos de Humedales Artificiales.....	42
6.7.2	Sistema con especies flotantes .....	43
<b>7</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>45</b>

**8 BIBLIOGRAFIA ..... 46**

**LISTADO DE GRAFICOS**

<b>Grafico 1.</b> Buchon de agua	18
<b>Grafico 2.</b> Aspectos Generales de la Planta	20
<b>Grafica 3.</b> Diagrama Sistema de Afluentes	26
<b>Grafico 4.</b> Etapas para el tratamiento de aguas residuales	27
<b>Grafico 5.</b> Características fisicoquímicas del agua residual	28
<b>Grafico 6.</b> Pretratamiento Aguas Residuales	29
<b>Grafico 7.</b> Tratamiento Primario	31
<b>Grafico 8.</b> Tratamiento secundario	33
<b>Grafico 9.</b> Fitorremediacion	36
<b>Grafico 10.</b> Esquema General de la Eficacia del Buchon de Agua	38
<b>Grafico 11.</b> Esquema del proceso de aireación de una planta acuática.	41
<b>Grafico 12.</b> Esquema de humedal con especies flotantes	43

## **1 INTRODUCCIÓN**

Por medio de esta monografía se busca recopilar toda aquella información acerca del buchón de agua (*Eichornia crassipes*) utilizado en plantas de tratamiento de aguas residuales como agente biorremediador, por ello este análisis se definirá las ventajas y desventajas del uso de esta planta para el tratamiento de aguas residuales.

Mediante la recolección de información se busca analizar los procesos que esta planta acuática lleva a cabo en el proceso de limpieza o depuración del agua contaminada, e investigar los hallazgos realizados por estos investigadores los cuales han comprobado la efectividad de esta planta como agente purificador, también resaltar la iniciativa biotecnológica que ofrece el buchón de agua en donde ha demostrado los resultados óptimos y con costos muy bajos, teniendo en cuenta que este sería un procedimiento sostenible y no agresivo para el medio ambiente; cabe resaltar la efectividad del uso de esta planta en instalaciones dedicadas al tratamiento de aguas domésticas en donde ya está implementado este proceso y ha demostrado su eficiencia.

## 2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

De acuerdo a la necesidad continua del ser humano de encontrar yacimientos de agua pura como de crear métodos que permitan un tratamiento óptimo para la depuración de aguas domésticas o industriales, nace la necesidad de implementar sistemas tecnológicos para poder llevar a cabo este procedimiento; hoy en día el uso de naturaleza como agente fitorremediador ha permitido la innovación en procedimientos que antiguamente no se llevaban a cabo o eran muy costosos para compañías pequeñas; sin embargo por ser un procedimiento nuevo en muchas de los casos no encuentran documentos que definan el uso de este tipo de plantas y todo un desglose que permita establecer de manera efectiva y clara al momento de escoger.

“La utilización de plantas acuáticas ha sido desarrollada como un tratamiento secundario o terciario alternativo de aguas residuales, y ha demostrado ser eficiente en la remoción de una amplia gama de sustancias orgánicas así como nutrientes y metales pesados” (Novotny and Olem, 1994). Por metales pesados logra identificar cualquier elemento químico metálico que pueda estimar una alta densidad y sea tóxico o venenoso en bajas concentraciones, y que no se pueden degradar por medios naturales, por otro lado estos son peligrosos debido a que tienden a bioacumularse en el organismo (Metcalf y Eddy, 1995).

La purificación de aguas residuales se lleva a cabo por medio de plantas acuáticas flotantes, este es uno de los sistemas más utilizados, y se realiza por medio de estanques o canales con una profundidad que puede variar entre los 0,4 a 1,5 m. Estos estanques son alimentados con agua residual, en los que se desarrolla una especie flotante; algunas de las especies que se pueden utilizar son: Jacinto acuático (*Eichhornia crassipes*) y Lenteja de agua (*Lemna minor*) (Metcalf y Eddy, 1995). El Buchón acuático (*Eichhornia crassipes*) es una de las especies más estudiadas, debido a sus características depuradoras y su facilidad de proliferación, y es muy conocida por su adaptación en regiones tropicales y subtropicales. Esta planta obtiene del agua residual todos los nutrientes que requiere para el desarrollo de su metabolismo, siendo el nitrógeno y el fósforo, junto a los iones de potasio, calcio, magnesio, hierro, amonio,

nitrito, sulfato, cloro, fosfato y carbonato, los más importantes. Cuenta con un sistema de raíces, que pueden tener microorganismos asociados a ellas que ayudan a lograr de forma eficaz un depuración exitosa.(Novotny and Olem, 1994).

### 3 JUSTIFICACIÓN

La elección del buchón de agua para el tratamiento de aguas domésticas, surge por el comportamiento positivo que esta ha manifestado en la plantas de tratamiento de aguas residuales, debido a que ellos han implementado diversos mecanismos biotecnológicos y debido a condiciones climáticas o costos no han sido exitosos, sin embargo el buchón de agua ha mostrado su alta capacidad de fitorremediación para el tratamiento de las aguas de residuales que genera, colocándola como agente depurador óptimo para este sistema.

La solución biotecnológica permite la instauración de humedales artificiales que funcionan como depuradores naturales, estos se encuentran entre la planta y los recursos acuáticos, además de no necesitar mantenimiento ni consumir energía eléctrica, tienen como ventaja costos mucho más bajos que un sistema de tratamiento tradicional. Los humedales se construyen utilizando diferentes especies de plantas, las cuales deben ser escogidas de acuerdo a sus características.

El Buchón de agua es una de las plantas utilizadas actualmente en los sistemas de tratamiento de aguas residuales por parte de las plantas de tratamiento, las cuales son implementadas como una solución biotecnológica que permite depurar el agua en alto porcentaje sin el uso de elementos químicos o mecánicos, sino de forma natural y como ventaja teniendo costos mucho más bajos y efectivos.

Se encontraron plantas como el Jacinto acuático (*Eichhornia crassipes*) y Lenteja de agua (*Lemna minor*) (Metcalf y Eddy, 1995) que tienen la interesante capacidad de limpiar los ambientes contaminados. Pueden acumular o transformar sustancias tóxicas que aparecen en el suelo o el agua, ya sea por accidente por la actividad del hombre o por cuestiones geológicas. Las plantas también ayudan a impedir que el viento, la lluvia y las aguas subterráneas extiendan la contaminación a otras zonas. Este uso de las plantas se conoce como “fitorremediación”, y aunque es bastante reciente, ofrece ventajas muy interesantes, como el bajo costo y la rapidez del proceso. Al tomar por las raíces el agua y los nutrientes, las plantas también extraen del suelo los contaminantes. Lo que el artículo dice es que dependiendo de la sustancia, podrá guardar en las raíces,

tallos y hojas, o transformarse en sustancias menos tóxicas en el interior de la planta o en gases contaminantes que se expulsan al ambiente. Por ello la acumulación implica destruir la planta y procesarla de acuerdo al contaminante. “Se conocen unas 400 especies que pueden acumular selectivamente alguna sustancia. La mayoría son muy conocidas, como el girasol (para el uranio) y el álamo (para el níquel, cadmio y zinc), dentro de una lista donde están también la alfalfa, la mostaza, el tomate, el zapallo y el sauce. El futuro es promisorio, ya que se espera que con la ingeniería genética se pueda mejorar la capacidad de estas plantas y transformar a otras en limpiadoras a medida para cada una de las situaciones.” (AgrenBio,2007)

## **4 OBJETIVO GENERAL**

Estudiar la función del Buchón de agua como agente fitorremediador en el tratamiento de aguas residuales como aplicación biotecnológico en procedimientos de depuración.

### **4.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Recopilar información del buchón de agua como depurador de aguas contaminadas.
- Determinar las ventajas y desventajas del uso del buchón de agua como sistema de depuración en aguas contaminadas.
- Analizar el proceso que lleva el Buchón de agua para la depuración de aguas contaminadas de acuerdo a su ecosistema, clima y reproducción.

## 5 MARCO TEORICO

De acuerdo a los estudios y puesta en marcha de entidades que ya han usado diversos esquemas biotecnológicos de acuerdo a la implementación, necesidad y alcance de la compañía, muchas de ellas han optado por el uso del Buchón de agua en Santander debido a su comportamiento y a los beneficios climáticos en los cuales ella se desarrolla, dando resultados óptimos en el momento de llevar acabo su función de depuración de aguas domésticas.

El estudio de comparación del tratamiento de aguas residuales domésticas fue implementado en sistemas naturales, por medio de estos análisis se logro identificar que los humedales artificiales presenta resultados de remoción de materia orgánica ( $DBO_5$ ) de entre 70 y 86% al utilizar el buchón de agua, y de 58% cuando se utiliza lenteja de agua. El sistema de humedales artificiales se comporta hidráulicamente como un modelo de flujo pistón, sin distinción del tipo de planta acuática que se use. Cuando se utilizó la lenteja de agua en el humedal artificial, ésta le aportó al agua elementos característicos de la planta que aumentan el pH ( $> 11$ ) en el agua efluente; mientras que con el buchón de agua, los valores de pH del agua están en el rango de 6 a 8.0, favoreciendo la estabilización de la materia orgánica dentro del sistema biológico (Rodríguez Miranda, J.P., Gómez, E., Garavito, L., López, F., 2009).

