



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ**

**FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS FÍSICAS Y  
QUÍMICAS**

**ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:**

**INGENIERO QUÍMICO**

**MODALIDAD: INVESTIGACIÓN DIAGNÓSTICA O  
PROPOSITIVA**

**TEMA:**

“APLICACIÓN DE LA BIOMASA DEL LECHUGUIN (*Eichhornia crassipes*)  
COMO ALTERNATIVA DE FILTRADO DE METALES PESADOS EN SISTEMAS  
DE FILTRACION COMERCIAL”

**AUTORES:**

GONZÁLEZ GARCÍA PABLO JOSÉ  
VÉLEZ CEDEÑO JONATHAN FABIÁN

**TUTOR:**

ING. ULBIO ALCÍVAR CEDEÑO, MG. SC.

PORTOVIEJO-MANABÍ-ECUADOR

**2015**

## **DEDICATORIA**

La presente tesis va dedicada:

A Dios, mi padre, mi amigo, mi escudo y mi fortaleza.

A mis padres Pablo y Estrella, pilares fundamentales en mi vida; quienes me han apoyado en todo momento y son la fuerza motora para culminar cada una de mis metas.

A mis hermanos; José, Duneska, Jelitza y Scarleth, quienes forman parte de mi vida, estando presentes cuando los necesito. y me ayudan a mejorar a diario.

A mi tía Lucy, mi segunda madre, la cual aportó con parte de mi formación como persona.

A mi compañero de tesis que se ha convertido en un amigo, en un hermano; con quien compartimos experiencias académicas, deportivas y sociales que quedaran grabados como gratos recuerdos.

**González García Pablo José**

## **DEDICATORIA**

A Dios, Señor de todo lo creado y amigo que nunca falla.

A mis padres, Mario Vélez y Narcisa Cedeño por su comprensión, apoyo y consejos.

A mis hermanos, que siempre están conmigo.

A mis abuelos, quienes me acogieron y me ayudaron durante mi carrera Universitaria.

A mis compañeros de clases, con quienes compartimos bellos momentos de mi vida estudiantil, por su aprecio y amistad.

**Vélez Cedeño Jonathan Fabián**

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar a Dios, por darnos la oportunidad que culminar esta meta con salud, vida y bendiciones, ayudándonos a superar cada adversidad presente.

A nuestros padres, ejemplos de luchadores, creyentes de nuestra capacidad, moldeadores de nuestras vidas, responsables de las personas que somos y coautores del alcance de esta anhelada meta.

A nuestra Alma Mater, la Universidad Técnica de Manabí, la cual se convirtió en nuestro segundo hogar, también un agradecimiento especial a la Escuela de Ingeniería Química, y a su cuerpo de docente y autoridades, los cuales forjaron nuestros conocimientos, brindándonos las herramientas esenciales para nuestra formación profesional.

A nuestro Director de tesis, Ing. Ulbio E. Alcívar Cedeño Mg., por brindarnos su apoyo fiel y desinteresado en todo el proceso; y no menos al Ing. Iván Cisneros Pérez, docente revisor de nuestra tesis, el cual a través de sus observaciones nos ayudó a mejorar.

Y a cada una de las personas que en su momento nos ayudaron.

Por esto y más expresamos nuestro más sincero y afectuoso agradecimiento.

**Autores de la Tesis**

## CERTIFICACIÓN

Yo, ingeniero Ulbio Alcívar Cedeño, catedrático de la Facultad de Ciencias Matemáticas Físicas y Químicas de la Universidad Técnica de Manabí, para los fines legales

## CERTIFICO

Que el trabajo de Titulación **"APLICACIÓN DE LA BIOMASA DEL LECHUGUIN (Eichhornia Crassipes) COMO ALTERNATIVA DE FILTRADO DE METALES PESADOS EN SISTEMAS DE FILTRACION COMERCIAL."** fue desarrollado bajo mi tutoría y control por el **SR. GONZALEZ GARCIA PABLO JOSE Y EL SR. VELEZ CEDEÑO JONATHAN FABIAN**, previo a la obtención del Título de **Ingeniero Químico**, cumpliendo con todos los requisitos del nuevo Reglamento para el trabajo de Titulación que exige la Universidad, alcanzando mediante el esfuerzo, la constancia y la perseverancia demostrado por los autores de este trabajo.



.....  
Ing. Ulbio E. Alcívar Cedeño Mg.  
TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Portoviejo, 21 de septiembre del 2015

### Informe del Trabajo de Titulación

Luego de haber revisado el Trabajo de Titulación, en la modalidad de Investigación y que lleva por tema: "APLICACIÓN DE LA BIOMASA DEL LECHUGUIN (*Eichhornia crassipes*) COMO ALTERNATIVA DE FILTRADO DE METALES PESADOS EN SISTEMAS DE FILTRACION COMERCIAL" desarrollada por el Sr. González Garía Pablo José CC. 1313009522 y el Sr. Vélez Cedeño Jonathan Fabián CC. 1313459453, previo a la obtención del Título de **Ingeniero Químico**, bajo la tutoría y control del Ing. Ulbio Alcívar Cedeño y cumpliendo con todos los requisitos del nuevo **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ**, aprobada por el Honorable Consejo Universitario, el 09 de Junio del 2015, cumpla con informar que en la ejecución del mencionado Trabajo de Titulación, sus autores:

- 1) han respetado los derechos de autor correspondiente al tener menos del 10% de similitud con otros documentos existentes en el repositorio,
- 2) han aplicado correctamente el manual de estilos de la Universidad Andina Simón Bolívar del Ecuador,
- 3) las conclusiones guardan estrecha relación con los objetivos planteados,
- 4) el trabajo posee suficiente argumentación técnico – científica, evidenciada en el contenido bibliográfico consultado, y
- 5) mantiene rigor científico en las diferentes etapas de su desarrollo.

Sin más que informar suscribo este documento no vinculante para los fines legales pertinentes.



Ing. Iván Cisneros Pérez

REVISOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

## **DECLARACIÓN SOBRE LOS DERECHOS DE AUTOR**

Los Autores, GONZALEZ GARCIA PABLO JOSE Y. VELEZ CEDEÑO JONATHAN FABIAN, egresados de la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas de la Universidad Técnica de Manabí

DECLARAMOS QUE:

Las ideas expuestas en el presente trabajo titulado: **“APLICACIÓN DE BIOMASA DEL LECHUGUIN (*Eichhornia crassipes*) COMO ALTERNATIVA DE FILTRADO DE METALES PESADOS EN SISTEMAS DE FILTRACION COMERCIAL”**

, son absoluta responsabilidad de los autores.

González García Pablo

Vélez Cedeño Jonathan Fabián

**AUTOR DE TESIS**

**AUTOR DE TESIS**

## INDICE DE CONTENIDO

RESUMEN .....	2
SUMMARY .....	3
1 TEMA .....	4
2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. ....	5
2.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA. ....	5
2.2 FORMULACION DEL PROBLEMA. ....	5
2.3 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.....	5
3 REVISIÓN DE LA LITERATURA Y DESARROLLO DEL MARCO TEÓRICO 7	
3.1 ANTECEDENTES .....	7
3.2 JUSTIFICACIÓN. ....	9
3.3 MARCO TEÓRICO .....	10
3.3.1 CONTAMINACIÓN AMBIENTAL.....	10
3.3.2 METALES PESADOS.....	13
3.3.3 ANÁLISIS PARA DETERMINAR METALES PESADOS EN EL AGUA 16	
3.3.4 SISTEMAS PARA TRATAR EL AGUA CONTAMINADA DE METALES PESADOS.....	17
3.3.5 FILTRACIÓN .....	20
3.3.6 BIOSORCIÓN O BIOADSORCIÓN .....	25
3.3.7 BIOMASA .....	28
3.3.8 ORIGEN DE EICHHORNIA CRASSIPES.....	34
3.3.9 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA (EICHHORNIA CRASSIPES)..	35



4	VISUALIZACIÓN DEL ALCANCE DEL ESTUDIO .....	36
5	ELABORACIÓN DE HIPÓTESIS Y DEFINICIÓN DE VARIABLES.....	38
5.1	HIPOTESIS.....	38
5.2	DEFINICIÓN DE VARIABLES.....	38
5.3	OPERACIONALIZACIÓN .....	39
6	DESARROLLO DEL DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	41
6.1	OBJETIVO GENERAL.....	41
6.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	41
6.3	CAMPO DE ACCIÓN.....	41
7	DEFINICIÓN Y SELECCIÓN DE MUESTRA .....	42
7.1	OBTENCIÓN DE LA BIOMASA .....	42
7.1.1	RECOLECCIÓN DEL MATERIAL.....	42
7.1.2	PRE-TRATAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA .....	42
7.2	SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS QUE CONFORMAN LOS SISTEMAS DE FILTRACIÓN COMERCIAL .....	43
7.3	CARACTERIZACIÓN DE LAS MUESTRAS DE AGUA.....	43
8	RECOLECCIÓN DE DATOS .....	45
8.1	ADSORCIÓN DE METALES PESADOS DE LA BIOMASA.....	45
8.1.1	ADSORCIÓN DEL CROMO .....	45
8.1.2	ADSORCIÓN DE PLOMO.....	48
8.2	COMBINACIONES DE LOS ELEMENTOS PARA FORMAR DISTINTOS SISTEMAS DE FILTRACIÓN .....	51
9	ANÁLISIS DE LOS DATOS .....	59
9.1	DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ADSORCIÓN DEL LECHUGUÍN (EICHHORNIA CRASSIPES) DE LOS IONES DE METALES	

PESADOS. 59

9.2 EVALUAR LA CAPACIDAD DE ADSORCIÓN DEL LECHUGUÍN (EICHHORNIA CRASSIPES) EN METALES PESADOS EN DIFERENTES MODELOS DE SISTEMAS DE FILTRADO. ....67

9.3 COMPARAR LA CAPACIDAD DE ADSORCIÓN DEL LECHUGUÍN (EICHHORNIA CRASSIPES) DE METALES PESADOS, EN RELACIÓN A SISTEMAS DE FILTRADOS TRADICIONALES.....69

10 ELABORACIÓN DEL REPORTE DE LOS RESULTADOS.....72

10.1 DISCUSIÓN .....72

10.2 CONCLUSIONES .....73

10.3 RECOMENDACIONES.....74

11 PRESUPUESTO .....75

12 CRONOGRAMA .....76

13 BIBLIOGRAFÍA .....77

14 ANEXOS .....88

## INDICE DE TABLAS

TABLA 1: RESULTADOS DE LA CAPACIDAD DE ADSORCION -----	45
TABLA 2: RESULTADOS DE LA CAPACIDAD DE ADSORCION DE CROMO -----	47
TABLA 3: RESULTADOS DE LA DE ADSORCION DEL PLOMO -----	48
TABLA 4: RESULTADOS DE ADSORCION DE PLOMO -----	49
TABLA 5: RESULTADOS DE ANALISIS DE METALES PESADOS (CR Y PB) EN FILTRADO (ALGODÓN – ZEOLITA- CARBON ACTIVADO)-----	52
TABLA 6: RESULTADOS DE ANÁLISIS DE METALES PESADOS (CR Y PB) EN SISTEMA DE FILTRADO (ALGODÓN- ZEOLITA-ARENA-CARBON ACTIVADO) -----	53
TABLA 7: RESULTADOS DE METALES PESADOS (CR Y PB) EN SISTEMA DE FILTRADO (ALGODÓN-CARBON ACTIVADO)-----	55
TABLA 8: RESULTADOS DE ANÁLISIS DE METALES PESADOS (CR Y PB) EN FILTRADO MODIFICADO (ALGODÓN - BIOMASA)-----	56
TABLA 9: RESULTADOS DE ANALISIS DE METALES PESADOS (CR Y PB) EN FILTRADO MODIFICADO (ALGODÓN – ARENA- BIOMASA-CARBON ACTIVADO) -----	58
TABLA 10: DATOS DE RELACIÓN ENTRE CAPACIDAD DE ADSORCIÓN Y TIEMPO DE AGITACIÓN-----	59
TABLA 11: RESUMEN ESTADÍSTICO PARA ADSORCIÓN -----	61
TABLA 12: ANOVA PARA ADSORCIÓN POR CONCENTRACIÓN METALES -----	62
TABLA 13: MEDIAS PARA ADSORCION POR CONCENTRACION METALES CON INTERVALOS DE CONFIANZA DEL 95,0%-----	63
TABLA 14: PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA ADSORCION POR CONCENTRACION METALES -----	65
TABLA 15: PRUEBA DE KRUSKAL-WALLIS PARA ADSORCION POR CONCENTRACION METALES -----	66

TABLA 16: EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ADSORCIÓN (CONCENTRACIÓN Y TIEMPO) -----	67
---	----

TABLA 17: CAPACIDAD DE ADSORCIÓN DE PLOMO Y CROMO EN RELACIÓN A SISTEMAS DE FILTRADOS-----	69
---	----

## INDICE DE GRAFICOS

GRAFICO 1: CAPACIDAD DE ADSORCION DE CROMO-----	45
GRAFICO 2: CAPACIDAD DE ADSORCION DE CROMO POR LA BIOMASA DE LECHUGUIN -----	47
GRAFICO 3: CAPACIDAD DE ADSORCION DE PLOMO POR LA BIOMASA DE LECHUGUIN -----	49
GRAFICO 4: ADSORCION DE PLOMO POR BIOMASA DE LECHUGUIN	49
GRAFICO 5: RESULTADO DE FILTRACIÓN DE METALES PESADOS (CR Y PB) EN SISTEMA DE FILTRADO-----	52
GRAFICO 6: RESULTADO DE METALES PESADOS (CR Y PB) EN FILTRADO -----	54
GRAFICO 7: RESULTADO DE METALES PESADOS (CR Y PB) EN FILTRADO -----	55
GRAFICO 8: RESULTADO DE METALES PESADOS (CR Y PB) EN FILTRADO MODIFICADO -----	57
GRAFICO 9: RESULTADOS DE METALES PESADOS (CR Y PB) EN FILTRADO MODIFICADO) -----	58
GRAFICO 10: DISPERSIÓN POR CÓDIGO DE NIVEL -----	60
GRAFICO 11: ANOVA GRÁFICO PARA ADSORCIÓN-----	62
GRAFICO 12: MEDIAS Y 95% DE FISHER LSD -----	63
GRAFICO 13: GRÁFICO DE REIDUOS DE ADSORSIÓN-----	64
GRAFICO 14: GRÁFICO ANOM PARA ADSORSIÓN; CON 95% LÍMITES DE DECISIÓN-----	65
GRAFICO 15: COMPORTAMIENTO DEL LECHUGUÍN Y LA ADSORCIÓN DE LOS IONES DE PLOMO Y CROMO -----	68
GRAFICO 16: DIFERENCIA DE EFECTIVIDAD DE ADSORCI -----	70
GRÁFICO 17: RENDIMIENTO DE ADOSRCIÓN DE LOS SISTEMAS DE FILTRADO -----	71

## **RESUMEN**

La aplicación de la biomasa del Lechuguín (*Eichhornia crassipes*) como alternativa de filtrado de metales pesados, considera el uso de dicha materia orgánica de manera que contribuya en la depuración de aguas contaminadas observando su efectividad frente a los componentes regulares en los sistemas de filtración comercial.

La alternativa de filtración para la remoción de metales pesados en aguas contaminadas, exige como principal opción de uso componentes que tienen un valor económico algo elevado; es por ello que se destaca la investigación en el uso de la biomasa del Lechuguín con una mayor facilidad de adquisición para el propósito de medio filtrante.

Este trabajo se realizó por el método cuasi experimental, guiada a través de fuentes bibliográficas en primera instancia combinada con la aplicación de la praxis experimental en el laboratorio de Ecotoxicología de la Universidad Técnica de Manabí, en donde se usaron los materiales respectivos que ayudaron a obtener las muestras las cuales reflejan los resultados que conforman esta tesis luego de los análisis respectivos.

Con los resultados obtenidos en el proyecto, asoma una consideración importante en cuanto a que el uso de la biomasa del Lechuguín con su capacidad de adsorción de metales pesados, favorece al medio ambiente en la depuración de aguas contaminadas.

## **SUMMARY**

The application of the Lechuguin biomass (*Eichhornia crassipes*) as alternative to filtering of heavy metals, considered the use of such organic matter so that it contributes in the purification of polluted waters noting their effectiveness against the components of regular commercial filtration systems.

The choice of filtration for the removal of heavy metals in polluted waters, requires as a main option to use components that have an economic value rather high; therefore, that highlights research on the use of the biomass of the Lechuguín with a greater ease of acquisition for the purpose of media

This work was done by the quasi-experimental, guided through bibliographic sources method initially combined with the application of the experimental practice in the laboratory of ecotoxicology of the Universidad Técnica de Manabí, where respective materials that were used to obtain samples which reflect the results that make up this thesis after the respective analysis.

With the results obtained in the project, it overlooks an important consideration as to the use of the biomass of the Lechuguín with its adsorption capacity of heavy metals, helps the environment polluted water purification.

# **1 TEMA.**

“APLICACIÓN DE BIOMASA DEL LECHUGUIN (*Eichhornia crassipes*)  
COMO ALTERNATIVA DE FILTRADO DE METALES PESADOS EN SISTEMAS  
DE FILTRACION COMERCIAL”



## **2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

### **2.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.**

La dificultad de filtración de aguas de ríos, mares, agua potable, residuales, de pozo, entre otros; que tengan contenidos no permisibles de metales pesados es una de las constantes problemáticas de contaminación. Principalmente las industrias como la textiles, metalúrgicas, mineras y también en donde se requiera la quema de combustibles, son las que generan gran cantidad de metales pesados introducidos al ambiente, en donde la combinación de metales con el agua afectan el consumo de la misma, es por ello que existen sistemas de filtrados de diferentes componentes, que ayuden a reducir el grado de contaminación.

La reducción de la contaminación de metales pesados se basa en la capacidad de adsorción que tenga la base filtrante, la cual está relacionada con su composición y por lo tanto determina su tiempo de uso y rendimiento. En la actualidad se busca mejorar el sistema para la reducción de estos componentes tóxicos generando menos gastos y que este método esté ligado con el cuidado del medio ambiente en su magnitud.

Es por dicho motivo, que en este proyecto se busca, mediante el uso de la biomasa de la planta acuática Lechuguín (*Eichhornia crassipes*), obtener una reducción significativa, adquiriendo una alternativa positiva de disminución o eliminación de metales pesados en aguas residuales post-filtradas.

### **2.2 FORMULACION DEL PROBLEMA.**

¿Podrá la aplicación de la Biomasa del Lechuguín (*Eichhornia crassipes*) servir como alternativa de filtrado de metales pesados en sistemas de filtración comercial?

### **2.3 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.**

La eliminación por metales pesados es uno de los principales tratamientos de aguas que generan más costos para su remoción debido a que su fácil combinación con el agua hace que esta se haga resistente a los tratamientos convencionales del agua, debido a este

motivo se ve la opción de remover o reducir su contaminación con métodos más costosos como es el caso de la precipitación química, el intercambio iónico, filtración con carbón activado y oxido-reducción, por este motivo se realizará un sistema de filtrado para eliminar o reducir los metales pesados presentes en el agua utilizando la biomasa del Lechuguín (*Eichhornia crassipes*)pretendiendo poder sacar provecho de este producto que lo podemos encontrar en diferentes zonas de los ríos del Ecuador.

Este proyecto cubrirá la investigación de la remoción de metales pesados en aguas contaminadas, a través del uso de sistemas de filtración comercial con la modificación del medio filtrante como alternativa usando biomasa del Lechuguín (*Eichhornia crassipes*).