El incremento de contaminación en fuentes de agua, ha puesto en riesgo la salud humana y la de los ecosistemas, esto nos lleva a buscar mecanismos que contrarresten esta situación; una solución es el reutilización de agua domesticas. Por esto existen formas de tratamiento como las conocidas en las plantas de tratamiento para aguas residuales (PTAR), las cuales garantizan la depuración de aguas sin ningún tipo de contaminante listo para potabilizar; el problema radica en los costos que tienen dichas plantas, por esta razón, a diario se busca otro tipo de sistemas que cumplan la misma función de una PTAR, pero con un menor gasto energético y económico. Otros sistemas son los tratamientos acuáticos mediante humedales artificiales; y que consisten en canales paralelos con la superficie de agua expuesta a la atmósfera y el fondo construido por un medio granular en grava de diferentes diámetros, relativamente

impermeable, con barreras de vegetación que emergen y con niveles de agua poco profundos. En ellos se da una interacción entre plantas, medio de soporte, bacterias y agua, de tal forma que los contaminantes son degradados a través de diversos procesos fisicoquímicos y biológicos (Andersson, J.L., 2007).

Los sistemas de plantas acuáticas los encontramos en estanques poco profundos como plantas acuáticas flotantes o sumergidas. Los sistemas ya implementados que mas estudios se han realizado es sobre la lenteja de agua. Estos sistemas incluyen dos clases basados en tipos de plantas dominantes. El primer tipo usa plantas flotantes y se diferencia por la habilidad para derivar el dióxido carbono y las necesidades de oxígeno de la atmósfera directamente. (AgrenBio,2007).

- Fitorremediación.

Lo que dice Benítez (2008), es que el uso de plantas y de su microbiota se asociada en la recuperacion de suelos o aguas subterráneas contaminadas; en las técnicas de fitorremediación se utilizan enmiendas de suelo y técnicas agrónomas para trasladar, contener o convertir los contaminantes en una forma química que disminuya su disponibilidad química o biológica. Las plantas acuáticas asimilan nutrientes y crean condiciones favorables para la descomposición microbiana de la materia orgánica, por esta razón son conocidas como auto-depuradoras de ambientes acuáticos y son utilizadas en el tratamiento de aguas servidas (Iturbide, 2008). La utilización de plantas acuáticas ha sido desarrollada como un tratamiento secundario o terciario alternativo de aguas residuales, y ha demostrado su eficiencia en la remoción de sustancias orgánicas así como nutrientes y metales pesados (Morales, 2007). De acuerdo con Benítez (2008) se puede determinar la importancia de que tecnicas como fitorremediación tienen gran respaldo en estudios y eficacia en el momento de eliminacion de contaminantes.

Al competir con las algas, el fitoplancton y el zooplancton por los nutrientes es evidente que las macrófitas limitan la cantidad de luz para el proceso fotosintético de las algas, lo cual permite controlar la población de estos organismos, disminuyendo los sólidos en suspensión y de esta forma también la turbidez.

El buchón de agua se ha convertido en un elemento de importancia desde el punto de vista de la biorremediación porque posee potencial para capturar metales pesados, tales como arsénico, cadmio, cromo y mercurio, entre otros, en fuentes hídricas contaminadas (Hurtado et al., 2010). De acuerdo con Roldán y Álvarez (2002, citado por Arroyave 2004) en canales sembrados con el buchón de agua, se ha comprobado una eficiencia de remoción de los diferentes contaminantes que alcanza más de 97% en los metales pesados y hasta el 98% en sólidos suspendidos.

- Criterios de selección y especie utilizada.

El escoger el tipo de planta adecuada depende de su adaptabilidad al clima de la región, de su capacidad de transporte de oxígeno de la superficie a la rizosfera, de su tolerancia a altas concentraciones de contaminantes así como de su capacidad para asimilarlos, también se debe tener en cuenta los niveles altos que se presenten en la zona donde se va a instalar el sistema, y además de la facilidad para recolectarlas para su posterior transporte y su fácil autogeneración (Ansola, 2003, citado por Arroyo, 2004).

De acuerdo al autor el buchón de agua es una planta originaria de las regiones tropicales y subtropicales de Sudamérica que se destaca por su capacidad de crecimiento, y por lo tanto, de acumular nutrientes (contaminantes) en su propia biomasa también es capaz de metabolizar incluso tóxicos como los fenoles (Barbaro, 2007); el buchón puede ser utilizado como fertilizante en los sistemas agrarios, como comida animal, para producir biogás, para producir papel e incluso como material de construcción (Bustamante, 2010). El crecimiento de esta planta se debe en gran medida

a que el agua es rica en nutrientes, ya que tiene una carga en especial de nitrógeno, fósforo y potasio, además de estos elementos, toma calcio, magnesio, azufre, hierro, manganeso, el aluminio, el boro, cobr y zinc, su habilidad es la de extraer los nutrientes y los metales pesados la cual puede ser implementada para tratar las aguas de alcantarillados, pasándolos a través de canales en donde se establezca la planta (Harley, 1996).

- Problemática.

La importancia de estudiar *E. crassipes*, consiste en que esta maleza invasiva plantea múltiples peligros que van desde ecológicos hasta sociales incluyendo temas económicos, poniendo en peligro la biodiversidad de múltiples ecosistemas a nivel mundial (Seema, 2012; Mironga, 2006), convirtiéndose en una de las plantas acuáticas más extendidas (Barrett y Forno, 1982), ya que ha sido introducida como planta ornamental para jardines acuáticos en diferentes regiones del mundo.

En la actualidad su reproducción principalmente se da en forma vegetativa por medio de la producción de estolones, no obstante también se puede dar a través de semillas, con un bajo porcentaje de germinación. El crecimiento se ve favorecido por aguas ricas en nutrientes, especialmente por nitrógeno, fósforo y potasio. Además se nutre de calcio, magnesio, azufre, hierro, manganeso, aluminio, boro, cobre, molibdeno y zinc. Como se mencionó, su capacidad reproductiva es alta, la biomasa es capaz de duplicarse en un mes a través de reproducción vegetativa, lo que provoca la formación de densas colonias flotadoras, con el consecuente descenso del flujo de agua en los embalses, y reducción en la cantidad de luz.

Así, cuando una especie invasiva ha estado en un ecosistema lo suficiente como para convertirse en dominante, pueden alterar el funcionamiento del mismo. En efecto, esta degradación del funcionamiento de los ecosistemas es cada vez más común para los

ecosistemas acuáticos, especialmente en aguas poco profundas, lagunas y lagos tropicales (Khanna *et al.*, 2012). *E. crassipes* también suprime el crecimiento del fitoplancton y otras plantas sumergidas en los ecosistemas acuáticos (Lung'Ayia *et al.*, 2000; Gopalakrishnan *et al.*, 2011). La eutrofización es uno de los mayores inconvenientes que causa, en Sudamérica cerca del 41% de los lagos sufren este problema (Arteaga Carrera *et al.*, 2010). Es evidente la necesidad de control para reducir el impacto en los cuerpos de agua, causado por la invasión de especies agresivas.

Cabe destacar que esta especie por ser invasiva, es necesaria la supervisión frecuente en los estanques, ya que la mayoría de ellas aumenta su expansión en unas estaciones del año en donde el clima juega un papel importante.

De acuerdo al autor dice que otro de los problemas (de tipo socio-ambiental) que acarrea esta especie acuática es que sirve como hospedero de larvas de mosquito (Epstein, 1998), lo que ocasiona además de problemas ecológicos, afectaciones económicas y sociales (Khanna, 2010; Greenfield *et al.*, 2007). También forma densas alfombras impenetrables a través de los cursos de agua y de cuerpos de agua estancada, que genera la obstrucción de los canales de riego que puede generar interferencia con proyectos de energía hidroeléctrica y con la producción de diferentes cultivos (Gopalakrishnan *et al.*, 2011; Milne *et al.*, 2006). Importantes recursos económicos, que ahondan lo problemas económicos ya mencionados, son gastados en el control de estas plantas acuáticas, predominantemente a través de la aplicación de herbicidas directamente a las aguas superficiales (Greenfield *et al.*, 2007; Gopalakrishnan *et al.*, 2011) que no necesariamente permanecen estáticos.

## 6 ANTECEDENTES Y FUNDAMENTOS TEORICOS DEL ESTUDIO

### 6.1 BUCHON DE AGUA



Grafico 1 Buchon de agua (Novoselova,2015)

NOMBRE CIENTIFICO:	<i>Eichhornia crassipes.</i>
NOMBRE COMUN:	Buchon de agua, lirio de agua, lampazo, violeta de agua, buchón, flor de agua, cuchatilla, camalote, carolina, papalacate, pico de pato, reina, tamborcillo, ninfa. (Martinez, 1970) (Ramos, 1998) (Rzedowski, 2004).

NOMBRE EN INGLES:	Water-hyacinth (Johnston, 1970), wáter Lily.
FAMILIA:	Pontederiaceae(Pontederiaceas)
LUZ:	Sol o semisombra.
TEMPERATURA:	<p>La temperatura adecuada para el desarrollo del lirio acuático se encuentra entre los 20 y 30 grados centígrados, aunque en invierno con protección puede llegar a crecer en 10 grados centígrados.</p> <p>Es una plata que rebrota en primavera, llegando a necesitar agua estancada o con poca corriente y muy buena ilumincaion. El pH para su crecimiento optimo debe estar entre 5-7 y la salinidad de 800mg/l.</p> <p>(Gopal y Sharma 1981; Gopal 1987; Reed et al., 1995).</p>
FORMA DE VIDA:	Planta acuática flotadora o fija el sustrato, perene.
TAMAÑO:	Tiene un tamaño variable, entre 20 y 30 centímetro.
TALLO:	Reducido, estolonifero, con un tallo horizontal alargado conectando diferentes individuos.
HOJAS:	Las hojas son casi circulares de largo son de 2.5 a 16 centímetros y de ancho 3 a 12 centímetros, ápice

	truncado, redondeado o ligeramente obtuso, con base truncada.
FLORES:	Son hasta de 5 centímetros de largo, con un color lila, variando del azul a morado, en momentos blancas pero no con mucha frecuencia, dividía en 6 segmentos, 3 externos y 3 internos sobre el ápice.
FRUTOS Y SEMILLAS:	El fruto es una capsula elíptica de 1.5 centímetros de largo, con 3 ángulos, Las semillas numerosas de 1mm de largo de color negro.
RAIZ:	Fibrosas, con múltiples colores, en especial el negro, construyen un excelente soporte a la planta.



Grafico 2 aspectos de la planta (Rodriguez,2006)

## CLASIFICACION CIENTIFICA

REINO:	PLANTEA
DIVISION:	MAGNOLIOPHYTA
CLASE:	LILIOPSIDA
ORDEN:	COMMELINALES
FAMILIA:	PONTEDERIACEAE
GENERO:	EICHHORNIA
ESPECIE:	E. CRASSIPES
NOMBRE BINOMIAL	
EICHHORNIA CRASSIPES(Mart, 1883)	
SINONIMIA	
PONTEDERIA CRASSIPES(Mart, 1883)	

## DISTRIBUCION GEOGRAFICA

Sector de origen:	<p>El buchón de agua es originario de Suramérica (Rzedowski, 2004).</p> <p>En los sectores de la Amazonia, Brasil, con una propagación natural a otros lugares del continente suramericano (FORNO, 1982), En algunos de los lugares el buchón de agua se ha convertido en maleza asentándose en represas o cuerpos de agua naturales donde se ha alterado el régimen hidrológico por las actividades de los seres humanos y el nivel de nutrientes</p>
-------------------	--

	<p>del agua se ha incrementado, El hombre ha introducido el buchón de agua en muchos países del trópico donde se ha propagado hasta convertirse en una maleza acuática extremadamente grave. (Holm, 1977).</p>
<p>Distribución Secundaria.</p>	<p>En países de Centro América, estados unidos, México, las Antillas y partes cálidas del hemisferio occidental; algunos trópicos en Europa, en el sur de estados unidos en estados como Lousiana y la Florida se a desarrollado de una manera muy extensa.</p> <p>En África hay infestaciones en el río Nilo y Congo, el continente Asiático lo se encuentran en países como India, Indonesia y Australia. (Shultherp, 1977) (Pieterse, 1978) (Gopal &amp; Sharma, 1981)</p>
<p>Distribución en Colombia</p>	<p>Colombia tiene un clima trópico por consiguiente lo encontramos en todas las regiones, pero en mayor concentración en humedales de Risaralda, Valle del Cauca. En Santander es utilizado para la purificaciones de agua y en el tratamiento de residuos sólidos, una de las empresas que lo está utilizando en estos momentos en la Corporación para la Defensa de la Meseta de</p>

	Bucaramanga (CDBM).
Hábitat:	El buchón de agua es considerado como una maleza acuática y se desarrolla en aguas dulces y tranquilas o en ligero movimiento, como lo son zanjas, canales, presas, arroyos, ríos y pantanos. (Rzedowski, 2004)
Distribución por tipo de zonas Bioclimáticas:	En Colombia se encuentran en ambientes acuáticos y humedales del país, al sur de Bogotá (Tibanaca, La Vaca, Burro y Techo) son algunos de ellos, lugares como río Negro Antioquia y en Santander. (Revista epm; 2010)
Distribución por Tipo de Clima.	Las regiones tropicales y subtropicales son donde se distribuye en la actualidad.

## BIOLOGÍA Y ECOLOGÍA

Ciclo de vida:	Es una planta que tiene una vida de 2 años, por eso es denominada planta perenne. (Johnston, 1970)
Fenología:	En Suramérica florece todo el año, en otras regiones del mundo como Centroamérica florece de agosto a octubre y en Estados Unidos en abril a julio, épocas de lluvia y verano. (Johnston, 1970)
Reproducción	Siendo una planta con flores que se reproduce sexualmente originando frutos en forma de capsula, se

	<p>multiplica por este procedimiento, su prodigiosa proliferación y reproducción artificial más sencilla se efectúa por división de los estolones que los plantones emiten durante la estación favorable, originando naturalmente una red vegetal capaz de colonizar en poco tiempo una gran superficie acuática, formando un tapiz que impide la navegación. (Johnston, 1970)</p>
<p>Usos:</p>	<p>Normalmente es usada como planta ornamental y comestible, como abono, fertilizante y forraje, es un excelente refugio para los peces protegiéndolos del sol extremo y heladas, la raíz es un buen soporte para el desove de los peces.</p> <p>En buenos manejos es aprovechado como fertilizante, producciones de celulosa y papel, complemento alimenticio, fuente de biogás, pero uno de sus usos principales es para el tratamiento de aguas residuales (Nuñez-lopez, 2004).</p> <p>En granjas se está optando por utilizar el buchón de agua para el tratamiento de los desechos de aves y ganado, creando humedales con dicha planta, teniendo excelentes resultados.</p>

	En la actualidad es utilizada por muchas plantas de tratamiento de aguas residuales en el mundo, teniendo hasta 4 estanques con el buchón de agua para llegar a niveles óptimos.
--	--

## **6.2 AGUAS RESIDUALES**

Las aguas residuales provienen de las descargas de uso público urbano, domestico, comercial, industrial, de servicios, agrícola, pecuario, en general de cualquier uso, así como la mezcla de ellas.

El agua tiene varias propiedades debidas a la presencia de enlaces químicos débiles entre los átomos de oxígeno y los átomos de hidrogeno de moléculas adyacentes. Sus propiedades son adquiridas en su mayor parte, según sea el contenido total de sodios en sus diferentes variantes de materiales flotantes, sustancias coloidales y productos disueltos.(Espinoza, 1997; Mata-Gonzales, 1999; Howar, 2004)

## **6.3 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

El tratamiento de aguas residuales es la forma en que se eliminan contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el agua que ha utilizado el ser humano mediante procesos físicos, químicos y biológicos.

También llamado depuración de aguas residuales, ya que de este modo lo diferenciamos del tratamiento de agua potable, la funciona principal del tratamiento de

aguas residuales es producir agua limpia o reutilizable en el ambiente y un residuo sólido para su reusó.

Estas aguas son producidas por residencias, instituciones, zonas industriales y comerciales, algunas pueden ser tratadas en los mismos lugares donde fueron generadas o ser llegadas a otros lugares mediante tuberías a una planta de tratamiento.

El estudio de un tratamiento de agua residual se inicia con el análisis del inventario de vertidos y su posible reducción, también del potencial reciclado de agua después de su depuración. (Jurado-Guerra, 2000; Randy, 1999; Rigola-Lapeña, 1999).

### **6.3.1 Tipos de aguas residuales**

- Las aguas residuales son provenientes de baños, regaderas o duchas, cocinas y tocadores.
- Comercio e Industrias.
- Aguas procedentes de lluvias.

El agua residual tiene dos grandes divisiones, aguas grises y aguas negras, en zonas residenciales es común encontrar aguas negras que provengan de inodoros y orinales, y aguas grises que provengan de piletas y bañeras, estas aguas pueden ser reutilizadas en el riego de plantas o en el uso de inodoros, donde se transformaran en aguas negras.

Estas aguas lleguen a una planta de tratamiento de aguas residuales, donde su funcionamiento en todos los países es el mismo, también como su constitución. (Jurado-Guerra, 2000; Randy, 1999).

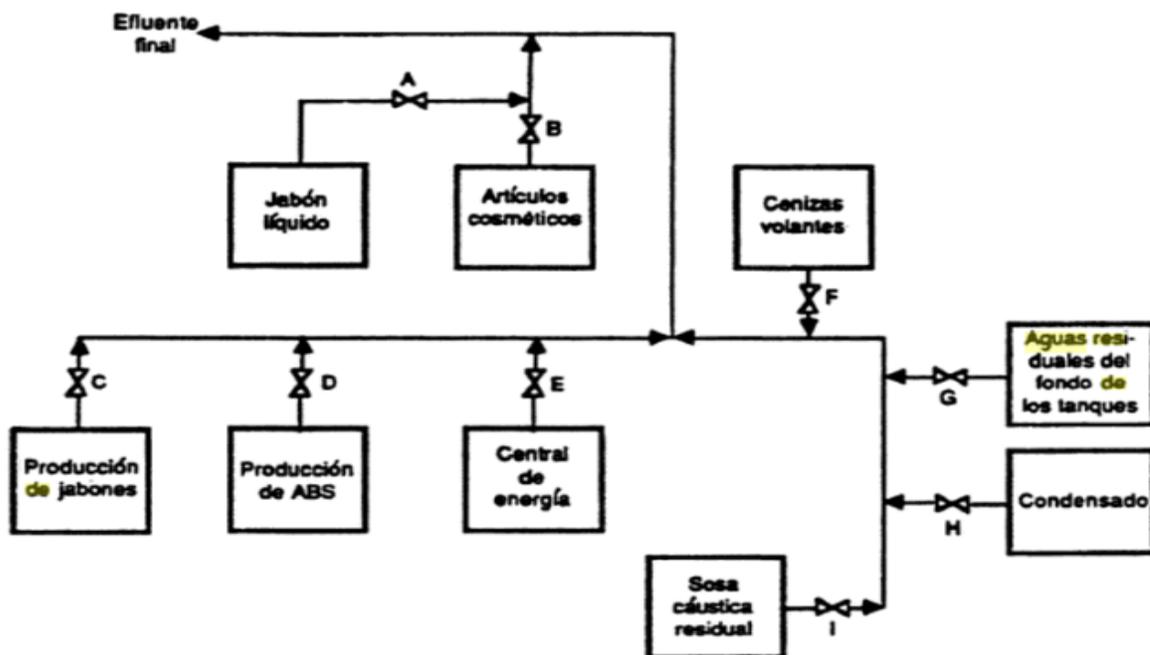


Grafico 3. Diagrama de sistemas de afluentes (R.S. Ramalo, 2003)