El fin de esta investigación es de realizar ensayos para observar cual es el porcentaje de remoción de metales pesados y compararlos con los otros sistemas de tratamiento y también realizar análisis a las aguas contaminadas antes y después del paso por el medio filtrante para comparar los parámetros medidos.

### **3 REVISIÓN DE LA LITERATURA Y DESARROLLO DEL MARCO TEÓRICO**

#### **3.1 ANTECEDENTES.**

El tratamiento de los metales pesados en los diversos tipos aguas (ríos, mares, residuales, de riego, entre otros) es uno de los tratamientos que genera mayor dificultad en el intento por eliminarlos o reducirlos a su límite máximo permisible y que genere la menor contaminación posible.

Uno de los problemas ambientales es la presencia de metales pesados por causa antropogénica derivados principalmente del uso del suelo y es que los metales pesados son considerados dentro de un grupo de elementos químicos que se caracterizan por presentar una alta densidad y toxicidad para los seres vivos. Muchos metales pesados se consideran nocivos cuando se presentan en concentraciones elevadas. Existen metales esenciales como el Na, K, Mg, Fe, Cr, entre otros; mientras que algunos metales como Pb principalmente no desempeñan ninguna función biológica y pueden resultar altamente tóxico, así como ser lixiviados y absorbidos por las plantas. (ALCALÁ JORGE 2012)

La actividad minera, industrial, doméstica, rellenos sanitarios, drenaje pluvial y quema de combustible se constituyen en fuentes de contaminación por metales pesados. Las prácticas agrícolas inadecuadas como el uso excesivo de agroquímicos propician la acumulación de contaminantes. La presencia de metales en el ambiente es propiciado por residuos automotrices, residuos biológicos infecciosos, escorias de fundición, grasas y aceites gastados, solventes químicos, hidrocarburos, entre otros, considerados con alto nivel de afectación a la salud humana y al ecosistema (ALCALÁ JORGE 2012), llegando a los cuerpos de agua, vía importante de intoxicación.

Para el tratamiento de los efluentes líquidos que contienen metales pesados, existen diferentes métodos físicoquímicos, siendo los de mayor auge en la actualidad los siguientes: precipitación, intercambio iónico, ósmosis inversa y adsorción. Estos, aunque efectivos presentan varias desventajas cuando son aplicados a efluentes industriales constituidos por soluciones metálicas diluidas. Entre las desventajas se pueden mencionar

los costos importantes en términos energéticos y de consumo de productos químicos. Además, la precipitación química aunque efectiva para la eliminación de metales pesados, crea un nuevo problema ambiental: el de los lodos que después tendrán que ser almacenados (Reyes *et al.* 2006). (MONGE ONOFRE 2008)

### 3.2 JUSTIFICACIÓN.

Los metales pesados como residuos, generan una contaminación muy toxica y peligrosa, creando desestabilización en el medio, contaminación en seres vivos y por consecuencia muertes humanas y animales, sean a corto o largo plazo.

La generación de focos tóxicos puntuales de metales pesados, se presenta principalmente por actividades industriales o urbanas en donde los desechos, en su mayoría aguas residuales, no son tratados adecuadamente permitiendo el contacto de estos metales con la biota ambiental.

El presente proyecto se basa en la aplicación de la biomasa de la macrófita acuática Lechuguín (*Eichhornia crassipes*), como medio filtrante para metales pesados en sistemas de filtración comercial, debido a sus propiedades de bioacumulación de metales pesados. Así se aprovechará la cualidad de retención de metales del Lechuguín (*Eichhornia crassipes*), presentando una alternativa para la depuración de aguas contaminadas con metales pesados beneficiando al entorno.

Por otra parte, en la actualidad, la escuela de Ingeniería Química de la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas de la Universidad Técnica de Manabí, no cuenta con un sistema de filtración con biomasa vegetal para el tratamiento de aguas contaminadas con metales pesados, por este motivo, vemos la necesidad de implementar dicho sistema proveniente de la biomasa del Lechuguín (*Eichhornia crassipes*). De esta manera, se generará la oportunidad de que los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Química puedan adquirir conocimientos académicos que le sirvan en su futuro laboral profesional.

### **3.3 MARCO TEÓRICO**

#### **3.3.1 CONTAMINACIÓN AMBIENTAL**

La acción del hombre sobre el planeta ha traído como consecuencia, de forma inevitable y acelerada, una redistribución de la materia y la energía y un incremento en la contaminación ambiental, siendo registrada desde 1992 por el Chemical Abstract Service (CAS) la existencia de siete millones de sustancias químicas. (ARMAS 2009)

Generalmente los agentes que contaminan el medio ambiente surgen al generarse un cambio físico o químico ya sea industrial o natural, lo cual se cataloga como residuo en muchos casos. Al igual que estos se puede catalogar de contaminantes a los agentes, aunque no sean palpables, que se introducen en el medio y que no pertenecen a este.

Las contaminaciones constantes pertenecen a actividades realizadas a diario pertenecientes a cualquier plano, pues en el hogar, industrias, en el transporte, entre otros, generamos lugares fijos de contaminación. Así mismo existen aquellos puntos de contaminaciones las cuales tienen una complejidad de identificación es mucho mayor, por su dispersión o movilidad frecuente y variante; este es el caso de agentes volátiles o de fumigación los cuales van a parar en su mayoría a cuerpos de aguas formando parte de ella colaborando a su contaminación.

La contaminación ambiental y los residuos tóxicos como los metales pesados, son resultados en parte, por el desarrollo industrial, concebido como sinónimo de progreso, siendo estos últimos una de las mayores fuentes que contaminan el agua, suelo y aire. (ARMAS 2009)

#### **Tipos de contaminación**

La clasificación de los contaminantes o la contaminación se puede desglosar en diversas partes, sin embargo, en el presente trabajo se mostrará las dos más importantes, las cuales son; la contaminación por su origen y la contaminación según el tipo de contaminante.

- La contaminación por su origen se clasifica en dos tipos:
  - a. Contaminación natural
  - b. Contaminación antropogénica

**a) Contaminación natural.** Esta es la contaminación debida a fenómenos naturales, como la erosión y las erupciones volcánicas y está relacionada con la composición de suelos, aguas y los componentes de algunos alimentos. Esta clase de contaminación no es tan grave como la antropogénica. (ARELLANO y GUZMÁN 2011)

**b) Contaminación antropogénica.** Es la generada por las actividades del hombre y es más grave por la naturaleza y la gran variedad de contaminantes generados Dichas actividades son las industriales, mineras, agropecuarias, artesanales y domésticas. (ARELLANO y GUZMÁN 2011)

- Por el tipo de contaminante se clasifica en:

- a. Contaminación biológica
- b. Contaminación química
- c. Contaminación física

**a) Contaminación biológica.** Esta contaminación se presenta cuando un microorganismo (virus, hongo o bacteria) se encuentra en un ambiente que no le corresponde y causa daños a los demás organismos que lo habitan. Con frecuencia, este tipo de contaminación es provocado a las deficiencias de los servicios de saneamiento como drenajes y alcantarillado, abastecimiento de agua potable, sistemas de tratamiento de aguas negras, o debida a malos hábitos higiénicos. Sin embargo, la contaminación biológica es relativamente de fácil prevención y control, ya que si se llevan a cabo las medidas de recolección oportuna y adecuada de la basura, su confinamiento en lugares acondicionados para tal fin; campañas de educación para la salud, se podrán prevenir muchas de las enfermedades debidas a esta fuente. (ARELLANO y GUZMÁN 2011)

**b) Contaminación física.** Esta contaminación es la provocada por agentes físicos como las radiaciones ionizantes, energía nuclear, ruido, presiones extremas, calor y vibraciones. Se presenta tanto en ambientes cerrados como los laborales y como en abiertos, y en estos últimos provocan daños a la población en general. Una característica de este tipo de contaminación es que en ocasiones sus efectos pueden presentarse a largo plazo, como es el caso del ruido, que después de que una persona

está expuesta a este agente de manera permanente y prolongada, presentará problemas en su sistema auditivo como sordera. También provoca muerte de flora y fauna, cáncer y mutaciones entre otros. (ARELLANO y GUZMÁN 2011)

**c) Contaminación química.** La contaminación química es la provocada por diferentes sustancias de uso industrial y doméstico, que se encuentran dispersas en el ambiente. Puede considerarse a este tipo como el más grave de los tres, pues a dichas sustancias las podemos encontrar en los tres estados de la materia (líquido, sólido y gaseoso) y por lo tanto pueden depositarse en el agua, suelo y aire, y por esta razón pueden entrar más fácilmente en los organismos vivos. También pueden incorporarse de manera fácil a los ciclos bioquímicos, provocando de esta forma daños severos en el ambiente. (ARELLANO y GUZMÁN 2011)

### **Factores que determinan la severidad de un contaminante**

Hay tres factores que determinan la severidad de los efectos que puede tener un contaminante:

\* Naturaleza química: determina hasta qué punto el contaminante es activo y dañino para los organismos vivientes. (COBOS y RODRIGUEZ 2015)

\* Concentración: corresponde a la cantidad de contaminante presente por unidad de volumen o de peso de aire, agua, suelo o peso corporal. Una forma de reducir la concentración de un contaminante es diluirlo en un gran volumen de agua o de aire. Hasta antes de que comenzara a sobrecargarse el aire y las corrientes de agua con contaminantes, la disolución era la solución a la contaminación. Ahora es sólo una solución parcial. (COBOS y RODRIGUEZ 2015)

\* Persistencia del contaminante: Corresponde al tiempo que el contaminante permanece en el aire, suelo, agua o cuerpo. (COBOS y RODRIGUEZ 2015)

### **Rutas de los contaminantes**

La emisión de sustancias contaminantes al medio ambiente es inevitable, tanto como resultado de procesos industriales como por el tratamiento y eliminación de residuos. Al ser liberadas al medio ambiente, las sustancias contaminantes circulan y sufren alteraciones dependiendo de varios factores naturales y artificiales que se relacionan entre sí. Por esta razón, para llevar a cabo un manejo responsable y adecuado



de los residuos tóxicos, es necesario comprender en que forma las sustancias contaminantes son liberadas al medio ambiente, cómo es su desplazamiento y cuál es su destino final. (CICERONE 2007)

La ruta de acceso de los contaminantes al medio ambiente son variantes y su efecto contaminante cambia según el estado en el que se los vierta; ya sea en sólido, gaseoso o líquido. Mientras más disperso esté el contaminante en el medio ambiente, más difícil será la remediación, es por ello que el conocimiento y tratamiento de los desechos juega un papel fundamental en la conservación medioambiental

### **3.3.2 METALES PESADOS**

"Los metales pesados son sustancias propias de la naturaleza de peso molecular alto, muy difundidos y en muchos casos muy útiles, como por ejemplo, el caso plomo que se utiliza mucho para tuberías. Hablando ya de la contaminación, los metales pesados tienen efectos en la salud y afectan diferentes órganos" (ROMERO 2009). Algunos metales pesados son nutrientes para algunos animales y plantas, pero a determinadas concentraciones son tóxicos. La principal entrada en el organismo humano es la ingestión. El estado de oxidación y la naturaleza del compuesto determinan su toxicidad. (GRAU RIOS y GRAU SÁENZ 2006)

El problema de la contaminación del medio ambiente por metales pesados es que su efecto es silencioso, no se ve, y cuando nos damos cuenta del daño que producen, ya es tarde y sobre todo que son peligrosos para la salud. (ROMERO 2009)

En la actualidad existe un sinnúmero de focos contaminantes de metales pesados. Principalmente la contaminación se genera a partir de industrias textiles, también en gran cantidad en refinerías, plazas inclinadas a la recepción o fabricación de baterías, en empresas metalúrgicas o fundidoras de metales, a través de combustibles entre otros.

#### **Cadmio**

El cadmio (cadmia en latín y en griego kadmeia, significa "calamina", nombre que recibía antiguamente el carbonato de cinc). Por lo general, el cadmio no se halla en el ambiente como un metal puro, es más abundante en la naturaleza en forma de óxidos complejos, sulfuros y carbonatos en el cinc, plomo y menas de cobre. El cadmio suave y

de color blanco plateado es relativamente barato, ya que es un subproducto del procesamiento de metales más valiosos, como el cinc y el cobre. El cadmio que se encuentra en pequeñas partículas o adherido a ellas puede ingresar al aire y viajar grandes distancias antes de regresar a la tierra como polvo, lluvia o nieve. (PÉREZ y AZCONA 2012)

La comida y los cigarrillos son las principales fuentes de exposición al cadmio en la población general. Esta exposición también puede darse a través de líquidos, ya sea por las cañerías que contienen cadmio en sus soldaduras o por el agua que ha sido contaminada por las fábricas que tiran sus desechos al río, como las que hacen acabado de metales, electrónica, manufactura de pigmentos (pinturas y agentes colorantes), baterías, estabilizadores plásticos, plaguicidas (fungicidas), electrodeposición, entre otras. (PÉREZ y AZCONA 2012)

### **Cobre**

El Cu es un metal de transición ampliamente usado en la industria para la manufactura de muchos productos tales como amalgamas con diversas aplicaciones, agroquímicos (especialmente fungicidas y micostáticos), esmaltes y pigmentos, reactivos para curtiembre, alguicidas de uso profuso en cuerpos de agua dulce, prótesis médico quirúrgicas y dispositivos intrauterinos (DIU), entre otros. Por este motivo, no es sorprendente que el hombre contamine el medio ambiente con progresivas cantidades de cobre. (ARNAL 2010)

Las zonas urbanas también son sitios de gran contaminación con Cu. Esto se debe, además de la cercanía con las fábricas, al uso profuso de combustibles fósiles. En las zonas rurales en cambio, la principal fuente de contaminación con cobre la constituye el uso excesivo o inapropiado de pesticidas, fungicidas y alguicidas. (ARNAL 2010)

### **Mercurio**

El mercurio es un elemento metálico presente de manera natural en la corteza terrestre, y puede ser transportado en el ambiente por el aire y el agua. Se libera a la atmósfera en forma de vapor en fenómenos naturales como la actividad volcánica, los incendios forestales, el movimiento de masas de agua, la erosión de rocas y procesos biológicos. El mercurio elemental puede combinarse con otros elementos para formar

compuestos inorgánicos de mercurio (como acetato mercúrico, cloruro mercúrico, cloruro mercurioso, nitrato mercúrico, óxido mercúrico o sulfuro mercúrico). En su ciclo ambiental, el mercurio se deposita en las masas de agua, donde microorganismos acuáticos lo biotransforman en metilmercurio. Otras especies orgánicas de mercurio son el etilmercurio y el fenilmercurio. (POULIN JESSIE 2008)

Las fuentes antropógenas de mercurio contribuyen significativamente a las concentraciones ambientales de este y comprenden las operaciones de minería, los procesos industriales, la combustión de combustibles fósiles, la producción de cemento y la incineración de residuos sanitarios, químicos y municipales. Dado que el mercurio circula por todo el mundo a través del aire y el agua, incluso regiones que no lo emitan pueden tener importantes concentraciones ambientales de mercurio. (POULIN JESSIE 2008)

### **Plomo**

El plomo se encuentra en una gran variedad de aleaciones y sus compuestos se preparan y utilizan en grandes cantidades en numerosas industrias. Aproximadamente un 40 % del plomo se utiliza en forma metálica, un 25 % en aleaciones y un 35 % en compuestos químicos. Los óxidos de plomo se utilizan en las placas de las baterías eléctricas y los acumuladores ( $PbO$  y  $Pb_3O_4$ ), como agentes de mezcla en la fabricación de caucho ( $PbO$ ) y en la fabricación de pinturas ( $Pb_3O_4$ ) y como componentes de barnices, esmaltes y vidrio. (NORDBERG 2012)

Los problemas de salud ocupacional causados por plomo suceden principalmente en la metalurgia primaria, secundaria y en minería extractiva, así como en la industria informal de fabricación de acumuladores eléctricos por extracción secundaria de plomo a partir de baterías recicladas. (ANTAY UTANI y SAIRE MARIN 2014)

El principal problema extra laboral es la exposición doméstica en niños con pica que ingieren tierra o pinturas contaminadas con plomo inorgánico, pero también en niños y adultos que ingieren alimentos contaminados, por ejemplo, pan “coloreado” con compuestos de plomo. (RAMÍREZ 2005)

## **Cromo**

La aplicación más importante del cromo puro es el cromado de una gran variedad de equipos, como piezas de automóvil y equipos eléctricos. También es ampliamente utilizado en aleaciones con hierro y níquel para formar acero inoxidable, y con níquel, titanio, niobio, cobalto, cobre y otros metales para formar aleaciones con fines específicos. (NORDBERG 2012)

La población humana está expuesta al Cr (VI) de manera masiva y permanente debido al aumento progresivo de la contaminación ambiental con cromo hexavalente a causa de emisiones industriales. Una fuente importante del Cr (VI) lo constituyen los dicromatos de potasio y de sodio, que son utilizados en la industria de cromados, manufactura de pigmentos, colorantes, curtido de pieles, en la preparación de antisépticos, en la limpieza de material de vidrio de laboratorio, como agente valorante, entre otros. (PRIETO, y otros 2008)

El cromo se puede encontrar en el aire, el suelo y el agua luego de ser liberado durante su manufactura o la manufactura, uso o disposición de productos de cromo.

El Cr (VI) por ser un poderoso oxidante de sustancias orgánicas, es peligroso para los organismos vivos y para la salud humana. El ácido crómico y los cromatos pueden producir intoxicaciones accidentales agudas por vía digestiva. El envenenamiento agudo por ingestión produce vértigo, sed intensa, dolor abdominal, vómito, choque y oliguria o anuria. También se ha observado conjuntivitis, lagrimeo y hepatitis aguda con ictericia. (GARCÍA 2007)

### **3.3.3 ANÁLISIS PARA DETERMINAR METALES PESADOS EN EL AGUA**

La espectrofotometría es uno de los métodos de análisis más usados, y se basa en la relación que existe entre la absorción de luz por parte de un compuesto y su concentración. Cuando se hace incidir luz monocromática (de una sola longitud de onda) sobre un medio homogéneo, una parte de la luz incidente es absorbida por el medio y otra transmitida, como consecuencia de la intensidad del rayo de luz sea atenuada desde  $P_0$  a

P, siendo  $P_0$  la intensidad de la luz incidente y P la intensidad del rayo de luz transmitido. Dependiendo del compuesto y el tipo de absorción a medir, la muestra puede estar en fase líquida, sólida o gaseosa. En las regiones visibles y ultravioleta del espectro electromagnético, la muestra es generalmente disuelta para formar una solución. Cada sustancia tiene su propio espectro de absorción, el cual es una curva que muestra la cantidad de energía radiante absorbida (Absorbancia), por la sustancia en cada longitud de onda del espectro electromagnético, es decir, a una determinada longitud de onda de la energía radiante, cada sustancia absorbe una cantidad de radiación que es distinta a la que absorbe otro compuesto. (NEIRA 2010)

### **3.3.4 SISTEMAS PARA TRATAR EL AGUA CONTAMINADA DE METALES PESADOS**

#### **Precipitación química**

Las operaciones de precipitación y sedimentación química, llevadas a cabo de manera independiente o en combinación con reacciones de oxidación-reducción, se utilizan ampliamente para la eliminación de metales. (REMTAVARES 2008)

Cotidianamente tenemos sustancias que precipitan con mucha facilidad como: agentes sulfurosos, CaO y NaOH.

Según (REMTAVARES 2008): una variante de la operación de precipitación es la precipitación electrostática, la cual se encuentra en vías de implantación a escala industrial.