De acuerdo al diagrama podemos encontrar los siguientes tipos de tratamientos:

### 6.3.2 Tratamiento biológico

- Lechos oxidantes o sistemas aeróbicos.
- Post – precipitación.
- Liberación al medio de efluentes, con o sin desinfección según las normas de cada jurisdicción. (R.S. Ramalo, 2003)

### 6.3.3 Tratamiento físico químico

- Remoción de sólidos. (Botellas, platos, bolsas, llantas, etc.)
- Remoción de arena.
- Precipitación con o sin ayuda de coagulantes o floculantes.
- Separación y filtración de sólidos. (Sólidos Fecales, Grasas y Plásticos). (R.S. Ramalo, 2003)

### 6.3.4 Tratamiento químico

- Eliminación del hierro del agua potable. (Utilizando cal clorada se elimina el hierro del agua)
- Eliminación del oxígeno del agua de las centrales térmicas.
- Eliminación de los fosfatos de las aguas residuales domésticas
- Eliminación de nitratos de las aguas residuales domésticas y procedentes de industrias. (R.S. Ramalo, 2003)

### 6.3.5 Etapas para el tratamiento de aguas residuales

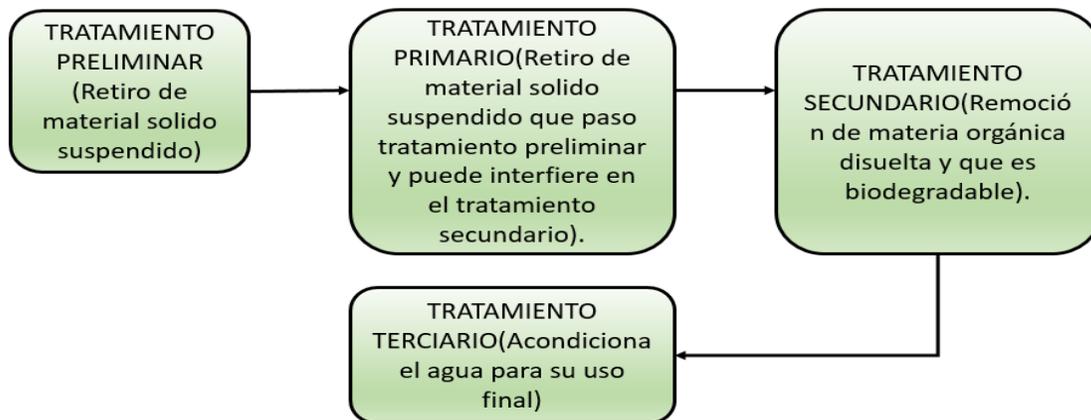


Grafico 4 Etapas para el tratamiento de aguas residuales (Servin Massieu, 2008)

### 6.3.6 Tratamiento preliminar

El objetivo de este tratamiento es sustraer los residuos sólidos suspendidos sobre el agua, dichos materiales son aquellos que pasaron por otros filtros ya dispuestos.

- Tratamiento físico: De esta manera se atrapan los cuerpos gruesos, por medio de cribas mecánicas se retiran estos cuerpos y evitan saturaciones y obstrucciones de los canales. Se provee de un tanque que regula el flujo y hace las funciones

de desnatado, permitiendo que floten las grasas y aceites, en la parte final de tanque se coloca un dispositivo que retira la nata de cualquier solido flotante junto a las grasas y aceites. (Servin Massieu, 2008).

- Tratamiento Químico: En esta etapa se requiere una dosificación de reactivos químicos como hidróxido de sodio o el ácido clorhídrico para llegar al rango de pH en que operara el tratamiento secundario. Los químicos utilizados deberán estar acorde del tratamiento secundario seleccionado. (Servin Massieu, 2008).

<b>Variables Físicoquímicas</b>	<b>Unidades</b>	<b>Rango de variación</b>
pH	Unidades	4.1- 4.4
AT	mg CaCO <sub>3</sub> /L	0 – 10
AB	mg CaCO <sub>3</sub> /L	0
AGV	meq /L	12.6 – 31.8
Acidez	mg CaCO <sub>3</sub> /L	400 – 1500
DQO <sub>T</sub>	mg/L	3400 -5400
DBO <sub>5</sub>	mg/L	1876 – 2459
Relación DBO <sub>5</sub> /DQO <sub>T</sub>	----	0.50– 0.60
ST	mg/L	2075- 3500
SST	mg/L	330 - 1180
SD	mg/L	1745 - 2320
SS	ml/L -hora	0.8- 15

Grafico 5 Características físicoquímicas del agua (Perez, Torres, Silva; 2009)



Grafico 6 Pre tratamiento de aguas residuales (R.S. Ramalo, 2003)

### 6.3.7 Tratamiento primario

Este tratamiento tiene como propósito el retiro de materiales solidos que están suspendidos que hayan logrado pasar el tratamiento preliminar y así lograr que no interfieran con el tratamiento secundario.

- **Tratamientos Físicos:** Separación de partículas suspendidas más o menos finas, requiere de efecto de la gravedad para sedimentarlas y las partículas más pequeñas salen a flote, las partículas que no sedimenta por este efecto se dice que están en estado coloidal. (Servin Massieu, 2008). Este proceso es realizado por clasificadores o sedimentadores circulares o rectangulares, siendo los rectangulares más eficientes que los circulares. En los clasificadores rectangulares el fondo es inclinado y en los otros el fondo es cónico con recorrido al centro. Los dos Clasificadores poseen un mecanismo de rastrillos que se desplazan desde el fondo hasta un punto donde sea permitido su bombeo, estos sólidos recuperados son llamados lodos primarios. (Servin Massieu, 2008).

- Tratamiento Químico: Estos tratamientos no son importantes en la etapa primaria ya que están incluidos dentro de los otros dos tratamientos tanto físico, como físico químico, pero puede llevar el caso en que se deba utilizar. (Servin Massieu, 2008).
- Tratamiento Físico Químico: Se pone una celda de flotación, las cuales pueden ser por aire disuelta a presión o por aire disuelto por cavitación, en las dos cosas en ayudado por un polímero que separa los sólidos con mayor eficiencia. (Servin Massieu, 2008). Un mecanismo que gira recogiendo la espuma formada.

Las concentraciones de sólidos sedimentados a la salida de un tratamiento primario dependerá del tratamiento secundario escogido. Alrededor de un 1% a 6% de los sólidos.

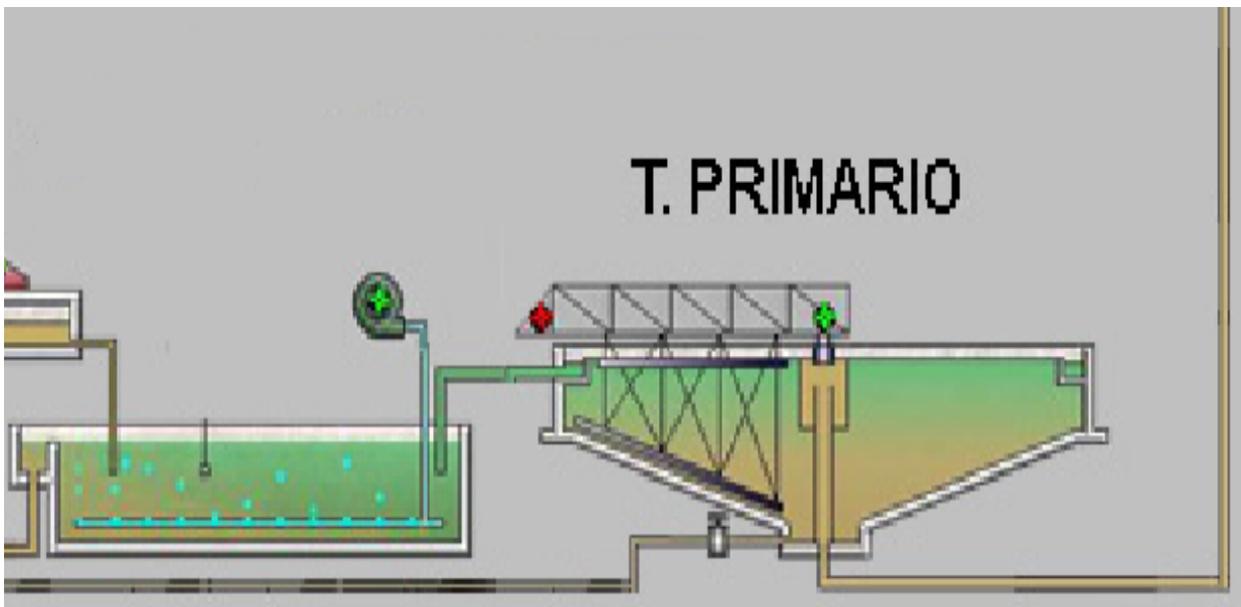


Grafico 7 Tratamiento primario (R.S. Ramalo, 2003)

### 6.3.8 Tratamientos secundarios

Los tratamientos secundarios son predominantemente micro biológicos, El objetivo es remover la materia orgánica disuelta y que es biodegradable dentro del tiempo de estadía hidráulica en que económicamente opera estos sistemas. (R.S. Ramelho, 2003).