La sedimentación puede ser sustituida por una filtración dependiendo del metal a tratar, así para el caso de retirar zinc, la precipitación química con cal se acompaña de una filtración en lechos de arena. (REMTAVARES 2008)

Para retirar cadmio, níquel o plomo suele adicionarse en la etapa de precipitación con cal un agente de captación para estos compuestos que está formado de silicatos, carbonatos y fosfatos de metales alcalinos. Esta adición además de obtener mayores rendimientos favorece la decantación. (REMTAVARES 2008)

#### **Filtración**

La filtración es la separación de una mezcla de sólidos y fluidos que incluye el paso

de la mayor parte del fluido a través de un medio poroso, que retiene la mayor parte de las partículas sólidas contenidas en la mezcla. (SÁNCHEZ 2013)

Un filtro es un equipo de operaciones unitarias por medio del cual se realiza la filtración. El medio filtrante es el medio que permite que pase el líquido mientras retiene la mayor parte de sólidos. Dicho medio puede ser una pantalla, una tela, papel o un lecho sólido. El líquido que pasa a través del medio filtrante se conoce como filtrado. (SÁNCHEZ 2013)

### **Intercambio iónico**

Para la eliminación de metales pesados en disoluciones diluidas resultan aplicables los sistemas de intercambio iónico. Las resinas que se emplean son resinas de intercambio catiónico, que se clasifican en fuertemente o débilmente ácidas. (REMTAVARES 2008)

Las resinas fuertemente ácidas presentan las siguientes selectividades (en orden decreciente de preferencia) hacia los diferentes cationes: bario, plomo, calcio, níquel, cadmio, cobre, zinc, magnesio, potasio, amoníaco, sodio e hidrógeno. Por otra parte las resinas débilmente ácidas, cumplen una función similar a las resinas fuertemente ácidas, con la desventaja de que su uso es mucho más limitado que el otro grupo de resinas; las resinas débilmente ácidas presentan su selectividad catiónica hacia el: hidrógeno, cobre, calcio, magnesio, potasio y sodio. (REMTAVARES 2008)

La ósmosis inversa, la cual es el proceso de forzar al agua a pasar a través de una membrana semipermeable, constituye una alternativa para la eliminación de metales de corrientes residuales de bajo caudal. (REMTAVARES 2008)

### **Oxidación-reducción**

Las reacciones químicas de oxidación-reducción se emplean para reducir la toxicidad o la solubilidad, o para transformar una sustancia en otra más fácilmente manipulable. Como se ha visto con anterioridad esta operación mayoritariamente se combina con la precipitación química. (REMTAVARES 2008)

Las reacciones químicas de reducción se emplean principalmente para el tratamiento de corrientes que contiene cromo hexavalente, mercurio y plomo. Los agentes reductores más comunes son el dióxido de azufre, sales de sulfitos y sales de hierro. (REMTAVARES 2008)

Si se pretende retirar Zinc, Hierro, Cobre o Manganeseo la cal empleada en la precipitación se puede sustituir por óxido de magnesio. (REMTAVARES 2008)

### **Extracción con disolventes**

El tratamiento con disolventes para la eliminación de metales pesados consiste en la extracción del metal por contacto del efluente contaminado con un disolvente orgánico, seguido de una separación de la fase orgánica del efluente descontaminado. Una vez alcanzada la separación de fases, el disolvente orgánico cargado de metal pesado se pone en contacto con una corriente acuosa para recuperar el metal y permitir la reutilización del disolvente. Esta técnica es utilizada para la recuperación del metal cuando su concentración en la corriente residual es elevada. (IZQUIERDO 2010)

La extracción de cationes se lleva a cabo generalmente por formación de complejos con agentes complejantes ácidos presentes en el disolvente orgánico, mientras que la extracción de aniones se realiza mediante la formación de enlaces iónicos con compuestos alquilamínicos de cadena larga o compuestos de amonio cuaternario presentes en el disolvente orgánico; esta técnica se usó para recuperar parte de los metales pesados presentes en un fango industrial. Para ello, separaron los metales del fango utilizando una disolución ácida que posteriormente fue sometida al procedimiento de extracción con disolventes, en el que se utilizó ácido fosfórico disuelto en keroseno como disolución de extracción. (IZQUIERDO 2010)

Los mayores inconvenientes de esta tecnología son el elevado coste por el gran consumo de disolvente y la contaminación cruzada de la corriente acuosa con el disolvente orgánico. (IZQUIERDO 2010)

### **Adsorción sobre carbón activado**

La adsorción es un proceso en el que átomos, iones o moléculas son retenidas en la superficie de un material. Consiste en un proceso de separación de un soluto presente en una fase líquida o gas que se concentra sobre la superficie de otra fase generalmente sólida. Se considera un fenómeno superficial. Se denomina adsorbato al soluto y adsorbente a la fase sobre la cual se acumula. (IZQUIERDO 2010)

Si bien el carbón activado presenta un elevado potencial para la adsorción de compuestos orgánicos y algunos inorgánicos, su aplicación al tratamiento de aguas

residuales no está muy extendida, y sus usos en este campo suelen ser como tratamiento de afino de una corriente que ha sido previamente tratada en otro proceso, para eliminar parte de la materia orgánica disuelta que permanece tras el tratamiento. Se usa principalmente para eliminar compuestos orgánicos refractarios, así como compuestos inorgánicos residuales como el nitrógeno, sulfuros y metales pesados (Tchobanoglous y col., 2003). La forma más habitual de operación es en columnas de lecho fijo, en las cuales se introduce la disolución conteniendo los solutos a eliminar que quedan retenidos sobre el material que va saturándose con el tiempo. Cuando la concentración en el efluente de la columna alcanza el máximo valor permitido, debe cesarse la alimentación y proceder a la regeneración del lecho de adsorbente. El inconveniente principal de esta operación es el elevado coste del carbón activo, por lo que hace ya algunos años se investigan procesos de adsorción basados en otros materiales de menor coste. (IZQUIERDO 2010)

### **3.3.5 FILTRACIÓN**

La filtración es la operación unitaria que consiste en la separación total de los sólidos suspendidos en el seno de un fluido que es forzado a pasar a través de un medio filtrante el cual puede ser una tela de fibras naturales, sintéticas metálicas. Los poros del medio pueden ser lo suficientemente pequeños para retener los sólidos suspendidos o contenidos en la mezcla (líquido-sólido o gas-líquido). Se forma una torta de sólidos en el filtro y después del depósito inicial la torta misma sirve como el medio de filtración. La filtración se considera por lo tanto como una operación unitaria que ilustra importantes aplicaciones de los principios de la dinámica de fluidos. (MARTIN, SALCEDO y FONT 2011)

El proceso de filtración es aquella operación de separación sólido fluido en la que se produce la separación de partículas sólidas o gotas de líquidos o gases a través de un medio filtrante -filtro, aunque a veces se utiliza en otros procesos de separación. En el caso de filtración sólido-líquido, el líquido separado se denomina filtrado, efluente, permeato o agua clara (MARTIN, SALCEDO y FONT 2011).

Para retener sustancias orgánicas e inorgánicas de tamaño pequeño o medio, que se encuentren en el agua, se utiliza la filtración, ya que es uno de los métodos más efectivos



para la eliminación de impurezas incluyendo hasta metales pesados. La filtración se realiza generalmente por el simple paso del agua a través del filtro el cual retiene las impurezas a través de las oquedades presentes en el medio filtrante y los espacios que se generan entre las partículas de los componentes de filtración. Hay que tener en cuenta que la saturación del filtro a pesar de que puede variar en el tiempo es una constante, por este motivo es recomendable realizar un lavado a contracorriente para su rehabilitación.

En la filtración, el filtro sería un lecho o una lámina porosa que debería tener un tamaño de poro menor al diámetro de las partículas a retener. Al fluido a filtrar se le suele llamar ‘suspensión’, al filtro ‘filtro’ propiamente dicho, ‘capa filtrante’, ‘lecho filtrante’ o ‘membrana’. Al líquido separado de las partículas ‘filtrado’ y al material sólido que queda sobre el filtro ‘retenido’ o ‘residuo’. (NÚÑEZ 2008)

### **Tipos de filtración**

- **Filtración de torta (cake filtration) o comúnmente filtración**, donde las partículas de sólido se acumulan sobre el filtro, donde el medio filtrante posee unos poros que no permiten pasar las partículas de sólidos, formándose una torta. Se pretende separar el sólido del fluido, y en muchas ocasiones el alimento puede proceder de un sedimentador. Es el proceso de filtración por excelencia, donde la torta formada va creciendo, y por tanto, hay que retirarla o eliminarla cada cierto tiempo (MARTIN, SALCEDO y FONT 2011).
- **Filtración de lecho profundo o de medio filtrante (filter bed, bed or deep-bed filtration)**, donde se pretende obtener un efluente clarificado sin partículas finas a partir de un alimento con bajo contenido en sólidos (menor de 0.1 % en peso). En este tipo de filtración, se pretende eliminar sólidos muy finos y muy diluidos mediante circulación a través de un lecho granular con sólidos medios o gruesos. Habitualmente el lecho es de arena, y el ejemplo más común es la eliminación de los sólidos en suspensión en el tratamiento de aguas potables, tras la floculación y sedimentación. Por tanto, no se forma torta, aunque los lechos tendrán que limpiarse periódicamente mediante circulación inversa del fluido (MARTIN, SALCEDO y FONT 2011).

- **Filtración de flujo cruzado o ultrafiltración (screening and cross-flow filtration)**, donde los sólidos (desde 5  $\mu\text{m}$  hasta 0.03  $\mu\text{m}$ ) son separados en flujo tangencial al medio filtrante y separados continuamente sin acumulación sobre el medio filtrante, que son membranas. En este caso, no todo el caudal de líquido pasa a través del medio filtrante, sino que existirá salida tanto de un líquido filtrado (sin solutos) como de una corriente de rechazo, más concentrada en solutos. (MARTIN, SALCEDO y FONT 2011)

Las fuerzas que provocan la filtración puede ser la gravedad o la presión hidrostática (sobre presión o vacío), dado que si no hay fuerza impulsora de presión a través del medio filtrante, no hay caudal de filtrado (ley de Darcy). (MARTIN, SALCEDO y FONT 2011)

### **Características de la filtración**

Dependiendo del tamaño concreto de los sólidos con relación a los poros, la filtración podrá radicarse bien en la superficie del medio filtrante, bien en profundidad (también llamada filtración sobre lecho filtrante) o más generalmente en ambas zonas. La filtración superficial sobre un soporte va acumulando una torta de material de espesor creciente sobre el soporte. Si se prolonga el proceso un tiempo demasiado largo, se provocará que la sequedad de la torta de fango (es decir, la separación de agua) aumente muy lentamente, alcanzando la denominada sequedad límite que caracteriza a un fango dado filtrado a través de un soporte o membrana filtrante concreta.

La filtración en profundidad que emplea lechos de material filtrante es el proceso industrialmente más utilizado en tratamiento de aguas. En el diseño de cualquier filtro industrial se han de considerar varios factores típicos: (GALVÍN y DE SANTOS 2014)

- a) Características del material filtrante (físicas, químicas y geométricas).
- b) Características del agua a filtrar (temperatura, viscosidad, salinidad, fuerza iónica).
- c) Características de los sólidos a filtrar (tamaño, densidad, carga eléctrica).
- d) Uso de coagulantes.
- e) Condiciones de operación del filtro (velocidad de filtración, presión, lavado).

## **Medios filtrantes**

El medio filtrante de cualquier filtro debe cumplir los siguientes requerimientos:

- 1) Retener los sólidos a filtrar, dando lugar a un filtrado razonablemente claro.
- 2) No obstruirse o cegarse.
- 3) Ser químicamente resistente y tener suficiente resistencia física para soportar las condiciones del proceso.
- 4) Permitir que la torta formada se desprenda de una forma limpia y completa
- 5) No ser excesivamente caro.

En la filtración industrial, un medio filtrante frecuente es la tela de lona, de diferentes pesos y modelos de tejido, dependiendo del objetivo que se persiga. Los líquidos corrosivos requieren el empleo de otros medios filtrantes tales como telas de lana, de metal monel o acero inoxidable, de vidrio o de papel. Las fibras sintéticas como nailon, propileno, y varios poliésteres tienen también una elevada resistencia química. (Warren L. McCabe 2007)

En una tela de un tamaño de malla dado, las fibras metálicas o las sintéticas lisas son menos efectivas que las fibras naturales para separar partículas muy finas. Sin embargo, por lo general esto sólo es una desventaja al comienzo de la filtración debido a que, excepto con partículas gruesas y duras que no contienen finos, el medio filtrante real lo constituye la primera capa de sólidos depositados. El filtrado es turbio al principio, pero luego se hace claro. El filtrado turbio se devuelve al tanque que contiene la suspensión para filtrarse de nuevo. (Warren L. McCabe 2007)

## **Coadyuvantes de filtración**

Los sólidos muy finos o mucilaginosos, que forman una torta densa e impermeable, obstruyen con rapidez cualquier medio filtrante que sea suficientemente fino para retenerlos. La filtración práctica de estos materiales requiere que la porosidad de la torta aumente de forma que permita el paso de líquido con una velocidad razonable. Esto se realiza añadiendo un coadyuvante de filtración, tal como sílice de diatomeas, perlita, celulosa de madera purificada u otros sólidos porosos inertes a la suspensión antes de la filtración. El coadyuvante de filtración se separa después de la torta de filtración

disolviendo los sólidos o quemando el coadyuvante. Si los sólidos no tienen valor, se desechan junto con el coadyuvante. Otra forma de utilizar un coadyuvante de filtración es mediante un recubrimiento previo, es decir, depositando una capa del mismo sobre el medio filtrante antes de comenzar la operación. En los filtros discontinuos la capa del material por lo general es delgada, mientras que en un filtro continuo con recubrimiento previo, dicha capa es gruesa y la parte superior de la misma se retira de forma continua con una cuchilla rascadora para exponer una superficie de filtración fresca. Las capas de recubrimiento previo evitan que los sólidos gelatinosos obstruyan el medio filtrante y proporcionan un filtrado claro. El recubrimiento previo es en realidad una parte del medio filtrante y no de la torta. (Warren L. McCabe 2007)

### **Ecuaciones que rigen la filtración**

De acuerdo con la ecuación general de filtración:

$$\frac{dV}{dq} = \frac{g_c \cdot A(-\Delta P)}{(k \cdot V + R_m) \cdot \mu}$$

#### **a) Filtración a presión constante**

En donde:

$$\frac{dV}{d\theta} = \frac{g_c \cdot A(-\Delta P)}{(k \cdot V + R_m) \cdot \mu}$$

y

$$k = \alpha \cdot c/A$$

Expresiones en donde:

$g_c$  = constante universal debido a la gravedad

$A$  = área de filtración

$\Delta P$  = gradiente de presión entre la alimentación de la suspensión y la descarga de filtrado

$V$  = volumen filtrado

$R_m$  = constante, resistencia del medio filtrante

$c$  = concentración de sólidos en la suspensión

$\mu$  = viscosidad de la suspensión

$\theta_f$  = tiempo de filtración en la operación

Expresa que la velocidad en que se realiza una filtración es directamente proporcional al área de filtración “A” y a la caída de presión total ( $-\Delta P$ ), e medio filtrante  $R_m$  y de la viscosidad del filtrado ( $\mu$ ). (NOGUEZ 2005)

#### **b) Filtración a velocidad de flujo constante**

Si la suspensión se alimenta a velocidad constante, entonces:

$$q_o = dV/d\theta = V/\theta = q_o$$

Aplicando la ecuación general de filtración a la ecuación de filtración a velocidad de flujo constante se deduce que:

$$q_o = g_c \cdot A(-\Delta P)/(k \cdot V + R_m) \mu$$

### **3.3.6 BIOSORCIÓN O BIOADSORCIÓN**

La biosorción, es según (VERA 2015); un proceso pasivo de captación de iones metálicos que permite la reutilización de residuos precedentes de procesos agrícolas e industriales; una alternativa ecológicamente amigable.

La biosorción está basada en la propiedad de ciertos tipos de biomasa, que enlazan o acumulan estos contaminantes por diferentes mecanismos. Las biomásas son materiales orgánicos de origen vegetal, animal o microbiano, incluidos los procedentes de sus transformaciones naturales y/o artificiales, que son utilizados como fuente energética. Estas son fuentes de energía limpia y con pocos residuos que, además, son biodegradables. (VERA 2015)

El término bioadsorción hace referencia a un tipo específico de adsorción. En el proceso participan una fase sólida, el bioadsorbente, y una fase líquida, el solvente, que contiene las especies disueltas que conviene separar de la disolución (adsorbatos). Como consecuencia de la elevada afinidad entre el bioadsorbente y el adsorbato, éste es atraído

y retenido sobre el bioadsorbente por una serie de procesos complejos que incluyen la quimisorción, la complejación, la adsorción en superficie y en los poros, el intercambio iónico, la quelación y la adsorción de naturaleza física. (IZQUIERDO 2010)

El término bioacumulación se refiere al proceso activo por el cual los metales son eliminados por la actividad metabólica de un organismo vivo. Los estudios de mecanismos del proceso de biosorción se intensificaron por la necesidad de eliminar metales pesados provenientes de efluentes industriales, como los que derivan de la minería, electroplatinado, o bien para recuperar metales preciosos a partir de soluciones en procesos industriales. (SALA 2010)

Frente a las tecnologías convencionales, el uso de sistemas biológicos para la eliminación de metales pesados en soluciones diluidas, tiene un gran potencial para conseguir mejores resultados y a un menor costo, lo cual ha elevado al desarrollo de estas tecnologías en el último tiempo. (TAPIA, y otros 2011)

Dentro de los tratamientos biológicos, la biosorción es una de las tecnologías más prometedoras para el tratamiento de aguas residuales con bajas concentraciones de metales pesados. (TAPIA, y otros 2011)

### **Ventajas e inconvenientes de la bioadsorción**

Según la fuente (IZQUIERDO 2010); las ventajas más importantes de la bioadsorción frente a otros tratamientos son:

- Se trata de una tecnología de bajo coste, por el reducido coste de los materiales bioadsorbentes, la escasa necesidad de reactivos y el reducido consumo energético del proceso. (IZQUIERDO 2010)
- Presenta una elevada eficacia, especialmente cuando la concentración de metal en el agua residual es baja, situación, por otro lado, en la que las técnicas convencionales se muestran ineficaces. (IZQUIERDO 2010)
- Es posible la regeneración de un gran número de bioadsorbentes, pudiéndose utilizar en ciclos sucesivos de adsorción-desorción. (IZQUIERDO 2010)
- Puede permitir la recuperación del metal tras el proceso de regeneración en el que se obtiene una solución concentrada en el compuesto de interés. (IZQUIERDO 2010)

- Frente a la precipitación, la bioadsorción no genera fangos químicos, y el único residuo del proceso es el bioadsorbente agotado tras sucesivos ciclos de bioadsorción/regeneración. (IZQUIERDO 2010)
- Permite la valorización de residuos que se utilizan como bioadsorbentes.
- Al emplearse materiales residuales de diversa procedencia sin tratamiento previo, y en especial sin carbonización previa, el impacto ambiental se reduce considerablemente frente al de los adsorbentes tradicionales como los carbones activados. (IZQUIERDO 2010)

Según la cita (IZQUIERDO 2010); los inconvenientes más importantes con los que se enfrenta esta tecnología son los siguientes:

- Las técnicas convencionales están ampliamente extendidas y son muy conocidas en diversos sectores industriales, lo que dificulta enormemente su sustitución. (IZQUIERDO 2010)
- Las interacciones de los metales de la disolución y de los bioadsorbentes con otros compuestos presentes en las aguas residuales pueden ocasionar cambios en las capacidades de retención, disminuyendo la eficacia del proceso. Por ello, es importante caracterizar adecuadamente las aguas residuales a tratar para evitar interacciones indeseables, y programar adecuadamente los ciclos de operación, para conseguir el máximo aprovechamiento del sistema manteniendo las condiciones de calidad requeridas al efluente. (IZQUIERDO 2010)
- La selección de los materiales bioadsorbentes debe realizarse atendiendo a la disponibilidad de los mismos en cantidad y reducido coste para conseguir una aplicación extendida de la bioadsorción a nivel industrial. (IZQUIERDO 2010)

### **Mecanismos implicados en la bioadsorción de metales pesados**

#### **- Etapas en el seno de la disolución:**

- a) **Transferencia de materia externa** desde el seno de la disolución hasta la superficie de las partículas de adsorbente. En esta etapa la fuerza impulsora es la diferencia de concentración en la interfaz sólido-líquido que rodea cada partícula y que depende de las condiciones hidrodinámicas externas. (IZQUIERDO 2010)

b) **Mezcla o ausencia de ésta.** Puede dar lugar a un flujo global no uniforme, provocado por la existencia de una distribución de velocidades y la aparición de zonas muertas en el interior del lecho. (IZQUIERDO 2010)

**– Etapas en el interior de la partícula:**

- a) **Difusión a través de los poros.** Se refiere al transporte del adsorbato por el interior de poros de gran tamaño o macroporos. La fuerza impulsora es el gradiente de concentración en el interior de los poros. (IZQUIERDO 2010)
- b) **Difusión en la fase adsorbida o difusión superficial.** Se refiere a la difusión en el interior de poros pequeños en los que las moléculas de adsorbato se encuentran siempre bajo la influencia del campo de fuerza de la superficie del adsorbente. La difusión se produce por transferencias sucesivas de las moléculas entre centros activos. La fuerza impulsora es el gradiente de concentraciones de las especies en su forma adsorbida. (IZQUIERDO 2010)
- c) **Adsorción.** La última etapa del proceso de bioadsorción global es la retención de los metales en la superficie del sólido. Puede tener lugar tanto en la superficie externa como en el interior de los poros. (IZQUIERDO 2010)

### **3.3.7 BIOMASA**

Se conoce con el término de biomasa, al residuo orgánico, es decir; de origen animal o vegetal que ha sufrido una transformación natural o forzada y que generalmente puede ser utilizada como fuente de energía.

El término biomasa incluye toda la materia viva que, sea cuál sea la circunstancia, no es utilizable ni para la alimentación humana ni la de los animales que viven en los ecosistemas naturales. No se incluye dentro de la biomasa a aquella materia que fue viva y que ha sufrido cambios profundos en su composición, tales como los que han tenido lugar durante los procesos de mineralización ocurridos en la formación del carbón y del petróleo. (J. SALGADO 2010)

#### **Origen de la biomasa**

El origen de donde proviene la biomasa, se basa en diversas fuentes que aportan una importante fuente de producto residual. Cuando se habla de las principales fuentes,



no referimos a los campos forestales y lugares en donde se practica la agricultura, en donde se produce biomasa (residuos de materia viva o muerta), usada tanto con fines energéticos como industriales. En industrias donde se procesan granos o en industrias donde se realizan otras actividades, se tienen como resultados residuales industriales los cuales tienen la función principal de generar calor o biocombustibles. (VELÁZQUEZ MARTÍ 2006)

Es necesario diferenciar previamente los conceptos de “biomasa”, “biomasa forestal” y “residuos forestales”, dado que son términos que se usan en ocasiones indistintamente, pero que poseen significados distintos desde el punto de vista técnico. Se denomina biomasa a la materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía aunque puede tener otros usos industriales. Siendo la biomasa forestal aquella que es generada en los montes. La biomasa forestal es susceptible a ser aprovechada de forma industrial. Parte de ella se utiliza como materia prima para su transformación (madera, corcho, pasta de celulosa etc.), otra se utiliza como combustible. Generalmente la extracción de esta biomasa de los montes se denomina aprovechamiento forestal. De la biomasa extraída en el aprovechamiento que llega a la industria una parte se utiliza una para obtener bienes manufacturados, la parte sobrante es residuo industrial. (VELÁZQUEZ MARTÍ 2006)

En la cotidianidad y en nuestros medios resultan subproductos como es el caso de la cascarilla de arroz, café, el bagazo de caña de azúcar, podas de árboles, desechos orgánicos como en mercados, entre otros., en lo que se busca darle un buen uso para la mejora del medio ambiente. (VELÁZQUEZ MARTÍ 2006)

### **Clasificación de la biomasa**

La biomasa se clasifica en:

- Biomasa natural
- Biomasa residual
- Cultivos energéticos

#### **a. La biomasa natural**

La biomasa natural es la que se produce espontáneamente en la naturaleza sin

ningún tipo de intervención humana.

Los recursos generados en las podas naturales de un bosque constituyen un ejemplo de este tipo de biomasa. La utilización de estos recursos requiere de la gestión de su adquisición y transporte hasta la empresa lo que puede provocar que su uso sea inviable económicamente. (PRESIDENTE, DELEGADO DE LA AGENCIA 2015)

El 40 % de la biomasa que se produce en la Tierra, aproximadamente, está en los océanos. En la explotación de esta biomasa cabe vigilar el hecho de no explotar los recursos por encima de la tasa de renovación del ecosistema, ya que si así fuese, el ecosistema se ven afectado de una forma irreversible. (J. SALGADO 2010)

#### **b. Biomasa residual**

- **Biomasa residual seca**

Se incluyen en este grupo los subproductos sólidos no utilizados en las actividades agrícolas, en las forestales y en los procesos de las industrias agroalimentarias y de transformación de la madera y que, por tanto, son considerados residuos. Este es el grupo que en la actualidad presenta un mayor interés desde el punto de vista del aprovechamiento industrial. Algunos ejemplos de este tipo de biomasa son la cascara de almendra, el orujillos, las podas de frutales, el aserrín, etc. (PRESIDENTE, DELEGADO DE LA AGENCIA 2015)

Podemos distinguir fundamentalmente entre: residuos forestales y desechos agrícolas.

- **Residuos forestales**

Los residuos forestales provienen de podas, claras, limpias, entresacas, desbroces, rozas, etc., y su extracción supone ventaja y perjuicios para los montes, que es preciso evaluar y sopesar a la hora de abordar un aprovechamiento integral de las masas forestales, que contemple el aspecto energético. (GÓMEZ 2013)

Entre los beneficios que supone para el bosque la extracción de los residuos cabe destacar:

- a) Se favorece la regeneración natural de las masas.
- b) Se incrementa el crecimiento volumétrico de la madera.
- c) Se obtienen productos maderables de mayor calidad y mejores escuadrías.

- d) Se reduce considerablemente el peligro de incendios y la propagación de los mismos.
- e) Mejora el estado fitosanitario de los montes y se reduce el riesgo de plagas.
- f) Mejoran los hábitats para la caza.
- g) Se potencia el uso recreativo de los montes.
- h) Mejora la estética ambiental.
- i) Se facilita el acceso y los trabajos silvícolas y de extracción, con la consiguiente reducción de los costes de producción.

En cuanto a los posibles perjuicios, se pueden citar:

- a) Aumento del peligro de erosión por la reducción de la cubierta vegetal.
- b) Pérdida de fertilidad por extracción de nutrientes.

No obstante, estos riesgos se pueden minimizar planificando los trabajos de manera racional o actuando en los lugares y condiciones adecuadas y realizando las extracciones de forma moderada. En lo referente a la desfertilización, hay que señalar que en las ramillas finas y hojas se concentra el 80% de los nutrientes minerales de las plantas, por lo que si se consigue dejar en el monte la mayor cantidad posible de esta fracción fina los perjuicios se minimizan. (GÓMEZ 2013)

#### – **Desechos agrícolas**

Estos desechos están constituidos esencialmente por los residuos producidos en los cultivos de cereales y en algunos cultivos de plantas con utilidad industrial textil y oleícola principalmente. Representan un importante potencial de difícil utilización, debido a la gran dispersión de los productos, baja densidad y problemas en la combustión, por lo que su aprovechamiento es más problemático. (GÓMEZ 2013)

La utilización de la paja de los cereales tiene un uso muy diferenciado de acuerdo con las características específicas de las distintas regiones, pero la cantidad que se quema todos los años por falta de demanda es muy importante. (GÓMEZ 2013)

- **Biomasa residual húmeda**

Dentro del concepto de biomasa residual húmeda se consideran los vertidos denominados biodegradables, entre los que se encuentran:

- Los desechos residuales urbanos

- Los desechos industriales
- Los residuos agrícolas y ganaderos (principalmente purines).

– **Desechos urbanos**

Los centros urbanos generan una gran cantidad de biomasa en muchas formas, por ejemplo: residuos alimenticios, papel, cartón, madera y aguas negras. La mayoría de los países centroamericanos carecen de adecuados sistemas para su procesamiento, lo cual genera grandes problemas de contaminación de suelos y cuencas; que sobre todo por la inadecuada disposición de la basura y por sistemas de recolección y tratamiento con costos elevados de operación. (PNUD 2002)

Por otro lado, la basura orgánica en descomposición produce compuestos volátiles (metano, dióxido de carbono, entre otros) que contribuyen a aumentar el efecto invernadero. Estos compuestos tienen un considerable valor energético que puede ser utilizado para la generación de energía "limpia". (PNUD 2002)

Los residuos sólidos urbanos son aquellos que se originan en los núcleos de población como consecuencia de la actividad habitual y diaria del ser humano. Se clasifican en dos grandes grupos:

- Residuos Sólidos Urbanos. RSU
- Aguas Residuales Urbanas, ARU.

Las principales aplicaciones de estos residuos son como fuente de energía, aprovechándolos directamente o transformándolos en otras sustancias combustibles, o como materia prima, para someterlos a un proceso de reciclado y generar otros productos. (J. SALGADO 2010)

Los residuos sólidos urbanos constituyen un caso singular dentro de la biomasa.

Los RSU, están formados por una gran variedad de sustancias, lo que exige que antes de ser utilizados con fines energéticos sea necesario recurrir a un minucioso proceso de separación apartando sustancias como el vidrio, el plástico o los metales, que no sirven como fuente de energía. (J. SALGADO 2010)

Las aguas residuales urbanas, ARU, están formadas por los afluentes líquidas que genera el ser humano en su actividad diaria, se engloban dentro de lo que se ha catalogado como biomasa animal. Se trata de residuos de un contenido en agua muy elevado, razón

por la que su evacuación se realiza en ríos y en el mar. De este proceso se obtiene un residuo denominado lodos de depuradoras, donde se queda la mayor parte de la materia orgánica presente en las aguas residuales. Este residuo se puede procesar para obtener biogás, que a su vez se puede utilizar como combustible. (J. SALGADO 2010)

#### – **Desechos industriales**

Los residuos de tipo orgánico generados en las actividades industriales son muy variados, aunque cuantitativamente la producción real es muy escasa. Podemos destacar los producidos en las siguientes actividades económicas: Industrias de conservación y envase de frutas y legumbres; industrias alimentarias diversas (fabricación de aceite de oliva); fabricación y rectificación de alcoholes y elaboración de bebidas, industrias del corcho, etc., cuyo tratamiento como desechos representan un costo considerable para la industria. Estos residuos son sólidos y líquidos con un alto contenido de azúcares y carbohidratos, los cuales pueden ser convertidos en combustibles gaseosos. (GÓMEZ 2013)

#### – **Desechos agrícolas y ganaderos**

La agricultura genera cantidades considerable de desechos (rastros): se estima que en cuanto a desechos de campo, el porcentaje es más del 60%, y en desecho de proceso, entre 20% y 40%. (GÓMEZ 2013)

Los residuos de la industria agroalimentaria y agrícola, aunque pueda parecer que generan pocos desechos, son suficientes para que se puedan reutilizar en otras industrias del sector. (J. SALGADO 2010)

Por otro lado las granjas producen un elevado volumen de residuos húmedos" en forma de estiércol de animales. (GÓMEZ 2013)

El tratamiento y revalorización de los residuos ganaderos debe ser considerado desde una perspectiva global que integre seguridad alimentaria, sanidad, bienestar animal y respeto ambiental. Estas pautas, aplicables tanto al sistema de gestión definido como a la tecnología utilizada, como al producto final obtenido, son fundamentales para mejorar la productividad. (GÓMEZ 2013)

#### **c. Cultivos Energéticos**

Los cultivos energéticos son cultivos realizados con la única finalidad de producir

biomasa transformable en combustible, agrupados habitualmente en grandes plantaciones de árboles o plantas cultivadas con el fin específico de producir energía. (POSSO 2009)

Adicionalmente, este tipo de cultivos sirve para controlar la erosión y la degradación de los suelos; además puede proveer otros beneficios a los agricultores, y es que dado que las plantas de generación de energía requieren un suministro estable de combustible; los cultivos asociados a ellas pueden proveer un ingreso permanente a los agricultores que decidan diversificar su producción. (POSSO 2009)

Las denominadas granjas energéticas pueden suplir un porcentaje significativo de los requerimientos energéticos mundiales y, al mismo tiempo, revitalizar las economías rurales, proveyendo energía en forma independiente y segura y logrando importantes beneficios ambientales. Las comunidades rurales pueden ser, entonces, energéticamente autosuficientes en un alto grado, a partir de uso racional de los residuos y administrando inteligentemente la biomasa disponible en la localidad. (POSSO 2009)

Entre los cultivos energéticos los que mayor potencial encierran a corto plazo son los de biomasa lignocelulósica, como el cardo, perfectamente adaptado a las tierras de secano. (POSSO 2009)

### **3.3.8 ORIGEN DE EICHHORNIA CRASSIPES**

El centro de origen del Lechuguín parece ser la Amazonia, Brasil, con propagación natural a otras áreas del continente sud-americano. En sus áreas nativas en los neo-trópicos la *Eichhornia crassipes* se ha convertido ocasionalmente en una maleza en las presas o cuerpos de agua naturales donde el régimen hidrológico se ha alterado por las actividades del hombre y/o el nivel de nutrientes en el agua se ha incrementado. El Lechuguín se ha introducido por el hombre en muchos países en los trópicos y subtrópicos donde se ha propagado hasta convertirse en una maleza acuática extremadamente grave desde los 40°N hasta los 45°S. (DELGADO 2012)

En Ecuador se pueden hallar siete especies de plantas acuáticas invasivas, de las cuales seis son consideradas como nativas y una de ellas tiene el carácter de introducida. (GROUP, INVASIVE SPECIES SPECIALIST 2008)

*Eichhornia Crassipes* o Lechuguín es la única planta acuática introducida con el

carácter de invasiva en el Ecuador, pudiendo ser hallada en sus tres regiones costa, sierra y oriente (DELGADO 2012).

### **3.3.9 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA (EICHHORNIA CRASSIPES)**

La combinación de flores bonitas junto con el extraño aspecto de sus hojas (con los pecíolos hinchados convertidos en flotadores y dispuestas de forma helicoidal en una roseta flotante, sobre un tallo reducido a un solo nudo), hacen de *Eichhornia crassipes* una especie muy atractiva como planta ornamental. Sin embargo, sus características fisiológicas y reproductivas la convierten en un peligroso organismo que transforma los ecosistemas que invade y, como consecuencia de esta transformación, produce importantes pérdidas económicas en las actividades humanas (agricultura, navegación, redes de abastecimiento de aguas potables, etc.). Los efectos sobre las actividades humanas y ecosistemas son de tal magnitud que la IUCN (International Union for Conservation of Nature) la ha incluido entre los 100 organismos más perjudiciales del mundo. *Eichhornia crassipes* multiplica vegetativamente, de forma muy activa, mediante estolones, además de propagarse por semillas. (F. R. GARCÍA PABLO 2009)

#### **Identificación taxonómica**

El nombre científico es *Eichhornia crassipes*, de la familia de las Pontederiaceae; se le conoce con el nombre vulgar de Lechuguín y pertenece al reino Plantae y a la división Magnoliophyta. (F. R. GARCÍA PABLO 2009)

#### **Caracteres diagnósticos**

Hojas. Dispuestas en roseta, flotantes, de 5-65 cm, pecioladas, con un limbo plano y ovado, de 2-15 cm, y pecíolos de 3-50 cm inflados.

Flores. Dispuestas en espigas, hermafroditas, de 2,5-5 cm, zigomorfas, con 6 tépalos soldados en un tubo con 6 lóbulos libres, de color violeta o azul, el superior con una mancha oscura con el centro amarillo; 6 estambres, los tres superiores mayores que los tres inferiores, y tres carpelos soldados en un ovario. (F. R. GARCÍA PABLO 2009)

Frutos. Cápsula, con cientos de pequeñas semillas en su interior.

### **Hábitat**

En remansos de aguas tranquilas y eútrofas. Puede encontrarse en numerosos viveros de plantas ornamentales y en jardines públicos y privados.

### **Distribución**

Originaria de Sudamérica, se encuentra naturalizada en numerosas regiones del mundo con clima tropical, subtropical o templado. En muchos lugares se encuentra como planta ornamental en viveros y jardines. (F. R. GARCÍA PABLO 2009)

### **Carácter invasor**

Especie invasora de hábitats acuáticos, incluida en diferentes listas de especies invasoras a causa del alto riesgo para los ecosistemas que coloniza y de los trastornos ambientales que produce. En algunos países está controlada su distribución y venta. (F. R. GARCÍA PABLO 2009)

La planta se caracteriza por la formación de grandes esferas flotantes que normalmente cubren la superficie del agua. Es una de las especies acuáticas más estudiadas, debido a sus características depuradoras y facilidad de proliferación, especialmente en regiones tropicales y subtropicales. (ESPINOZA LEÓN MÓNICA 2009)

Esta planta obtiene del agua todos los nutrientes que requiere para 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. (ESPINOZA LEÓN MÓNICA 2009)

## **4 VISUALIZACIÓN DEL ALCANCE DEL ESTUDIO**

Este trabajo de investigación, está direccionado al estudio de los iones metálicos entre los cuales, por su presencia en las aguas de esta zona, nos enfocamos en los iones de cromo y de plomo; de esta manera se logró vincular este proyecto con los campos teórico, social y económico; generando un aporte importante.

El alcance en lo teórico aportó con información o datos, de una alternativa de



filtración que buscó evaluar y comparar frente a un modelo de filtración comercial, la capacidad de adsorción de la biomasa del Lechuguín (*Eichhornia crassipes*) asociado a dicho modelo, realizado a condiciones normales de presión y temperatura con respecto al flujo.

Este trabajo de investigación aportó en lo social con una pauta, para que los estudiantes, sigan realizando investigaciones que desarrollen las capacidades prácticas y teóricas, y que surjan nuevas variables que abrirían las puertas a investigaciones posteriores, creando un cauce amplio en el ámbito de la bioremediación en cuanto a los problemas tentativos de contaminación por metales pesados en el agua., y por ende estimularía las ideas que obviamente fijará los objetivos en la mejora medioambiental.

En el ámbito económico, se puede interpretar el uso de la biomasa como posible medio filtrante en el plano depurativo comercial de agua contaminada con metales pesados, siempre y cuando con la estandarización de la biomasa del Lechuguín (*Eichhornia crassipes*) y con un estudio adecuado y profundo determinen su viabilidad, proporcionando una fuente natural que por su gran capacidad de reproducción a condiciones ambientales normales y su desecho como maleza sin uso productivo, su costo sería menor con una función muy importante.

## **5 ELABORACIÓN DE HIPÓTESIS Y DEFINICIÓN DE VARIABLES**

### **5.1 HIPOTESIS.**

La biomasa de Lechuguín (*Eichhornia crassipes*) contribuye a la retención de metales pesados en agua contaminada, para evaluar diferentes componentes como modelo de filtración alternativa.