- ✓ Aspectos micro biológicos: Los marco organismos que están presentes en este proceso no son visibles a simple vista y se manifiestas como una biomasa flotante que tiene como nombre lodo activado por diferentes sustancias químias y que funciona como agente oxidante, como por ejemplo lodos activados por nitrato, lodos activados por bicarbonatos, lodos activados por oxígeno, lodos activados por aire, etc.(Ramelho, 2003)
- ✓ Algunos de los microorganismos presentes en un lodo activo pueden ser virus, bacterías, hongos, protozoarios, rotíferos, nematodos.
- ✓ Aspectos Bioquímicos: Las especies químicas orgánicas disueltas en el agua residual son de naturaleza estructural muy diversa y en todos los casos contienen carbono, hidrogeno, oxigeno, nitrógeno, azufre, cloro y otros elementos químicos que pueden ser metales: hierro, magnesio, cobalto; Estos aspectos bioquímicos ayudan a reducido la contaminación es este tipo de aguas, ayudando a la eliminación de lodos activos. (Servin Massieu, 2008).
- ✓ Aspectos Bioquímicos: Las especies químicas orgánicas disueltas en el agua residual son de naturaleza estructural muy diversa y en todos los casos contienen carbono, hidrogeno, oxigeno, nitrógeno, azufre, cloro y otros elementos químicos que pueden ser metales: hierro, magnesio, cobalto; estos aspectos bioquímicos ayudan a reducido la contaminación es este tipo de aguas, ayudando a la eliminación de lodos activos. (Servin Massieu, 2008).
- ✓ Regulación Metabólica: Se la siguiente manera los tratamientos microbianos:
  - ❖ Reductores de nitratos(Denitricantes)
  - ❖ Reductores de Sulfato(Anoxicos)
  - ❖ Reductores de Bicarbonatos (Anaerobios, Metanogenos)

Estos grupos pueden estar presentes en todo el tratamiento de aguas residuales, teniendo en cuenta la temperatura de operación y la gama de pH seleccionada en el diseño del sistema, en buen resaltar que en los sistemas de tratamientos de aguas residuales donde se utilizan humedales con plantas acuáticas se presentan todos estos grupos ya mencionados. (Servin Massieu, 2008).

- ✓ Ecología Microbiana: El entendimiento de las poblaciones microbianas es indispensable conocer el crecimiento, competencia, mutualismo y fisiología de estas poblaciones en el entorno del sistema. De estos dependerá el éxito de la degradación de los contaminantes xenobioticos. (Servin Massieu, 2008).
- ✓ Pruebas de Trazabilidad: Las pruebas que se realizan son las siguientes:
  1. Tratamiento aeróbico.
  2. Tratamiento anóxico.
  3. Tratamiento anaeróbico.
- ✓ Pruebas de corrosión e incrustación: Se ensayan todos los materiales que directamente o indirectamente estarán en contacto con las aguas residuales antes y después del tratamiento además de las emisiones gaseosas resultantes de su tratamiento. (Servin Massieu, 2008).

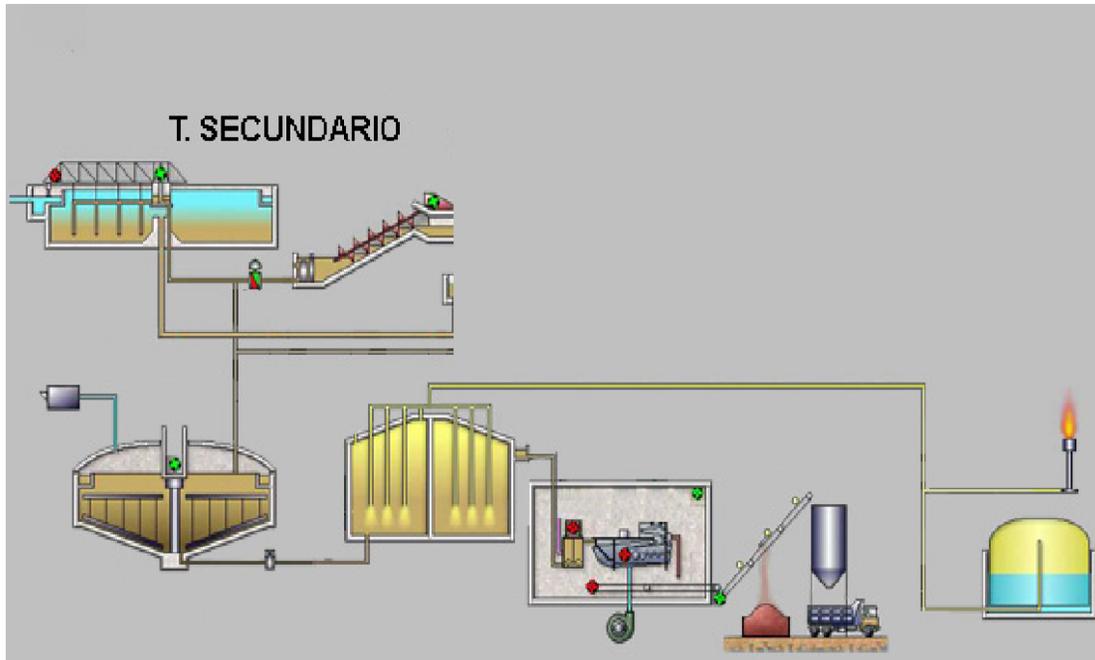


Grafico 8 Tratamiento secundario (R.S. Ramalo, 2003)

### 6.3.9 Tratamiento terciario

- Tratamientos Físicos:
  1. Radiación ultravioleta: Este proceso neutraliza instantáneamente los microorganismos cuando es expuesto a una lámpara ultravioleta, esto ayuda a tener niveles óptimos para la descarga de las aguas
  2. Filtración: Este tipo de tratamiento es utilizado remover residuos sólidos suspendidos en la superficie tales como suciedad, cieno u otras partículas que han pasado los tratamientos previos
  3. Osmosis inversa: En esta fase se eliminan todas las sales y los solutos con muy bajo peso, este proceso se utiliza cuando se necesita agua mucho más desinfectada.
  4. Adsorción: Se utiliza un elemento sólido para absorber alguna sustancia que este en el agua, el carbón es el sólido más utilizado en este proceso llegando a absorber de 500 a 1500 m<sup>2</sup> por gramo.

- **Tratamientos Químicos:** El objetivo de estos tratamientos es eliminar la viabilidad de organismos patógenos o potencialmente patógenos como por ejemplo:
  1. **Cloración:** Es una medida muy eficaz y sencilla para desinfectar agua y hacerla potable, de esta manera se introducen productos clorados al agua.
  2. **Ozonización:** De esta forma se introduce oxígeno en el agua para eliminar los microorganismos.
- **Tratamientos Biológicos:** Son aquellos que por medio de plantas vasculares o flotantes se eliminan los componentes orgánicos e inorgánicos de las aguas residuales, algunas plantas que se utilizan en estos tratamientos son arroz, carrizo, carrizo real, carrizo verde, chichicastle, buchón de agua, lenteja, lentejilla de agua, tule.

#### **6.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL BUCHON DE AGUA**

La fitorremediación es el uso de plantas para limpiar ambientes cotidianos debido a la capacidad de algunas especies vegetales de absorber, tolerar y acumular altos contenidos de contaminantes como compuestos orgánicos y metales pesados. (Barrios, 2001).

Este sistema de tratamiento de aguas residuales tiene algunas ventajas y desventajas frente a otros sistemas de biorremediación que pueden ser:

##### **Ventajas**

1. Las plantas pueden ser utilizadas como bomba extractora de bajo costo para depurar suelos y aguas contaminadas

2. Los procesos de depuración ocurren en una forma más rápida como plantas que con microorganismos.
3. Para la descontaminación de superficies grandes es uno de los métodos más eficientes o también como último proceso en la descontaminación de superficies a largo plazo.
4. Fitoterapia:
  - ✓ Fitoextracción: es la forma en que la planta quita los metales o materia orgánica de suelos almacenándolas en la biomasa de plantas.  
Proceso: Concentrar metales en las hojas y raíces.  
Elementos tratados: Cadmio, cobalto, cromo, níquel, mercurio, plomo, selenio, zinc.
  - ✓ Fitodegradación: Es esta forma la planta almacena y degrada los agentes contaminadores orgánicos.  
Proceso: Captan, almacenan y degradan compuestos orgánicos para dar subproductos menos tóxicos o no tóxicos.  
Elementos tratados: Municiones (TNT, DNT, RDX, nitrobenzeno, nitrotolueno), atrazina, solventes clorados, DDT, pesticidas fosfatos, fenoles, nitrilos, etc.
  - ✓ Rizofiltración: Retiro de agentes contaminantes de fuentes acuosas por las raíces de la planta.  
Proceso: Las raíces absorben, precipitan y contentaran los metales.  
Elementos tratados: Cadmio, cobalto, cromo, níquel, mercurio, plomo, selenio, zinc, isotopos radiactivos, compuestos fenólicos.
  - ✓ Fitostabilización: Redice los agentes contaminadores inmovilizándolos o atando a la matriz del suelo.  
Procesos: Reduce la movilidad de los metales evitando el paso a capas subterráneas o al aire.  
Elementos que tratados: Lagunas de desecho de yacimientos mineros.  
Propuesto para fenólicos y compuestos clorados.
  - ✓ Fitovolatilización: Lanza los agentes contaminantes a la atmosfera, utilizando las plantas para transformados.