### **5.2 DEFINICIÓN DE VARIABLES**

**Variable independiente:**

Biomasa del Lechuguín (*Eichhornia crassipes*).

**Variable dependiente:**

Eliminación de metales pesados en el agua contaminada.

### 5.3 OPERACIONALIZACIÓN

Variable independiente: Biomasa del Lechuguín ( <i>Eichhornia crassipes</i> )				
CONCEPTUALIZACION	CATEGORIAS	INDICADORES	ITEMS	TECNICA
La biomasa, es resultante del uso de cualquier materia orgánica, sea vegetal o animal. Es así que surge la obtención de la misma, tal vez no tanto por su utilización previa sino que también puede partir del simple secado o marchitación de la misma.	Clasificación de Biomosas	Tipos de biomosas	Biomosas existentes en nuestro entorno	Muestro aleatorio
	Origen de la Biomasa	Taxonomías de Biomasa	Taxonomía específica de la biomasa a utilizar	Muestro estadístico
	Usos de la Biomasa del Lechuguín ( <i>Eichhornia crassipes</i> )	Tipos de usos para la Biomasa del Lechuguín ( <i>Eichhornia crassipes</i> )	Uso que tiene la biomasa del Lechuguín ( <i>Eichhornia crassipes</i> ) según su estado físico	Análisis físico-químicos y microbiológicos
	Propiedades que aporta la biomasa del Lechuguín ( <i>Eichhornia crassipes</i> ).	Características de propiedades que aporta la biomasa del Lechuguín ( <i>Eichhornia crassipes</i> ).	Propiedades que trae consigo la biomasa obtenida a partir del Lechuguín ( <i>Eichhornia crassipes</i> )	Análisis físico-químicos y microbiológicos
<b>Autores:</b> Pablo González, Jonathan Vélez				

<b>Variable Dependiente:</b> Eliminación de metales pesados en el agua contaminada.				
<b>CONCEPTUALIZACION</b>	<b>CATEGORIAS</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>ITEMS</b>	<b>TECNICA</b>
<b>La toxicidad de los metales pesados es muy elevada perjudicando al funcionamiento de los órganos en muchos seres vivos por su cualidad de ser bioacumulables. Estos compuestos en su mayoría son solubles en aguas, lo que facilita en gran manera su ingesta, en ocasiones en grandes cantidades.</b>	Análisis para el agua contaminada con metales.	Tipos de análisis para el agua contaminada con metales.	Determinación del agua contaminada con metales	Análisis físico-químicos
	Factores que originan la contaminación con metales pesados del agua.	Relación entre el origen y consecuencias de metales pesados en el agua	Razón de los principales orígenes de la contaminación con metales pesados del agua	Revisión bibliográfica
	Consecuencias en seres humanos producidas por cantidades altas de metales pesados en el agua	Número de consecuencias en los seres humanos producidas por cantidades altas metales pesados en el agua.	Análisis de metales pesados en el agua	Análisis físico-químicos
	Sistemas para tratar el agua contaminada de metales pesados	Tipos de sistemas para tratar el agua contaminada de metales pesados.	Depuración de aguas contaminadas con metales pesados	Análisis físico-químicos
<b>Autores:</b> Pablo González, Jonathan Vélez				

## **6 DESARROLLO DEL DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

### **6.1 OBJETIVO GENERAL**

Utilizar la biomasa del Lechuguín (*Eichhornia crassipes*) como alternativa de filtrado de metales pesados, en sistemas de filtración comercial.

### **6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar la capacidad de adsorción del Lechuguín (*Eichhornia crassipes*) de los iones de metales pesados.
- Evaluar la capacidad de adsorción del Lechuguín (*Eichhornia crassipes*) en metales pesados en diferentes modelos de sistemas de filtrado.
- Comparar la capacidad de adsorción del Lechuguín (*Eichhornia crassipes*) de metales pesados, en relación a sistemas de filtrados tradicionales.

Para dar cumplimiento a los objetivos descritos, los análisis de metales pesados a en nuestro caso van a ser específicamente el plomo y el cromo por ser los que se encuentran como datos en los análisis del agua que se usará.

### **6.3 CAMPO DE ACCIÓN**

El campo de acción que cubre este proyecto, va direccionado en primera instancia a los laboratorios, para dar indicios a nuevas investigaciones y obtener mejoras en cuanto al uso de la biomasa como medio filtrante de aguas contaminadas con metales pesados.

## 7 DEFINICIÓN Y SELECCIÓN DE MUESTRA

### 7.1 OBTENCIÓN DE LA BIOMASA

Para la obtención de la biomasa muerta de lechuguin se llevó a cabo los siguientes procedimientos:

#### 7.1.1 RECOLECCIÓN DEL MATERIAL

El producto utilizado se lo extrajo del río de Poza Honda en la ciudad de Santa Ana, de los cuales se seleccionaron 150 plantas de Lechuguin (*Eichhornia crassipes*).

#### 7.1.2 PRE-TRATAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA

**Limpieza:** se retiró los elementos que no eran necesarios para la biomasa (basura, otras plantas acuáticas, insectos), luego se enjuagó las muestras en el río para eliminar la mayor cantidad de tierra presente en las raíces de la planta.

**Secado al Ambiente:** una vez seleccionada las plantas a utilizar el experimento, estas fueron secadas al ambiente por un tiempo de dos días a temperatura ambiente, para eliminar parte de la humedad que presenta la planta.

**Separación y Picado:** Una vez transcurrido los dos días de secado al ambiente se separa las raíces de los tallos y hojas, debido a que en este experimento no tomaremos la raíz como parte de la biomasa; luego se procedió a picar de manera manual el tallo junto a las hojas.

**Secado:** luego se lleva a cabo el secado de la muestra en un horno a 60°C durante 16 horas para obtener una eliminación casi total de la humedad del lechuguin.

**Molido:** al finalizar el secado este se lleva a un molido de cuchillos en donde las partes de mayor tamaño serán reducidas hasta un tamaño específico para el experimento.

**Tamizado:** Una vez molido el material este es tamizado en malla #80 el cual ofrece partículas con tamaños variables entre 0,80 mm, los cuales según otros estudios es el tamaño más eficiente para la parte experimental de eliminación de metales pesados.

## **7.2 SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS QUE CONFORMAN LOS SISTEMAS DE FILTRACIÓN COMERCIAL**

En las bibliografías consultadas y asesorías técnicas, se eligió los siguientes medios filtrantes para basar la simulación de los filtros:

- Piola (algodón).- En la conformación de filtrado comercial, existe una etapa que posee piola como medio filtrante; en el caso de la elaboración de los filtros, en vista de no conseguir piola apta para el uso a nivel de laboratorio, se optó por utilizar algodón de grado esterilizado que cumple la misma función la cual es la recepción de materias de un tamaño medio.
- Arena.- Se usó arena de mar obtenida en una distribuidora de materiales para construcción.
- Zeolita.- Este material se obtuvo de un saquillo en el laboratorio de Ecotoxicología de la Universidad Técnica de Manabí de la Escuela de Ingeniería Química, de donde su procedencia es de la compra en Agripac.
- Carbón activado.- El carbón activado es de nivel comercial, adquirido al comprarlo en Manapure, distribuidor autorizado de filtros para tratamiento de agua.

## **7.3 CARACTERIZACIÓN DE LAS MUESTRAS DE AGUA**

### **7.3.1 Muestra de agua para la adsorción de metales pesados (cromo) con biomasa**

**Ensayo:** Se prepararon dos soluciones de Dicromato de Potasio con diferentes concentraciones (1-5 ppm) con la finalidad de ser usadas en las pruebas de adsorción con la biomasa de lechuguin.

### **7.3.2 Muestra de agua para la adsorción de metales pesados (plomo) con biomasa**

**Ensayo:** Se prepararon dos soluciones de acetato de plomo en diferentes concentraciones (1-5 ppm) para ser utilizadas en las pruebas de adsorción con la biomasa de lechuguin.

### **7.3.3 Muestra de agua utilizada en los sistemas de filtración**

**Ensayo:** la muestra de agua utilizada en los sistemas de filtración es una proveniente de PTAR la cual presenta ciertas características (ANEXO 1) posteriormente contaminamos el agua con solución mixta de dicromato de potasio y acetato de plomo en una concentración específica (1ppm)



## 8 RECOLECCIÓN DE DATOS

### 8.1 ADSORCIÓN DE METALES PESADOS DE LA BIOMASA

#### 8.1.1 ADSORCIÓN DEL CROMO

**ENSAYO:** Para lograr la adsorción de cromo mediante la biomasa de lechuguin se preparó una solución de Dicromato de Potasio ( $K_2Cr_2O_7$ ) en proporción de 1-5 ppm (parte por millón). Luego se colocó en un vaso de precipitación 100 ml de la solución ( $K_2Cr_2O_7$ ) y se le agrego 1 gramo de la biomasa de lechuguin seca, después se sometió a una agitación constante de 50 rpm (revoluciones por minuto). Este procedimiento se lo utilizo en cada una de los ensayos a varios intervalos de tiempos (15-30 minutos) y a diferentes concentraciones (1-5 ppm) para luego obtener mediante los respectivos análisis la cantidad de cromo adsorbido por la biomasa en variación con el tiempo.

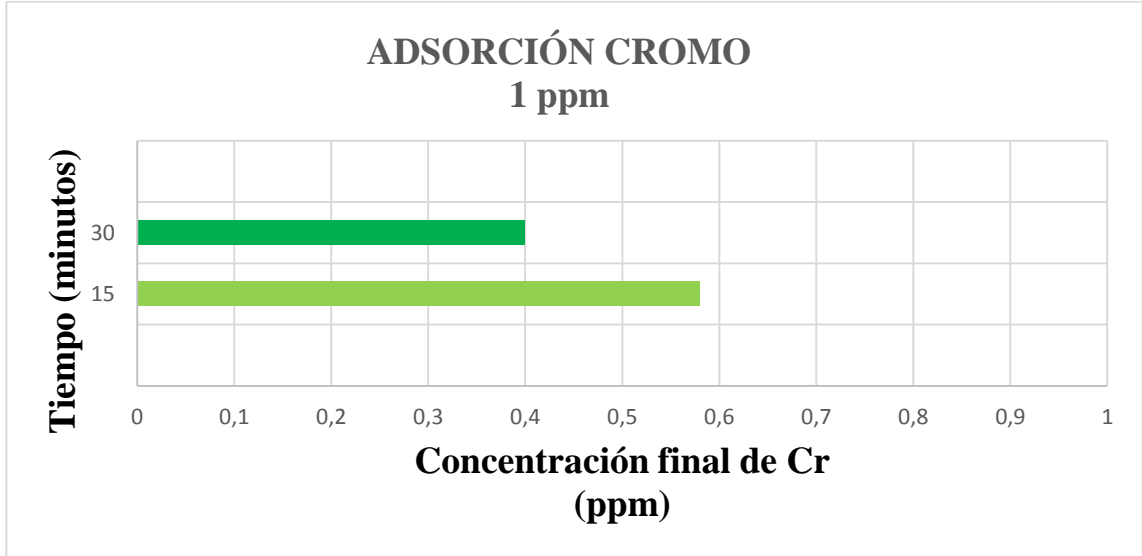
**TABLA 1: RESULTADOS DE LA CAPACIDAD DE ADSORCION**

ADSORCION DE CROMO 1ppm			
ENSAYO	METODO	UNIDAD	RESULTADO
CROMO (BLANCO)	FOTOMETRICO	ml/L	<10 ml/L
ADSORCION DE CROMO (15 Minutos)			
ENSAYO	METODO	UNIDAD	RESULTADO
CROMO	FOTOMETRICO	ml/L	0,58 ml/L
ADSORCION DE CROMO (30 Minutos)			
ENSAYO	METODO	UNIDAD	RESULTADO
CROMO	FOTOMETRICO	ml/L	0,40 ml/L

**Fuente:** GONZÁLEZ P., VÉLEZ J. (2015)

**Elaborado Por:** González García Pablo-Vélez Cedeño Jonathan (2015)

#### GRAFICO 1: CAPACIDAD DE ADSORCION DE CROMO



**Fuente:** GONZÁLEZ P., VÉLEZ J. (2015)

**Elaborado Por:** González García Pablo-Vélez Cedeño Jonathan (2015)

Según los análisis desarrollados en el laboratorio BIOLAB, demuestra que la adsorción de cromo por parte de la biomasa seca de Lechuguín a diferentes intervalos de tiempo, logro su máxima adsorción a los 30 minutos llegando a la saturación o máxima adsorción de parte de la biomasa.

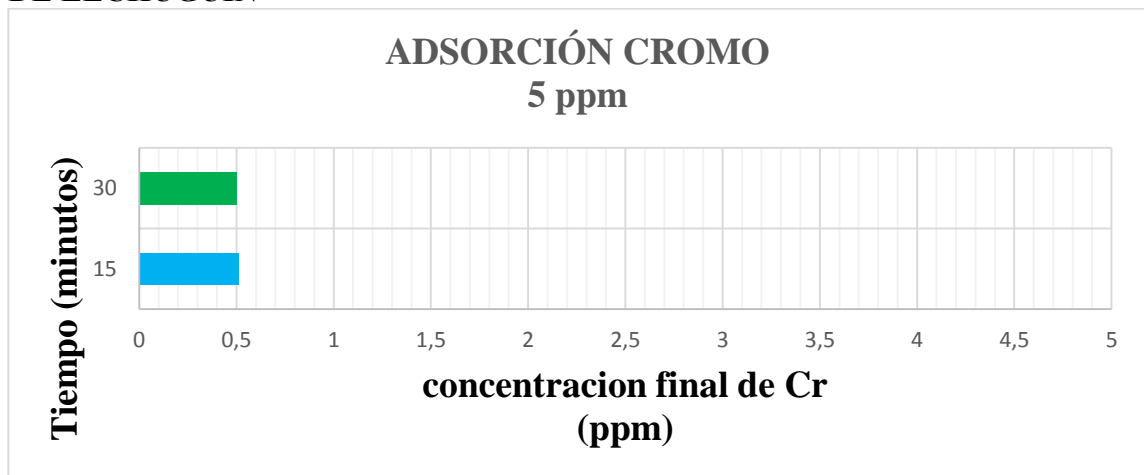
**TABLA 2: RESULTADOS DE LA CAPACIDAD DE ADSORCION DE CROMO**

ADSORCION DE CROMO (MUESTRA INICIAL 5 ppm)			
ENSAYO	METODO	UNIDAD	RESULTADO
CROMO (BLANCO)	FOTOMETRICO	ml/L	<10 ml/L
ADSORCION DE CROMO (15 Minutos)			
ENSAYO	METODO	UNIDAD	RESULTADO
CROMO	FOTOMETRICO	ml/L	0,51 ml/L
ADSORCION DE CROMO (30 Minutos)			
ENSAYO	METODO	UNIDAD	RESULTADO
CROMO	FOTOMETRICO	ml/L	0,50 ml/L

Fuente: GONZALEZ P., VÉLEZ J. (2015)

Elaborado Por: González García Pablo-Vélez Cedeño Jonathan (2015)

**GRAFICO 2: CAPACIDAD DE ADSORCION DE CROMO POR LA BIOMASA DE LECHUGUIN**



Fuente: GONZÁLEZ P., VÉLEZ J. (2015)

Elaborado Por: González García Pablo-Vélez Cedeño Jonathan (2015)

En este gráfico se puede apreciar una concentración similar con respecto a la capacidad de adsorción de la biomasa a los 15 y 30 minutos, esto indica que a una mayor concentración (5 ppm) la capacidad de adsorción del sustrato con respecto al ion de cromo tiene un punto de saturación más rápida, es decir, en un tiempo más corto.

### 8.1.2 ADSORCION DE PLOMO

**ENSAYO:** En el caso para lograr la adsorción de plomo se preparó una solución de Acetato de Plomo ( $Pb(C_2H_3O_2)_2$ ) a diferentes concentraciones. Luego se realizó una agitación constante de 50 rpm. Este procedimiento se lo realizo con las dos concentraciones de la solución a 1-5 ppm de Acetato de Plomo y a diferentes intervalos de tiempo (15-30 minutos), luego se filtró la muestra para separar el sólido del líquido, y finalmente para llevar lo filtrado a los respectivos análisis.

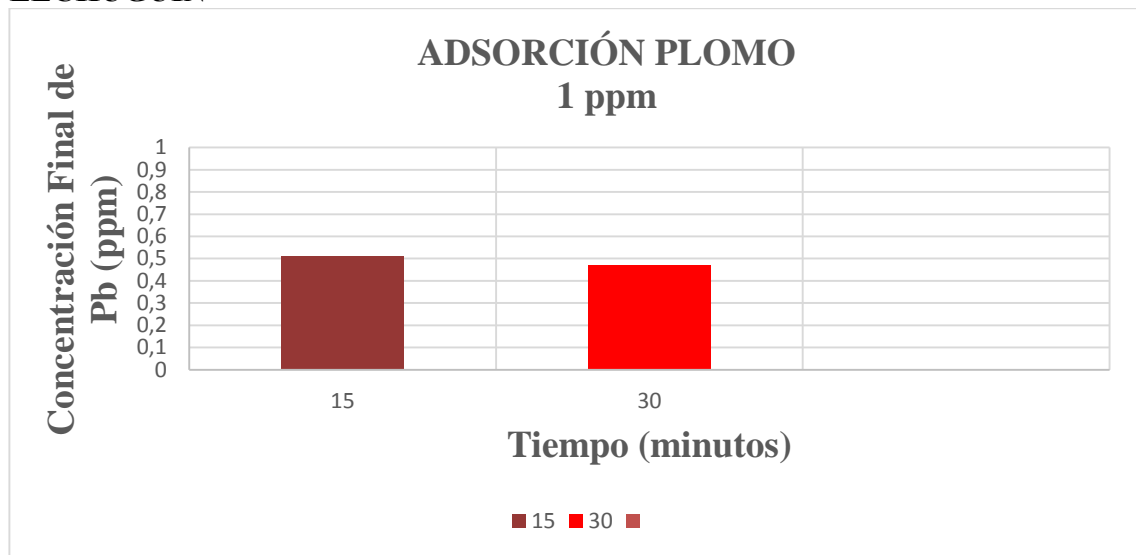
**TABLA 3: RESULTADOS DE LA DE ADSORCION DEL PLOMO**

ENSAYO	METODO	UNIDAD	RESULTADO
PLOMO (BLANCO)	FOTOMETRICO	ml/L	<10 ml/L
ADSORCION DE PLOMO (15 Minutos)			
ENSAYO	METODO	UNIDAD	RESULTADO
PLOMO	FOTOMETRICO	ml/L	0,51 ml/L
ADSORCION DE PLOMO (30 Minutos)			
ENSAYO	METODO	UNIDAD	RESULTADO
PLOMO	FOTOMETRICO	ml/L	0,47 ml/L

**Fuente:** GONZÁLEZ P., VÉLEZ J. (2015)

**Elaborado Por:** González García Pablo-Vélez Cedeño Jonathan (2015)

**GRAFICO 3: CAPACIDAD DE ADSORCION DE PLOMO POR LA BIOMASA DE LECHUGUIN**



**Fuente:** GONZÁLEZ P., VÉLEZ J. (2015)

**Elaborado Por:** González García Pablo-Vélez Cedeño Jonathan (2015)

La variación con respecto a la retención del ion plomo en la biomasa de Lechuguín es muy poca según lo mostrado en este grafico; esto describe una saturación a los 15 minutos del contacto entre la biomasa y la solución de plomo a 1 ppm.

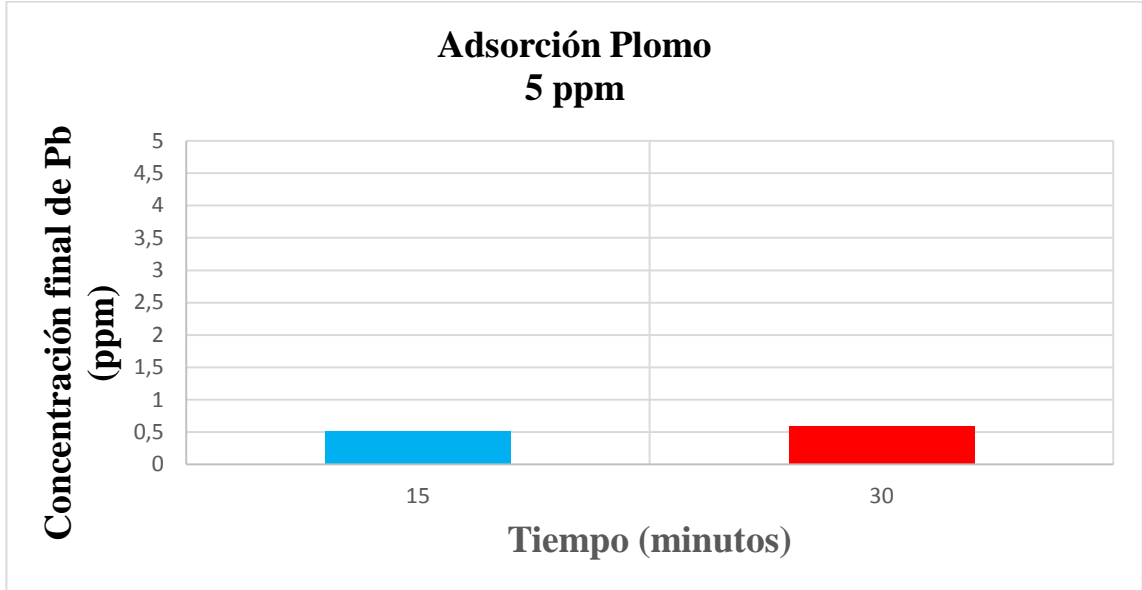
**TABLA 4: RESULTADOS DE ADSORCION DE PLOMO**

ADSORCION DE PLOMO (MUESTRA INICIAL 5 ppm)			
ENSAYO	METODO	UNIDAD	RESULTADO
PLOMO (BLANCO)	FOTOMETRICO	ml/L	<10 ml/L
ADSORCION DE PLOMO (15 Minutos)			
ENSAYO	METODO	UNIDAD	RESULTADO
PLOMO	FOTOMETRICO	ml/L	0,51 ml/L
ADSORCION DE PLOMO (30 Minutos)			
ENSAYO	METODO	UNIDAD	RESULTADO
PLOMO	FOTOMETRICO	ml/L	0,59 ml/L

**Fuente:** GONZÁLEZ P., VÉLEZ J. (2015)

**Elaborado Por:** González García Pablo-Vélez Cedeño Jonathan (2015)

**GRAFICO 4: ADSORCION DE PLOMO POR BIOMASA DE LECHUGUIN**



**Fuente:** GONZÁLEZ P., VÉLEZ J. (2015)

**Elaborado Por:** González García Pablo-Vélez Cedeño Jonathan (2015)

La representación que se describe en la tabla y el gráfico, refleja una retención mayor a los 15 minutos obteniendo un 0,51 en concentración de la muestra; lo que indica una mejor capacidad de adsorción en un tiempo de retención menor con respecto a la concentración del plomo a 5ppm.

## **8.2 COMBINACIONES DE LOS ELEMENTOS PARA FORMAR DISTINTOS SISTEMAS DE FILTRACIÓN**

**Ensayo:** Para la elaboración de los diferentes sistemas de filtración se colocó en el equipo de filtración estos componentes en una proporción igual de volumen y en diferentes combinaciones. Luego se hizo pasar agua contaminada por el sistema de filtración y se procedió a medir la velocidad de filtración, para finalmente tomar el agua filtrada y llevarla a sus respectivos análisis. Las combinaciones que se realizaron con los elementos principales de la filtración son los siguientes en donde también incluimos nuestro componente (BIOMASA DE LECHUGUIN):

- Sistema de filtración comercial (algodón-zeolita-carbón activado)
  - Sistema de filtración comercial (algodón- zeolita-arena-carbón activado)
  - Sistema de filtración comercial (algodón-carbón activado)
  - Sistema de filtración comercial modificado (algodón- biomasa)
  - Sistema de filtración comercial modificado (algodón-arena-biomasa-carbón activado)
- 
- **SISTEMA DE FILTRACIÓN COMERCIAL (ALGODÓN-ZEOLITA-CARBON ACTIVADO)**

**Experimento:** Para la elaboración de este sistema de filtración se escogió la combinación de tres componentes (algodón, zeolita y carbón activado) se colocaron en partes iguales en volumen de 50 ml en el equipo de filtración; luego se vertió 100 ml de muestra contaminada y tomamos nota de la velocidad de filtración, posteriormente del tiempo de filtrado cogemos la muestra y la llevamos a sus respectivos análisis.

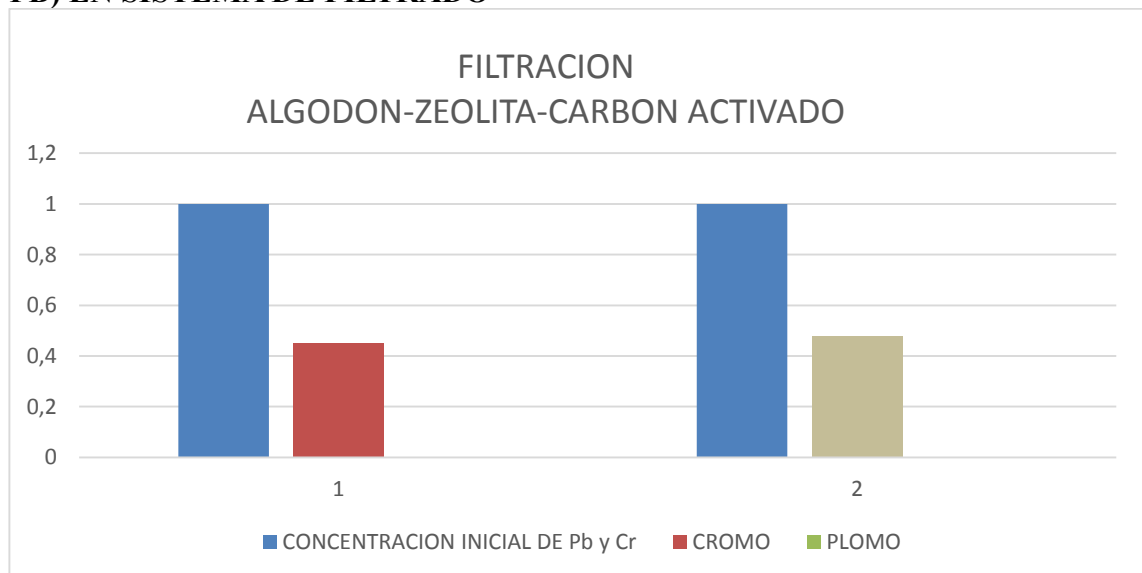
**TABLA 5: RESULTADOS DE ANALISIS DE METALES PESADOS (CR Y PB) EN FILTRADO (ALGODÓN – ZEOLITA- CARBON ACTIVADO)**

ADSORCION DE PLOMO-CROMO (MUESTRA ALGODÓN – ZEOLITA- CARBON ACTIVADO)			
ENSAYO	METODO	UNIDAD	RESULTADO
PLOMO	FOTOMETRICO	ml/L	0,48 ml/L
CROMO	FOTOMETRICO	ml/L	0,45 ml/L

Fuente: GONZÁLEZ P., VÉLEZ J. (2015)

Elaborado Por: González García Pablo-Vélez Cedeño Jonathan (2015)

**GRAFICO 5: RESULTADO DE FILTRACIÓN DE METALES PESADOS (CR Y PB) EN SISTEMA DE FILTRADO**



Fuente: GONZÁLEZ P., VÉLEZ J. (2015)

Elaborado Por: González García Pablo-Vélez Cedeño Jonathan (2015)

En los sistemas de filtración, destaca la adsorción del cromo en el paso de una solución compuesta por cromo y plomo. Esto muestra que la retención del filtro conformado por algodón-zeolita-carbón activado, tiene una mayor selectividad por el ion de cromo.



- **SISTEMA DE FILTRACION COMERCIAL (ALGODÓN-ZEOLITA-ARENA-CARBON ACTIVADO)**

**Experimento:** Sistema de filtración elaborado por componentes principales de un lecho mixto (algodón, zeolita, arena, carbón activado), este sistema conformado por cuatro capas ubicadas en las mismas proporciones de volumen en el que se hace pasar 100 ml de agua contaminada en donde se toma nota de la velocidad de filtración y del líquido filtrado para sus respectivos análisis.

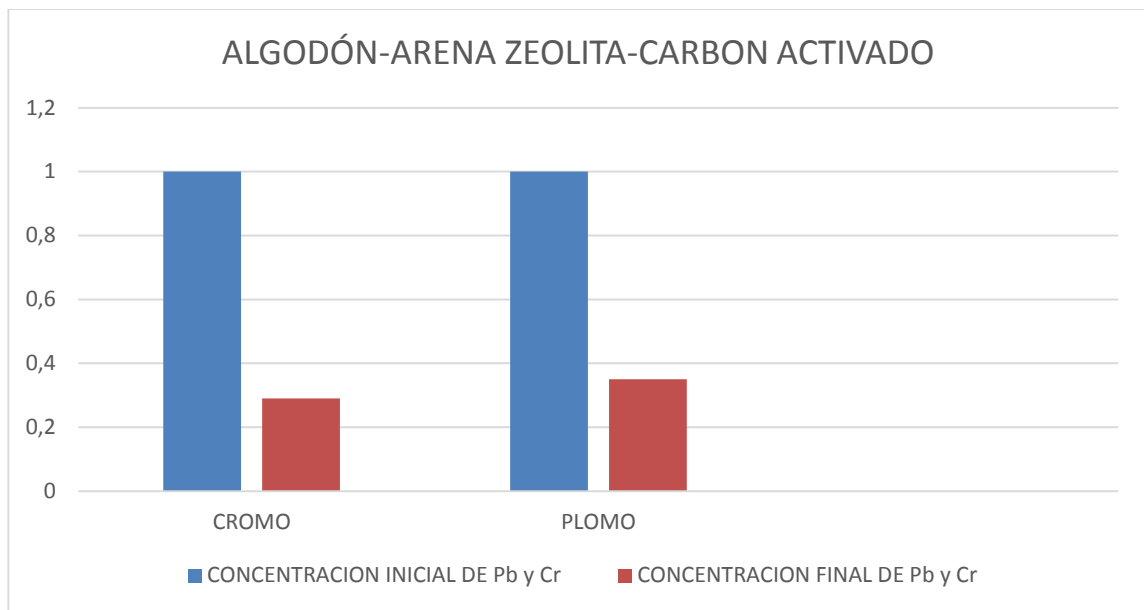
**TABLA 6: RESULTADOS DE ANÁLISIS DE METALES PESADOS (CR Y PB) EN SISTEMA DE FILTRADO (ALGODÓN- ZEOLITA-ARENA-CARBON ACTIVADO)**

ADSORCION DE PLOMO-CROMO (MUESTRA ALGODÓN- ZEOLITA-ARENA-CARBON ACTIVADO)			
ENSAYO	METODO	UNIDAD	RESULTADO
PLOMO	FOTOMETRICO	ml/L	0,35 ml/L
CROMO	FOTOMETRICO	ml/L	0,29 ml/L

**Fuente:** GONZÁLEZ P., VÉLEZ J. (2015)

**Elaborado Por:** González García Pablo-Vélez Cedeño Jonathan (2015)

**GRAFICO 6: RESULTADO DE METALES PESADOS (CR Y PB) EN FILTRADO**



**Fuente:** GONZÁLEZ P., VÉLEZ J. (2015)

**Elaborado Por:** González García Pablo-Vélez Cedeño Jonathan (2015)

La retención en este filtro conformado por algodón-arena-zeolita-carbón activado, tiende a retener en mayor cantidad los iones de cromo, sin embargo en líneas generales tiene una capacidad de retener ambos iones (plomo y cromo) mostrándose como un filtro efectivo en base a sus sustratos.

- **SISTEMA DE FILTRACIÓN COMERCIAL (ALGODÓN-CARBON ACTIVADO)**

**Experimento:** sistema de filtración elaborado con dos componentes fundamentales como son algodón y carbón activado, estos dos elementos se colocaron en volumen de 50 ml en el equipo de filtración, luego se hacen pasar el agua contaminada por el sistema de filtración par finalmente tomar la muestra filtrada y llevar hacer los respectivos análisis.

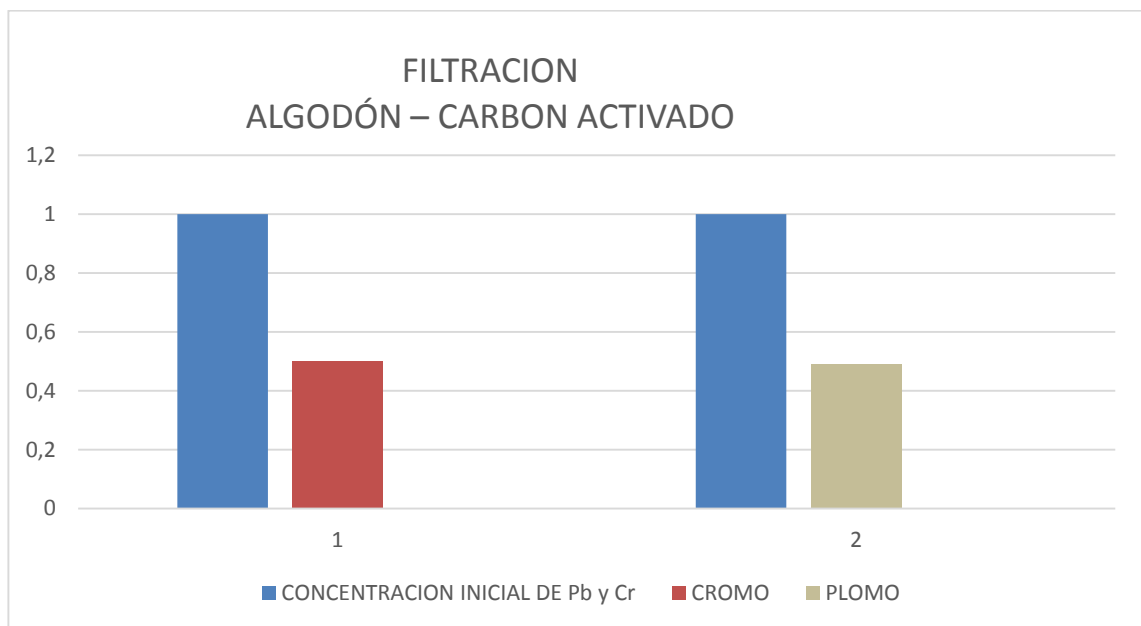
**TABLA 7: RESULTADOS DE METALES PESADOS (CR Y PB) EN SISTEMA DE FILTRADO (ALGODÓN-CARBON ACTIVADO)**

ADSORCION DE PLOMO-CROMO (MUESTRA ALGODÓN-CARBON ACTIVADO)			
ENSAYO	METODO	UNIDAD	RESULTADO
PLOMO	FOTOMETRICO	ml/L	0,49 ml/L
CROMO	FOTOMETRICO	ml/L	0,50 ml/L

Fuente: GONZÁLEZ P., VÉLEZ J. (2015)

Elaborado Por: González García Pablo-Vélez Cedeño Jonathan (2015)

**GRAFICO 7: RESULTADO DE METALES PESADOS (CR Y PB) EN FILTRADO**



Fuente: GONZÁLEZ P., VÉLEZ J. (2015)

Elaborado Por: González García Pablo-Vélez Cedeño Jonathan (2015)

Este filtro muestra una similar concentración en la retención de los iones de plomo y cromo, quedando como el filtro con la menor eficiencia en su propósito con la retención.

- **SISTEMA DE FILTRACIÓN COMERCIAL MODIFICADO (ALGODÓN-BIOMASA)**

**Experimento:** para nuestro sistema de filtración modificado utilizamos el mismo elemento que conforma el sistema de filtración comercial y sustituimos el carbón activado y lo modificamos con la biomasa de Lechuguín en la misma proporción de volumen; luego vertimos el agua contaminada y anotamos la velocidad de filtración y al final cogemos la muestra filtrada y la llevamos a sus respectivos análisis.

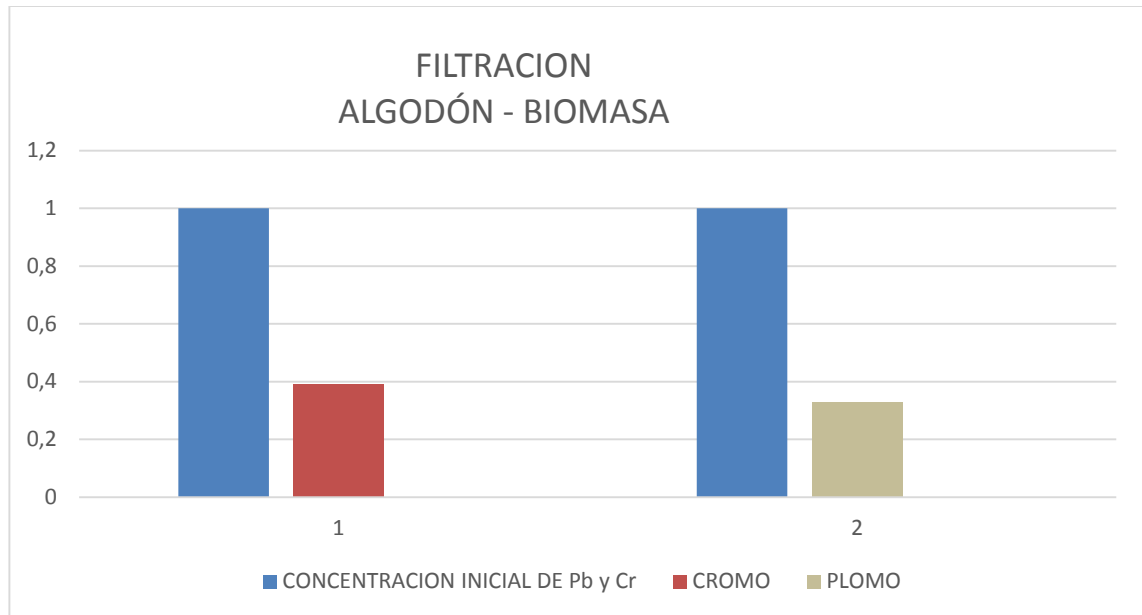
**TABLA 8: RESULTADOS DE ANÁLISIS DE METALES PESADOS (CR Y PB) EN FILTRADO MODIFICADO (ALGODÓN - BIOMASA)**

ADSORCION DE PLOMO-CROMO (MUESTRA ALGODÓN - BIOMASA)			
ENSAYO	METODO	UNIDAD	RESULTADO
PLOMO	FOTOMETRICO	ml/L	0,33 ml/L
CROMO	FOTOMETRICO	ml/L	0,39 ml/L

**Fuente:** GONZÁLEZ P., VÉLEZ J. (2015)

**Elaborado Por:** González García Pablo-Vélez Cedeño Jonathan (2015)

**GRAFICO 8: RESULTADO DE METALES PESADOS (CR Y PB) EN FILTRADO MODIFICADO**



**Fuente:** GONZÁLEZ P., VÉLEZ J. (2015)

**Elaborado Por:** González García Pablo-Vélez Cedeño Jonathan (2015)

Lo representado en el gráfico y la tabla, muestra aun retención mayo en el ion de plomo en base a la solución compuesta. Se destaca que el uso de la biomasa en planos generales es positiva a pesar de su retención más notoria de iones de plomo.