Proceso: Captan y modifican metales pesados o compuestos orgánicos y los liberan a la atmosfera con la transpiración.

Elementos tratados: Mercurio, selenio y solventes clorados (Tetraclorometano y triclorometano).

(Lenntech, 2001).

- ✓ Fitoestimulación: Promoviendo el desarrollo de microorganismos de virus y bacterias, estas ayudan a eliminar la contaminación en las aguas residuales.

Procesos: Se usan los exudados radiculares para promover el desarrollo de microorganismos degradantes (bacterias y virus).

Elementos tratados: Hidrocarburos, derivados del petróleo, y poliaromáticos, benceno, tolueno, atrazina.

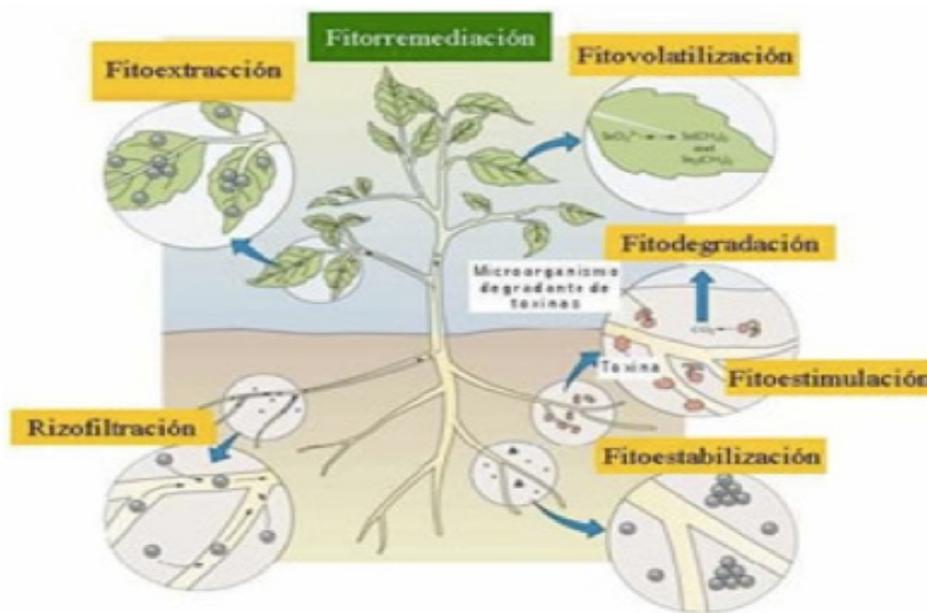


Grafico 9 Fitorremediacion (CIEMA, 2005).

Alrededor del mundo hay 400 especies de plantas con la capacidad de hiperacumular selectivamente algunas sustancias, tales como el girasol, siendo este capaz de absorber en grandes cantidades el uranio que se deposita en el suelo; los álamos absorben de manera rápida y selectiva níquel, cadmio y zinc. La arabis thaliana es capaz biológicamente de absorber cobre y zinc, otras plantas que tienen propiedades

fitorremediadoras y con un potencial de uso a futuro son la mostaza, el tomate, el esparto, la alfalfa, el bambú y el sauce. (Fletche, 2006).

El momento que se plantea utilizar la fitorremediación como un esquema para el tratamiento de aguas o un área de tierra contaminada, se selecciona la planta capaz de extraer el contaminante en particular, al terminar el proceso de cosecha la biomasa y se quemada o se le da otros usos dependiendo del contaminante tratado. De esta manera el contaminante no se extiende a redes alimentarias a otros organismos. (Barrios, 2001).

## **6.5 EL BUCHÓN DE AGUA COMO AGENTE FITORREMIADOR**

El buchón de agua es muy apropiado para la eliminación del rojo metálico del tinte industrial encontrado en múltiples desechos de industrias, la eliminación del tinte fue encontrada para ser asociada a las fuerzas electrolíticas fuertes, (Son procesos químicos que requieren aportes de energía para poderse realizar), estos estudios demuestran que el buchón de agua tiene un gran potencial de quitarle color a las aguas residuales y de otros sistemas acuáticos contaminados (Tarawou, 2008).

En la siguiente imagen (Grafico 9) mostramos como un cultivo de buchón de agua tiene una gran eficiencia en la fitorremediación de aguas residuales, este proceso tiene un costo menos al de purificación mediante sustancias químicas, el buchón de agua con una gran capacidad de absorción logra filtrar aguas contaminadas, los elementos que el lirio de agua absorbe con mayor eficiencia son el plomo, mercurio, detergentes y otras sustancias metálicas, incluso hidrocarburos. Su principal ventaja como instrumento descontaminado consiste en su reproducción rápida, tiene muy poca tolerancia al clima frío por lo que este tratamiento del agua tendrá mayor eficacia en lugares de clima cálido o templado. Estos sistemas no están explotados en todo el mundo y su utilización no es muy frecuente (Núñez & Lopez, 2004).

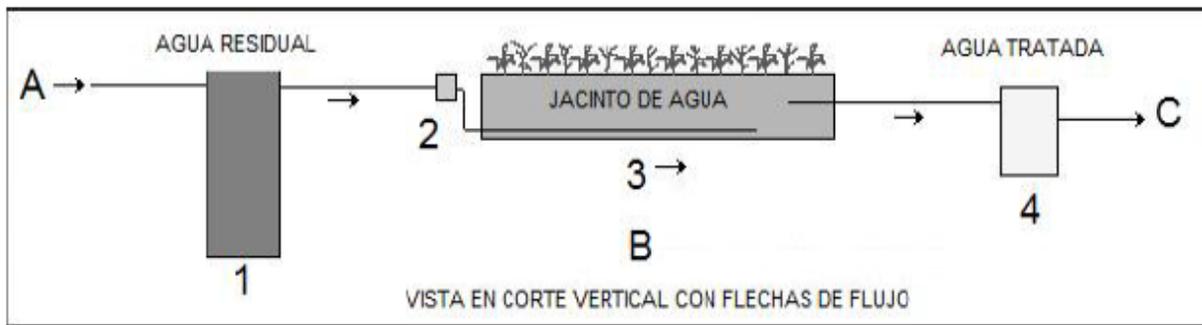


Grafico 10 Esquema general de la eficiencia del buchon de agua (Jacinto de agua) (Nuñez-Lopez,2004)

El buchón de agua tiene una alta adaptabilidad y productividad por consiguiente es utilizado en cuerpos de agua contaminados con materiales orgánicos, ricos en compuestos nitrogenados, fosfatados y de escasa circulación. El buchón de agua tiene una productividad de hasta 199 toneladas de peso seco al año teniendo un ambiente con altos niveles de nutrientes, y otros estudios reflejan que puede tratar hasta 90 toneladas al año, siendo verano la época de mejor crecimiento. ( Polpraser, 1996).

El buchón de agua a tenido muchos estudios en los últimos tiempo, por su eficiencia al momento de tratar aguas residuales. Se ha demostrado que esta especie puede reducir de manera significativa la demanda bioquímica de oxígeno, solidos suspendidos, metales, contaminantes orgánicos como cloroformo y fenoles, y nitrógeno (Polprasert, 1996; Wolverton, 1987; Brooks y Robinson, 1998), la nasa ha realizado estudios del buchón teniendo resultados muy favorables para investigación en otros planetas.

## 6.6 BUCHÓN DE AGUA COMO ALTERNATIVA SUSTENTABLE PARA EL TRATAMIENTO DE METALES EN AGUAS CONTAMINADAS

La Fitoterapia es una tecnología emergente que consiste en el uso de plantas para la limpieza selecta de metales en las aguas contaminadas, esta tecnología se divide en tres subconjuntos los cuales son aplicables a la remediación toxica de metales.