- **SISTEMA DE FILTRACIÓN COMERCIAL MODIFICADO (ALGODÓN-ARENA-BIOMASA-CARBON ACTIVADO)**

**Experimento:** en este sistema de filtración modificado sustituimos la zeolita por nuestro componente (biomasa de Lechuguín) para posteriormente hacer pasar la muestra de agua contaminada y filtrar. Finalmente se toma nota de la velocidad de filtración y la muestra filtrada es llevada a sus respectivos análisis.

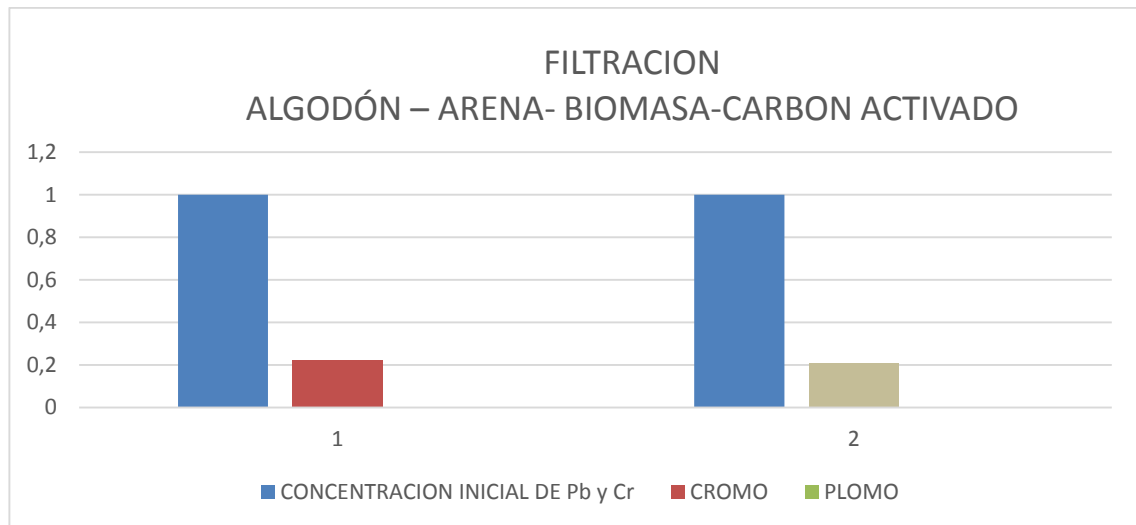
**TABLA 9: RESULTADOS DE ANALISIS DE METALES PESADOS (CR Y PB) EN FILTRADO MODIFICADO (ALGODÓN – ARENA- BIOMASA-CARBON ACTIVADO)**

(MUESTRA ALGODÓN – ARENA- BIOMASA-CARBON ACTIVADO)			
ENSAYO	METODO	UNIDAD	RESULTADO
PLOMO	FOTOMETRICO	ml/L	0,21 ml/L
CROMO	FOTOMETRICO	ml/L	0,22 ml/L

Fuente: GONZÁLEZ P., VÉLEZ J. (2015)

Elaborado Por: González García Pablo-Vélez Cedeño Jonathan (2015)

**GRAFICO 9: RESULTADOS DE METALES PESADOS (CR Y PB) EN FILTRADO MODIFICADO)**



Fuente: GONZÁLEZ P., VÉLEZ J. (2015)

Elaborado Por: González García Pablo-Vélez Cedeño Jonathan (2015)

La conformación de este filtro, muestra una combinación que ayuda a la retención en concentraciones de poca diferencia de ambos iones (plomo y cromo) en un muy buen porcentaje, siendo este filtro el más efectivo con un muy buen porcentaje de retención frente a los otros filtros.

## 9 ANÁLISIS DE LOS DATOS

Una vez realizados los ensayos se procedieron a analizar los datos provenientes de las diferentes evaluaciones.

### 9.1 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ADSORCIÓN DEL LECHUGUÍN (EICHHORNIA CRASSIPES) DE LOS IONES DE METALES PESADOS.

La determinación de la capacidad de adsorción de la biomasa del Lechuguín (*Eichhornia crassipes*) de iones de metales pesados (Plomo y Cromo), se realizó con 1 gramo de biomasa colocada en 100 mililitros de solución de **acetato de plomo** ( $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$ ) para la adsorción del ión Plomo y 1 gramo de biomasa en 100 mililitros de **dicromato de potasio** ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) para la adsorción del ión cromo. Estos ensayos se los realizó agitando cada muestra con un agitador electromagnético (el cual se encuentra en el laboratorio de ecotoxicología de la Universidad Técnica de Manabí), en dos variaciones de tiempo las cuales fueron 15 y 30 min.

**TABLA 10: DATOS DE RELACIÓN ENTRE CAPACIDAD DE ADSORCIÓN Y TIEMPO DE AGITACIÓN**

<b>Dicromato de potasio (<math>\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7</math>)</b>		<b>Acetato de plomo (<math>\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2</math>)</b>	
CONCENTRACIÓN 1 ppm		CONCENTRACIÓN 1 ppm	
15 min	0,58 ml/L	15 min	0,51 ml/L
30 min	0,40 ml/L	30 min	0,47 ml/L
CONCENTRACIÓN 5 ppm		CONCENTRACIÓN 5 ppm	
15 min	0,51 ml/L	15 min	0,51 ml/L
30 min	0,50 ml/L	30 min	0,59 ml/L

**Fuente:** GONZÁLEZ P., VÉLEZ J. (2015)

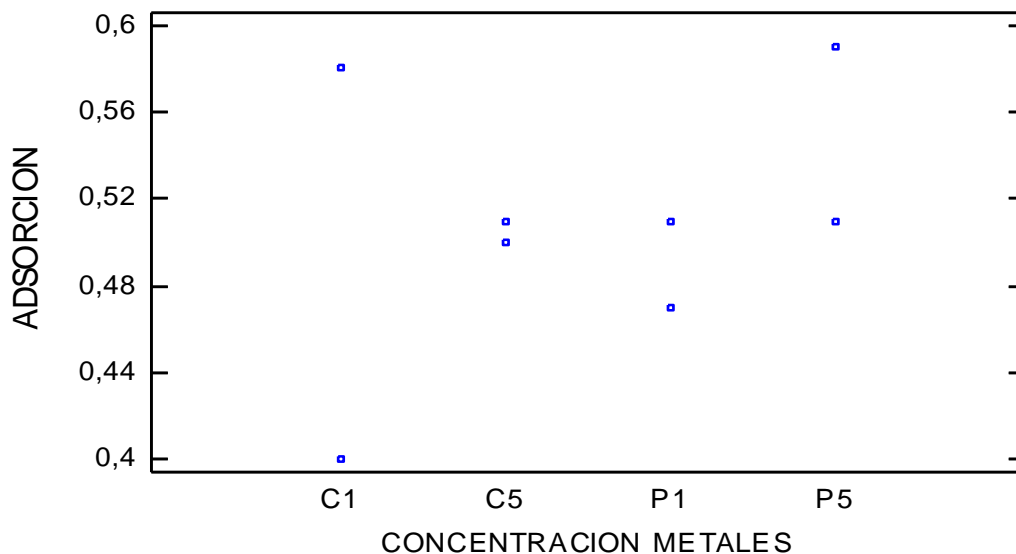
**Elaborado Por:** González García Pablo-Vélez Cedeño Jonathan (2015)

En base a los resultados obtenidos después de los análisis fotométricos, es necesario obtener datos estadísticos que evidencien la adsorción de la biomasa del Lechuguín de los iones metálicos (Plomo y Cromo) para demostrar si existen o no diferencias significativas en cuanto a entre muestras.

La determinación de los datos obtenidos se procesó estadísticamente bajo el software Statgraphics, en donde los resultados se describen a continuación.

Este procedimiento ejecuta un análisis de varianza de un factor para ADSORCION. Construye varias pruebas y gráficas para comparar los valores medios de ADSORCION para los 4 diferentes niveles de CONCENTRACION METALES. La prueba-F en la tabla ANOVA determinará si hay diferencias significativas entre las medias. Si las hay, las Pruebas de Rangos Múltiples le dirán cuáles medias son significativamente diferentes de otras. Si le preocupa la presencia de valores atípicos, puede elegir la Prueba de Kruskal-Wallis la cual compara las medianas en lugar de las medias. Las diferentes gráficas le ayudarán a juzgar la significancia práctica de los resultados, así como le permitirán buscar posibles violaciones de los supuestos subyacentes en el análisis de varianza.

**GRAFICO 10: DISPERSIÓN POR CÓDIGO DE NIVEL**





**TABLA 11: RESUMEN ESTADÍSTICO PARA ADSORCIÓN**

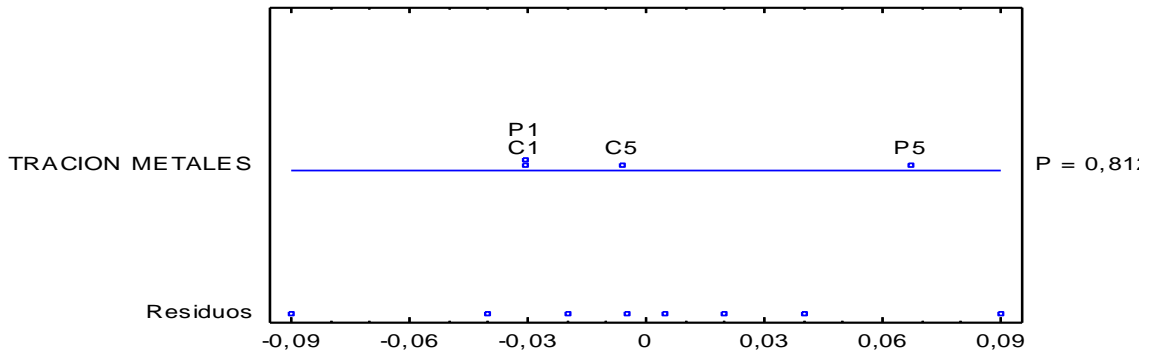
<i>CONCENTRACION METALES</i>	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
C1	2	0,49	0,127279	25,9754%	0,4	0,58
C5	2	0,505	0,00707107	1,40021%	0,5	0,51
P1	2	0,49	0,0282843	5,7723%	0,47	0,51
P5	2	0,55	0,0565685	10,2852%	0,51	0,59
Total	8	0,50875	0,0598659	11,7673%	0,4	0,59

<i>CONCENTRACION METALES</i>	<i>Rango</i>	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
C1	0,18		
C5	0,01		
P1	0,04		
P5	0,08		
Total	0,19	-0,458129	0,430129

Esta tabla muestra diferentes estadísticos de ADSORCIÓN para cada uno de los 4 niveles de CONCENTRACION METALES. La intención principal del análisis de varianza de un factor es la de comparar las medias de los diferentes niveles, enlistados aquí bajo la columna de Promedio.

Hay una diferencia de más de 3 a 1 entre la desviación estándar más pequeña y la más grande. Esto puede causar problemas puesto que el análisis de varianza asume que las desviaciones estándar de todos los niveles es igual. Seleccione Verificación de Varianza de la lista de Opciones Tabulares para ejecutar una prueba estadística formal para la diferencia entre las sigmas. Podría considerar transformar los valores de ADSORCIÓN para eliminar cualquier dependencia de la desviación estándar de la media.

**GRAFICO 11: ANOVA GRÁFICO PARA ADSORCIÓN**

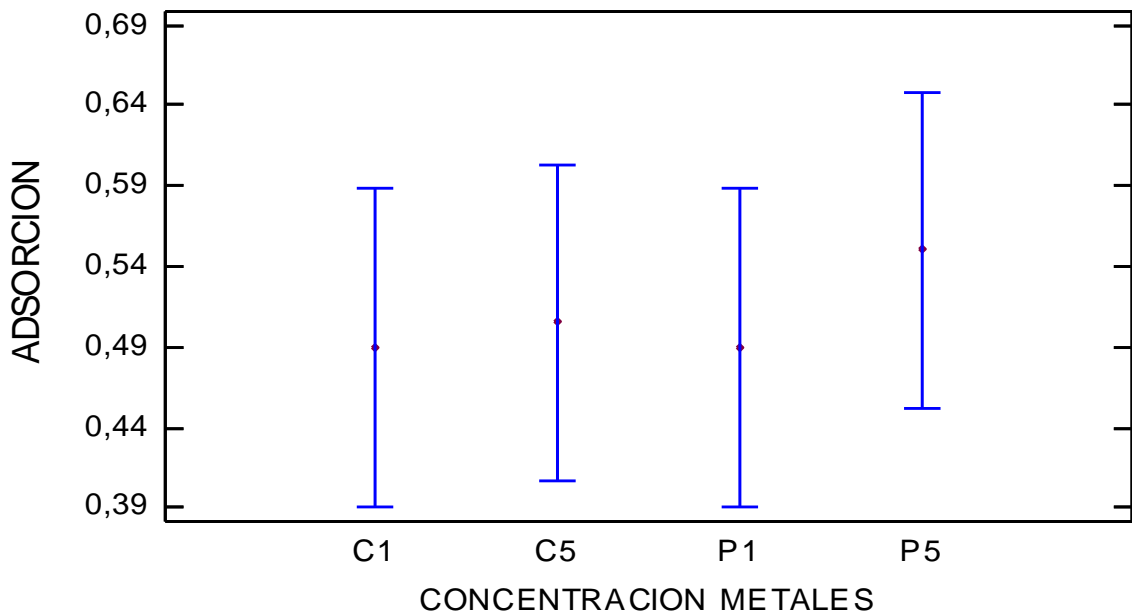


**TABLA 12: ANOVA PARA ADSORCIÓN POR CONCENTRACIÓN METALES**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>l</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0,0048375		0,0016125	0,32	0,8128
Intra grupos	0,02025		0,0050625		
Total (Corr.)	0,0250875				

La tabla ANOVA descompone la varianza de ADSORCION en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 0,318519, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de ADSORCION entre un nivel de CONCENTRACION METALES y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

**GRAFICO 12: MEDIAS Y 95% DE FISHER LSD**



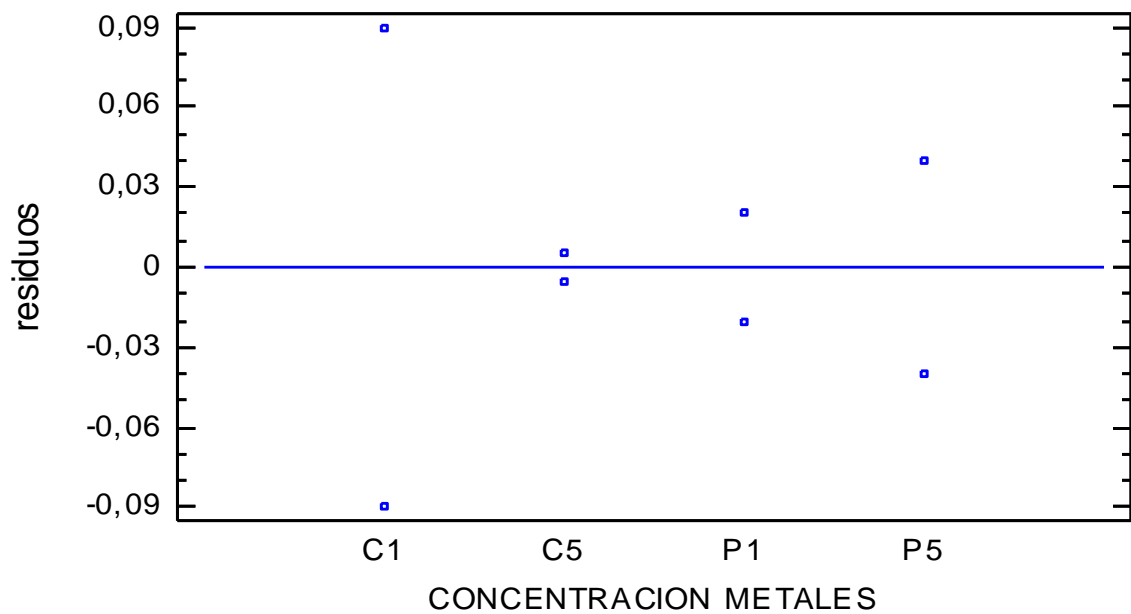
**TABLA 13: MEDIAS PARA ADSORCION POR CONCENTRACION METALES CON INTERVALOS DE CONFIANZA DEL 95,0%**

			<i>Error Est.</i>		
<i>Nivel</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>(s agrupada)</i>	<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>
C1	2	0,49	0,0503115	0,391226	0,588774
C5	2	0,505	0,0503115	0,406226	0,603774
P1	2	0,49	0,0503115	0,391226	0,588774
P5	2	0,55	0,0503115	0,451226	0,648774
Total	8	0,50875			

Esta tabla muestra la media de ADSORCION para cada nivel de CONCENTRACION METALES. También muestra el error estándar de cada media, el cual es una medida de la variabilidad de su muestreo. El error estándar es el resultado de dividir la desviación estándar mancomunada entre el número de observaciones en cada nivel. La tabla también muestra un intervalo alrededor de cada media. Los intervalos mostrados actualmente están basados en el procedimiento de la diferencia mínima

significativa (LSD) de Fisher. Están contruidos de tal manera que, si dos medias son iguales, sus intervalos se traslaparán un 95,0% de las veces. Puede ver gráficamente los intervalos seleccionando Gráfico de Medias de la lista de Opciones Gráficas. En las Pruebas de Rangos Múltiples, estos intervalos se usan para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras.

**GRAFICO 13: GRÁFICO DE REIDUOS DE ADSORSIÓN**



**TABLA 14: PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA ADSORCION POR CONCENTRACION METALES**

Método: 95,0 porcentaje LSD

<i>Nivel</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
C1	2	0,49	X
P1	2	0,49	X
C5	2	0,505	X
P5	2	0,55	X

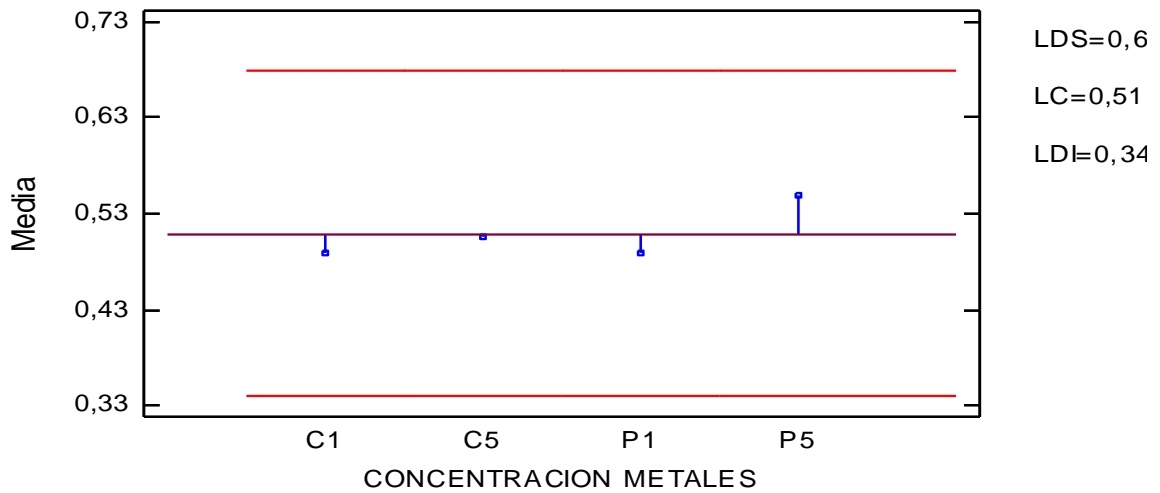
<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
C1 - C5		-0,015	0,197548
C1 - P1		0,0	0,197548
C1 - P5		-0,06	0,197548
C5 - P1		0,015	0,197548
C5 - P5		-0,045	0,197548
P1 - P5		-0,06	0,197548

\* indica una diferencia significativa.