- ✓ Fitoextracion
- ✓ Rizofiltracion
- ✓ Fitoestabilizacion.(Salt , 1995)

La contaminación de diversas fuentes hídricas sin excluir el agua subterránea con el hierro (Fe) a causa de diversas actividades el hombre ha sido un constante problema ambiental en muchas áreas industriales del mundo especialmente en Sri Lanka. EL uso del buchón de agua en aguas residuales con un contenido de hierro (Fe) siendo la fitorremediacion una opción muy atractiva para el tratamiento de dichas aguas. (Jayaweere, 2008)

El buchón de agua cuanto con una absorción excepcional al momento de tratar aguas ricas en Aluminio(Al), absorbiendo una gran cantidad en tan solo 4 semanas de tratamiento, llegando a obtener una eficiencia del 63% durante esas 4 semanas, teniendo unas condiciones aptas para el crecimiento. (Jayaweere, 2008)

También tiene una efectividad del 100% al exponerlo en aguas residuales con nitrógeno y fosforo tomándose un tiempo de 6 a 9 semanas, las plantas con 6 semanas de desarrollo son ideales para la utilización en humedales donde predomine el fosforo, nitrógeno, hierro y aluminio. (Jayaweera y kastruyarichchi, 2009)

Otros metales que absorbe el buchón de agua, en este caso son pesados y absorbiendo en menor cantidad, dicho estos, los metales pesados que absorbe el Arsénico(As), Boro(Bo), Cadmio(Cd), Cromo(Cr), Mercurio(Hg), Níquel(Ni), Plomo(Pb), Selenio(Se) y Zinc(Zn) (Chigbo, 1982; Muramoto y oki, 1983; Heaton, 1987; Nor, 1990;

Delgado, 1993; Ding, 1994, Dos santos y Lenzi, 2000), teniendo una remoción para el arsénico(As) del 41%, Boro(Bo) del 36%, Cadmio(Cd) del 85%, Mercurio(Hg) del 92%, Selenio(Se) del 60%(Reed, 1995) y estudios recientes nos muestra que para el Plomo(Pb) la eficiencia es del 99%.(Dos santos y Lenzi, 2000)

En modo general estos estudios nos demuestras que el buchon de agua acumula más metales en las raíces que en las hojas y trasportándolos desde las raíces a sus partes superiores como tallo y hojas, dependiendo del metal que estén absorbiendo.

## **6.7 HUMEDALES ARTIFICIALES PARA DEPURACION**

El desagüe de aguas residuales en afluentes naturales como lo son ríos, arroyos y humedales, siendo un de las practicas más antiguas del ser humano, surge de la necesidad de evacuar de manera rápida dichas aguas fuera de los centros de las grandes ciudades. (Fernández, 2010)

Estas prácticas tienen un impacto ambiental que obliga a hacerles un tratamiento previo antes de evacuarlas a los afluentes finales, pensada para núcleos urbanos con una considerable población, siendo España los primeros en tomar estas medidas sobre el tratamiento aguas residuales. (Fernández, 2010)

Los humedales artificiales son utilizados para la depuración de aguas residuales utilizando monocultivos o policultivos de plantas macrofitas dispuestas en lagunas, tanques o canales poco profundos, estos afluentes ya han tenido un pre-tratamiento y un tratamiento físico, químico y bacteriológicos. (Fernández, 2010)

Las plantas presentan un papel fundamental en un humedal artificial teniendo las siguientes funciones primordiales:

- Absorber nutrientes como nitrógeno y fosforo
- Filtrar los sólidos a través del entramado que forma sus raíces

- Airear el sistema de raíces y proporcionar oxígeno a todo microorganismo que vive en la rizosfera.
- Eliminar los contaminantes asimilándolos directamente en sus hojas y tallo.

Las especies para los humedales se seleccionan de acuerdo a el clima de la zona, las capacidad que tiene para el transporte de oxígeno desde las hojas hasta la raíz, tolerancia a concentraciones elevadas de contaminación, la capacidad que tienen de absorber contaminantes, tolerancia a cambios climáticos de imprevisto, resistencia a las enfermedad e insectos y su fácil manejo. (Fernández, 2010).

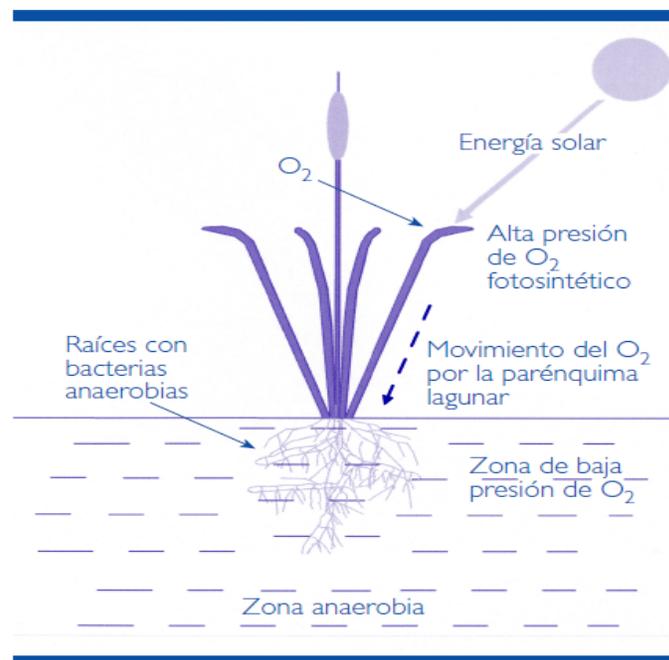


Grafico 11 Esquema del peroceso de aireacion de una planta acuatica (Gonzales, J. F., 2010)

Las ventajas de utilizar en los sistemas de depuración plantas acuáticas como medio de fitorremediacion son:

- Tienen un sencillo mantenimiento a bajo costo y bajo o nulo consumo de energía.
- Costo de instalación muy inferior a una planta de tratamiento convencional.

- Son sistemas amigables con el medio ambiente, eliminando sólidos suspendidos, materia orgánica, elementos eutrofizantes y microorganismos patógenos. (Fernández, 2010).

### **6.7.1 Tipos de Humedales Artificiales.**

El humedal artificial tiene variables al momento de su construcción, como es el flujo de agua, sustrato o lecho utilizado, vegetación y sucesión de unidades e tratamiento, teniendo en cuenta la dirección del agua tenemos horizontal, vertical, de flujo superficial y flujo sub-superficial, si tenemos en cuenta el sustrato hay un sistema que lleva debajo del agua una capa de tierra vegetal para poder enraizar las plantas, otro que emplea exclusivamente grava y arena, y también encontramos otros donde únicamente se utiliza agua. (Fernández, 2010).

Las plantas a usar también nos definen el tipo de humedal como pueden ser:

- Acuáticas flotantes.
- Macrofitas.
- Acuáticas emergentes
- Sistemas mixtos de sucesión de vegetación
- Sistemas de uso de macrofitas acuáticas emergentes en flotación.

En la actualidad hay tres líneas de desarrollo tecnológico de humedales artificiales las cuáles son:

- Humedales de flujo superficial
- Humedales de flujo sub-superficial
- Humedales con las plantas flotando sobre la superficie (Este último es donde se utiliza el buchón de agua o lenteja de agua)

### 6.7.2 Sistema con especies flotantes

Son estanques o canales con una profundidad variable entre 0.4 a 1.5 metros, los cuales son alimentados con aguas residuales, ya teniendo un previo tratamiento, en donde se desarrollan las plantas de una manera natural, las plantas más usadas en este tipo de sistemas son el buchón de agua y la lenteja de agua (Núñez & Elena, 2013)

Estos son los procesos que se llevan a cabo en un sistema de humedales con especies flotantes:

- Sedimentación de sólidos.
- Incorporación de nutrientes en plantas y su posterior cosechado
- Depuración de materia orgánica debido a las raíces de las plantas y en los detritus del fondo de la laguna.

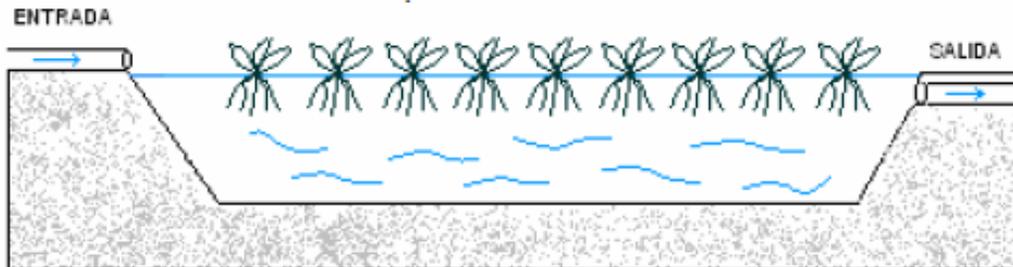


Grafico 12 Esquema de un humedal con especies flotantes (García, 2010)

El flujo de agua en los tratamientos con plantas flotantes, es muy parecido al de humedales de flujo libre, esto quiere decir que la entrada al humedal es localizada al mismo nivel de la salida.

El buchón de agua en este tipo de humedales permite la remoción de metales pesados como lo es el níquel, cadmio, mercurio, plomo, cromo, plata y cobre; nutrientes, pesticidas y otros contaminantes orgánicos.

EL buchón de agua tiene una raíz que soportan una masa activa de microorganismos que ayudan a descomponer y remover contaminantes del agua, de igual manera se debe tener una profundidad adecuada en el humedal para que las raíces tengan un contacto pleno con el agua residual. (Gonzales, 2004)

Cosechar la planta frecuentemente nos permite tener el buchón en fase activa ayudando a tener una remoción de contaminantes de una manera más eficaz; si llegado el humedal tiene una acumulación de lodo es necesario realizar un drenado y limpieza, la limpieza y cosecha la planta dependerá del mismo afluente y el crecimiento de la planta.

A estos humedales, se les programa una limpieza anual, por lo cual es recomendado tener dos unidades de la misma. Un carguero frontal se encarga de remover el buchón seco y lodos acumulados en la parte inferior del humedal, el buchón cosechado es una fuente rica en metano lo cual se extrae de manera anaerobia y posteriormente es utilizado como abono para la tierra o secarlo para depositarlo en un relleno o incineración.

Temperaturas óptimas del humedal para el crecimiento del buchón de agua:

- Temperatura del agua: 21 a 30 grados centígrados
- Temperatura atmosférica: 26 a 35 grados centígrados.

El buchón de agua no soporta climas fríos ni climas cálidos (77 a 86 grados Fahrenheit), es necesario mantener su temperatura para su supervivencia y para tener un óptimo de remoción.(Epa, p,20)

## 7 CONCLUSIONES

- Se recopiló la información correspondiente al buchón de agua en donde se evidencia que esta planta es identificada como depurador de aguas contaminadas.
- De acuerdo a la información encontrada se logra definir las ventajas del uso de esta planta como un agente fitorremediador que ha demostrado su eficiencia en la remoción de sustancias orgánicas así como nutrientes y metales pesados además las desventajas lo implica el escoger el tipo de planta adecuada por su adaptabilidad al clima de la región y su capacidad de transporte de oxígeno de la superficie.
- Por medio de los estudios realizados por diferentes personas especializadas en este tipo de plantas se logra analizar e identificar cuáles son las plantas que se pueden utilizar de acuerdo al hábitat, es una planta originaria de las regiones tropicales y subtropicales de Sudamérica que se destaca por su capacidad de crecimiento y de acumular nutrientes, además puede acumular o transformar sustancias tóxicas que aparecen en el suelo o el agua, ya sea por accidente por la actividad del hombre o por cuestiones geológicas.
- De acuerdo al material recopilado se puede destacar el trabajo de una planta como el buchón de agua es un agente fitorremediador y el alcance en sus procesos de purificación de aguas contaminadas; los diferentes estudios que se han llevado a cabo en sitios con características climáticas, diferentes agentes contaminantes ha demostrado como esta planta se desenvuelve y cumple su objetivo como agente fitorremediador, de acuerdo a estos comportamientos el hombre en su necesidad de proteger y recuperar el apreciado líquido implementado en plantas de tratamiento dentro de una parte del proceso la

inclusión de esta planta como parte de un proyecto biotecnológico que ha dado como resultado una alta purificación de aguas contaminadas.

## 8 BIBLIOGRAFIA

ANSOLA, G. Utilización de humedales artificiales en la depuración de aguas residuales. En: El agua, un bien para todos. Conservación, recuperación y usos. 6as Jornadas Ambientales. Salamanca: 2003. Ed. P. Ramos, S.A., p. 145-170. Citado por ARROYO HERNÁNDEZ, Paula. La biorremediación como medida correctora en los impactos ambientales de agua contaminada con metales pesados. En: II Jornadas Técnicas de Ciencias Ambientales (10 – 19, noviembre: Madrid) . 2004. p. 1 – 9.

BARBARO, Giovanna. Una técnica sencilla y natural para depurar aguas residuales. En: QEJ. Bricojardinería y Paisajismo: Revista profesional de distribución en horticultura ornamental y jardinería. 2007. no. 154. p. 20 – 25.

Barret S.C.H. & Forno I.W., 1982, Estilo morph distribución en la nueva palabra población de *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms-Laubach (Water Hyacinth). Botánica acuática 13, 299-306. SE BORRÓ LA PALABRA Elsevier

Basáñez, A. J., Alanís, J. L., & Badillo, E. (2008). Composición florística y estructura arbórea de la selva mediana subperennifolia del ejido “El Remolino”, Papantla Veracruz. *Avances en investigación agropecuaria*, 12(2), 3-21.

BUSTAMANTE SANINT, Santiago. Modelado de especies invasoras, caso de estudio: pérdida del espejo de agua en la laguna de Fúquene por invasión del buchón (*Eichornia crassipes*). Trabajo de Grado Magister en Hidrosistemas. Bogotá, D. C.: Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ingeniería, 2010. 62 p.

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS EN MEDIO AMBIENTE (CIEMA). Tecnología sostenible para el tratamiento de aguas residuales. Proyecto ASTEC SUCHER & HOLZER. Austria - Nicaragua. Managua, Nicaragua: 2005. 43 p.

Eddy, M. (1995). Tratamiento y depuración de las aguas residuales. *Edit. McGraw Hill. España. Capítulo, 8, 478-488.*

Epstein, P. 1998. Las malas hierbas traen enfermedades al este Africanos. *Lancet*, 351 (9102): 577.

García Rubio, D. A. (2010). Desarrollo de un humedal artificial piloto con especies no convencionales para mitigar la contaminación generada por el vertimiento de aguas residuales provenientes del centro de visitantes del Parque Nacional Natural Amacayacu-Amazonas.

Gopal B., y K. P. Sharma. 1981. Water Hyacinth (*Eichornia crassipes*) the most troublesome weed of the world. Hindasia, Delhi

Gopalakrishnan A., Rajkumar M., Sun J., Parida A. & Venmathi Maran B.A. 2011. Control biológico integrado de los jacintos de agua, *Eichhornia crassipes* por una combinación novedosa de carpa herbívora, *Ctenopharyngodon idella* (Valenciennes, 1844), y el gorgojo *Neochetina* spp. *Revista Chino de Oceanología y Limnología*, 29: 162-166.

Greenfield, B., S. Geoffrey, J. Andrews, M. Rajan, S. Andrews y S. D.F. 2007. Trituración mecánica de jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*): Efectos Sobre la calidad del agua en el sacramento-san joaquin Delta del río, california. *Estuarios y Costas*, 30 (4):627-640.

Holm L. G., D.L. Plucknett, J. V. Pancho y J. P. Herberger. 1977. *The World's Worst Weeds. Distribution and Biology.* The University Press of Hawaii, Honolulu.

Hurtado, A., Torres, C., & Peña, E. J. (2010). Identificación de procesos de bioacumulación de cromo en la laguna de Sonso.

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, & Morales, M. R. (2007). *Atlas de páramos de Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Iturbide, K. (2008). Caracterización de los efluentes de dos sistemas de producción de tilapia y el posible uso de plantas como agentes de biorremediación". *Universidad de San Carlos de Guatemala, tesis*, 11-17.

Khanna PP, Khanna D. Calidad de vida relacionada con la salud y medidas de resultado en la gota. En: Terkeltaub R, editor. Gota y otras artropatías cristalinas. 1ª ed. Philadelphia: Elsevier; 2011. p. 217-25.

Linares, E. L., Galeano, G., García, N., & Figueroa, Y. (2008). Fibras vegetales empleadas en artesanías en Colombia. *Bogotá. Artesanías de Colombia*.

Lung'ayua, H.B.O, M'harzi, A., Tackx, M., Gichuki, J., y Symoens, J.J. 2000. Estructura de la comunidad de fitoplancton y medio ambiente en las aguas de Kenia del lago Victoria. *Biol. De agua dulce*. 43, 529 - 543.

Mironga, J. M. 2006. El efecto del agua hyacinth, Eichhornia Crassipes, la infestación en la productividad de fitoplancton en el lago Naivasha y el estado de control. En: Odada, EO, DO Ola-go, W. Ochola, M. Ntiba, S. Wandiga, N. Gichuki y H. Oyieke (editores), *Actas de la 11ª Conferencia Mundial de los Lagos*, tomo 2, pp. De Agua y Riego, Comité Internacional de Medio Ambiente de Lake, Nairobi, Kenia.

Novoselova, E. S., Mironova, V. V., Khlebodarova, T. M., & Likhoshvai, V. A. (2015). On the distribution of auxin concentrations in root horizontal layer cells. *Russian Journal of Genetics: Applied Research*, 5(3), 293-299

Rodríguez, P. E. D. R. O. (2006). Aspectos fisiológicos y morfológicos de las malezas. *Hallado en: <http://academic.uprm.edu/rodriguezp/HTMLobj-95/aspectosfisiologicosymorfologicosdemalezas.pdf>*. Acceso el, 18.

Novotny, V., & Olem, H. (1994). Calidad del agua: prevención, identificación y manejo de la contaminación difusa.

Núñez, V., & Elena, G. D. C. *Panorama del tratamiento de aguas residuales con tecnología anaerobia en la Costa Atlántica Colombiana* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional del Colombia).2013.

Reed S. C., R. W. Crites y E. J. Middlebrooks. 1995. *Natural systems for waste management and treatment*. 2nd ed. McGraw-Hill Inc. Ney York, U.S.A. 433 pp.

Rodríguez-Miranda, J. P., Gómez, E., Garavito, L., & López, F. (2010). Estudio de comparación del tratamiento de aguas residuales domésticas utilizando lentejas y buchón de agua en humedales artificiales. *Tecnología y ciencias del agua*, 1(1), 59-68.

RZEDOWSKI & RZEDOWSKI, "Flora del bajo y Regiones Adyacentes" Centro Regional del BAJIO Fasciculo,

Seema, P. 2012. Medidas, manejo y aplicaciones ambientales de malezas acuáticas *Eichhornia crassipes*: una visión general. *Reseñas de Environmental Science and Biotechnology*, 11: 249-259.

Tuesca, D. (2007). Cambios en las comunidades de malezas asociados con el sistema de labranza y el uso intensivo de glifosato. In *Actas XV Congreso de AAPRESID, Rosario* (pp. 323-329).

VIDAL, A. P., LOZADA, P. T., & LEAL, J. S. (2009). Tratamiento anaerobio de las aguas residuales del proceso de extracción de almidón de yuca. Optimización de variables ambientales y operacionales. *Dyna*, 76(160), 139-148