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. No hay diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias, con un nivel del 95,0% de confianza. En la parte superior de la página, se ha identificado un grupo homogéneo, según la alineación de las X's en columna. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.

**GRAFICO 14: GRÁFICO ANOM PARA ADSORSIÓN; CON 95% LÍMITES DE**

## DECISIÓN



**TABLA 15: PRUEBA DE KRUSKAL-WALLIS PARA ADSORCION POR CONCENTRACION METALES**

<i>CONCENTRACION METALES</i>	<i>Tamaño Muestra</i>	<i>Rango Promedio</i>
C1	2	4,0
C5	2	4,0
P1	2	3,5
P5	2	6,5

Estadístico = 1,925 Valor-P = **0,588115**

La prueba de Kruskal-Wallis evalúa la hipótesis de que las medianas de ADSORCION dentro de cada uno de los 4 niveles de CONCENTRACION METALES son iguales. Primero se combinan los datos de todos los niveles y se ordenan de menor a mayor. Luego se calcula el rango (rank) promedio para los datos de cada nivel. Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95,0% de confianza.

## 9.2 EVALUAR LA CAPACIDAD DE ADSORCIÓN DEL LECHUGUÍN (EICHHORNIA CRASSIPES) EN METALES PESADOS EN DIFERENTES MODELOS DE SISTEMAS DE FILTRADO.

El cuadro a continuación se realizó clasificando las concentraciones de plomo y de cromo de las soluciones enlazadas al tiempo de agitación. Esto se realizó en el software de Excel.

El cuadro representa los resultados variables de la adsorción de la biomasa del Lechuguín en diferentes concentraciones y tiempo.

**TABLA 16: EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ADSORCIÓN (CONCENTRACIÓN Y TIEMPO)**

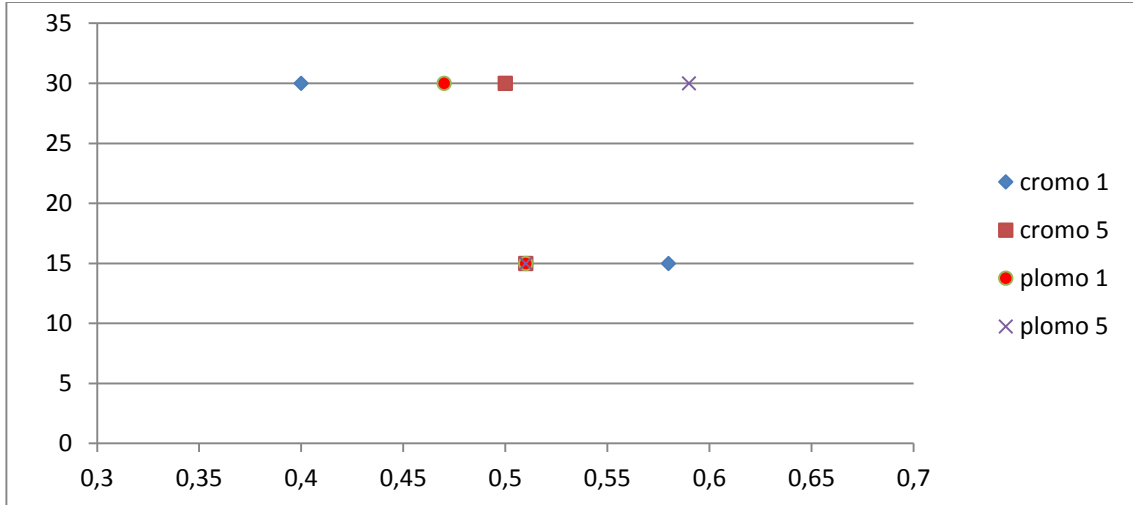
<b>TIEMPO</b>	<b>15</b>	<b>30</b>
<b>chromo 1</b>	0,58	0,4
<b>chromo 5</b>	0,51	0,5
<b>plomo 1</b>	0,51	0,47
<b>plomo 5</b>	0,51	0,59

Fuente: GONZÁLEZ P., VÉLEZ J. (2015)

Elaborado Por: González García Pablo-Vélez Cedeño Jonathan (2015)

En el siguiente gráfico, se muestran reflejadas las distintas concentraciones (1 y 5 ppm) de Plomo y Cromo a 15 y 30 minutos, evidenciando el comportamiento del Lechuguín y la adsorción de los iones metálicos en un lapso de tiempo.

**GRAFICO 15: COMPORTAMIENTO DEL LECHUGUÍN Y LA ADSORCIÓN DE LOS IONES DE PLOMO Y CROMO**



**Fuente:** GONZÁLEZ P., VÉLEZ J. (2015)

**Elaborado Por:** González García Pablo-Vélez Cedeño Jonathan (2015)



### 9.3 COMPARAR LA CAPACIDAD DE ADSORCIÓN DEL LECHUGUÍN (EICHHORNIA CRASSIPES) DE METALES PESADOS, EN RELACIÓN A SISTEMAS DE FILTRADOS TRADICIONALES.

Para compara la capacidad de adsorción de la biomasa del Lechuguín, recurrimos elaboración de filtros con diferentes componentes y así filtrar una muestra de agua contaminada. Los valores son reflejados en la siguiente tabla.

**TABLA 17: CAPACIDAD DE ADSORCIÓN DE PLOMO Y CROMO EN RELACIÓN A SISTEMAS DE FILTRADOS**

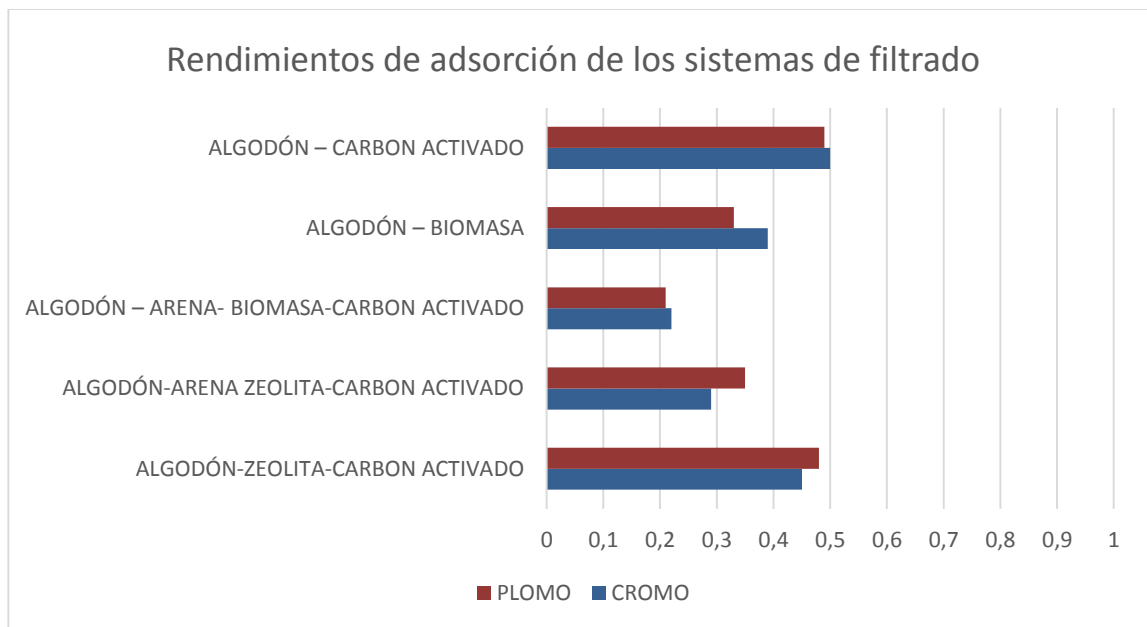
	METALES	CROMO	PLOMO
	CONCENTRACION INICIAL DE Pb y Cr	1 PPM	1 PPM
1	ALGODÓN-ZEOLITA-CARBON ACTIVADO	0,45	0,48
2	ALGODÓN-ARENA ZEOLITA-CARBON ACTIVADO	0,29	0,35
3	ALGODÓN – ARENA- BIOMASA-CARBON ACTIVADO	0,22	0,21
4	ALGODÓN – BIOMASA	0,39	0,33
5	ALGODÓN – CARBON ACTIVADO	0,5	0,49

**Fuente:** GONZÁLEZ P., VÉLEZ J. (2015)

**Elaborado Por:** González García Pablo-Vélez Cedeño Jonathan (2015)

Los datos se encuentran agrupados según los diferentes filtros existentes en este proyecto, en donde se evalúa la retención de los iones de plomo y cromo en cada filtro. La concentración descrita en el gráfico va de 0 a 1 ppm mostrando la efectividad de la combinación de los compuestos en cada filtro y comparación de resultados.

**GRAFICO 16: DIFERENCIA DE EFECTIVIDAD DE ADSORCI**



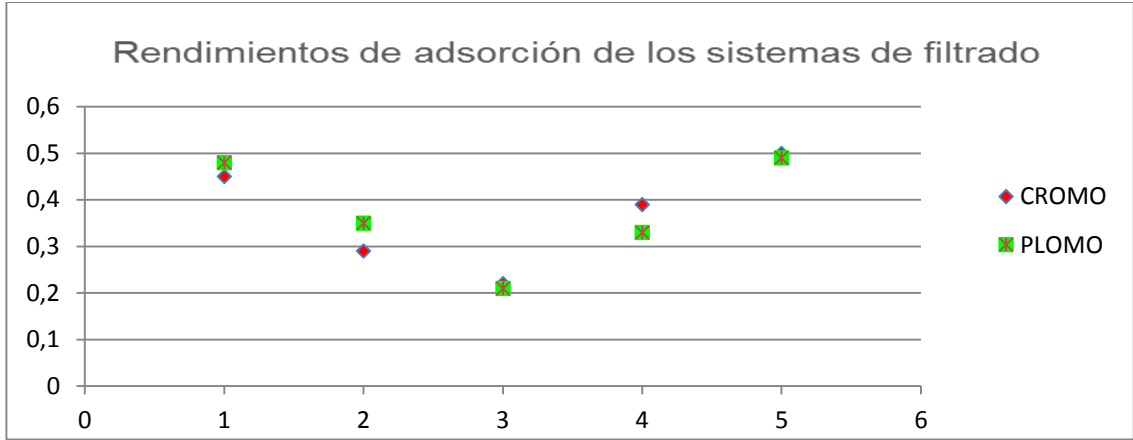
**Fuente:** GONZÁLEZ P., VÉLEZ J. (2015)

**Elaborado Por:** González García Pablo-Vélez Cedeño Jonathan (2015)

Según el gráfico observado, las combinaciones de los filtros de **algodón-carbón activado** y **algodón- zeolita-carbón activado**, tienden a ser similares siendo ambos los que representan una menor retención de iones de plomo y cromo.

Posterior a ellos, el filtro conformado por **algodón-biomasa** tiene una relación discreta con el filtro elaborado de **algodón-arena-zeolita-carbón activado**, demostrando una eficiencia aceptable mientras que el filtro conformado con **algodón-arena-biomasa-carbón activado**, es el que presenta una mayor retención siendo el más efectivo.

**GRÁFICO 17: RENDIMIENTO DE ADSORCIÓN DE LOS SISTEMAS DE FILTRADO**



**Fuente:** GONZÁLEZ P., VÉLEZ J. (2015)

**Elaborado Por:** González García Pablo-Vélez Cedeño Jonathan (2015)

## **10 ELABORACIÓN DEL REPORTE DE LOS RESULTADOS**

### **10.1 DISCUSIÓN**

- La capacidad máxima de adsorción de los metales se da durante los primeros 10 minutos utilizando una granulometría entre 0,18-0,84 mm, la cual era la más óptima para la adsorción según la bibliografía estudiada, todo esto realizado post tratamiento del Lechuguín.
- Las combinaciones de medios filtrantes no proporcionaron grandes diferencias entre ellas en los resultados obtenidos, sin embargo la biomasa de Lechuguín resulto ser en particular un muy buen receptor de metales pesados logrando una notable reducción no siendo el filtro con el componente más efectivo pero tampoco el peor.
- De modo que la biomasa del Lechuguín mostró una efectividad para retener iones de plomo y cromo, encara una competencia natural frente a los sustratos regulares de los filtros comerciales, en donde con una eficiencia notoria su precio sería menor. Es por ello que se ve factible continuar con investigaciones que proporcionen mejoras en base a una posible la fabricación de cartuchos filtrantes, papel filtro o diversas alternativas industriales; las cuales se podrían obtener al aprovechar esta materia en base a celulosas.

## 10.2 CONCLUSIONES

- Se determinó que la capacidad de adsorción de la biomasa del Lechuguín (*Eichhornia crassipes*) frente a los iones de metales pesados tuvo una efectividad considerada como positiva, destacando una captación de iones de plomo y cromo en la biomasa en un porcentaje del 50% en líneas generales. De esta manera se considera una alternativa viable para la depuración de las aguas contaminadas con plomo y cromo.
  
- Se evaluó que la capacidad de adsorción de la biomasa del Lechuguín (*Eichhornia crassipes*) de metales pesados, refleja una aportación en cuanto a su uso como medio filtrante ya que retuvo iones de plomo y cromo en un marco que se considera importante, siendo un 67% y un 61% respectivamente.
  
- En esta tesis se comparó que la capacidad de adsorción de la biomasa del Lechuguín (*Eichhornia crassipes*) frente al conjunto de medios filtrantes de los sistemas de filtrados tradicionales, resaltando que posee esa característica similar en retener iones de plomo y cromo y así observar que a pesar de no ser el más efectivo, tampoco es el de menor rendimiento; siendo su uso más factible debido a su menor costo de adquisición ya que dicha macrófita se encuentra con gran facilidad en cuerpos de agua dulce.

### 10.3 RECOMENDACIONES

- Es recomendable lavar la biomasa de lechuguin seca con agua destilada, porque esta tiende a dificultar la lectura del equipo analítico debido a que durante la filtración provoca turbiedad.
- Se recomienda que para futuras aplicaciones con esta técnica, realizar estudios a variaciones de pH para observar que tanto influye en los resultados de adsorción de metales pesados.
- Aprovechar y estudiar el destino de la biomasa seca utilizada es recomendable para desarrollar algún método físico-químico y conocer las posibilidades de recuperar el metal adsorbido por la biomasa.
- Se recomienda el uso de la biomasa de Lechuguín (*Eichhornia crassipes*) junto con otras macrófitas (consideradas como plagas en los medios acuáticos debido a su rápida reproducción), ya que puede ser positivo si encuentran el control, manejo y una potencialización en su uso como medio filtrante para reducir metales pesados en las aguas contaminadas.
- El uso de este nuevo sistema de filtrado utilizando la biomasa de Lechuguin podría ser llevado a las industrias como un pretratamiento de aguas contaminadas en vez de ser arrojadas a los ríos o mares, por esto se recomienda realizar un estudio más detallado de la cantidad de biomasa y tiempo de retención necesarios para obtener una mayor eficiencia al momento de tratar el agua.

## 11 PRESUPUESTO

### TEMA DE TESIS PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO QUÍMICO:

“APLICACIÓN DE LA BIOMASA DEL LECHUGIN (*Eichhornia crassipes*) COMO ALTERNATIVA DE FILTRADO DE METALES PESADOS EN SISTEMAS DE FILTRACION COMERCIAL”

POSTULANTES: González García Pablo José, Vélez Cedeño Jonathan Fabián.

DESCRIPCIÓN	COSTO EN DÓLARES
Equipos a utilizarse	\$2000,00
Movilización y Transporte	\$100,00
Diseño del filtro	\$400,00
Internet, Impresiones, copias	\$100,00
Análisis de laboratorio	\$900,00
Gastos varios	\$250,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$3750,00</b>

Son: TRES MIL SETECIENTOS CINCUENTA DOLARES AMERICANOS

\_\_\_\_\_  
González García Pablo José

\_\_\_\_\_  
Vélez Cedeño Jonathan Fabián

## 12 CRONOGRAMA

Actividades	FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Elaboración del proyecto		■	■																													
Entrega de proyecto			■																													
Aprobación del proyecto				■																												
Reunión con Director de tesis y tribunal			■	■																												
Recolección del material bibliográfico					■	■	■																									
Revisión de técnicas a realizar								■	■	■	■																					
Presentación del Primer Avance												■																				
Adquisición de equipos, muestras e insumos												■	■	■																		
Elaboración del diseño metodológico															■	■	■															
Ensayos de laboratorio																	■	■														
Análisis de resultados																		■	■													
Reunión con Director de tesis y tribunal																			■													
Presentación del Segundo Avance																				■												
Correcciones generales del trabajo de titulación																				■	■	■										
Entrega del trabajo final																								■								
Corrección del trabajo final																								■								
Fijación de fecha de sustentación																								■								
Sustentación de Tesis Ante el tribunal de evaluación y revisión																												■				



### 13 BIBLIOGRAFÍA

s.f. [http://fjarabo.webs.ull.es/Biomasa/Bio03/Bio03\\_40.htm](http://fjarabo.webs.ull.es/Biomasa/Bio03/Bio03_40.htm) (último acceso: 20 de Febrero de 2015).

s.f. [http://fjarabo.webs.ull.es/Biomasa/Bio03/Bio03\\_50.htm](http://fjarabo.webs.ull.es/Biomasa/Bio03/Bio03_50.htm) (último acceso: 20 de Febrero de 2015).

«2.1 Contaminacion del agua.» En *II Antecedentes*. s.f.

ALCALÁ JORGE, ÁVILA CECILIA. «METALES PESADOS COMO INDICADOR DE IMPACTO DE UN SISTEMA ECOLÓGICO FRAGMENTADO POR USO DE SUELO, SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO.» *REVISTA FCA UNCUYO*, 2012: 17.

Ambientum. *Ambientum.com*. s.f.  
[http://www.ambientum.com/enciclopedia\\_medioambiental/energia/Residuos\\_agricolas\\_y\\_forestales.asp](http://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/energia/Residuos_agricolas_y_forestales.asp) (último acceso: 20 de Febrero de 2015).

ANDREA, PLAZAS GONZALEZ ERICKA. *CURSOS DE ACEITES ESENCIALES*. BOGOTA, 2011.

ANTAY UTANI, JOSÉ CARLOS, y ALONSO SAIRE MARIN. *CUANTIFICACIÓN DE PLOMO EN SANGRE Y PROTOPORFIRINA ZINC ERITROCITARIA EN TRABAJADORES DE EMPRESAS DE SERVICIO DE FOTOCOPIADO QUE FUNCIONAN EN EL CAMPUS UNIVERSITARIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS*. LIMA: UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN MARCOS, 2014.

APARICIO, CALLE -. «ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL.» 2011.  
<http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/16919/3/TESIS%20FINAL.pdf>.

ARELLANO, JAVIER, y JAIME GUZMÁN. *INGENIERÍA AMBIENTAL*. MÉXICO: ALFAOMEGA GRUPO EDITOR, 2011.

ARMAS, TAMARA DE CASTRO, DÉBORA. «IMPACTO DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL SOBRE LOS CULTIVOS: METALES PESADOS.» En *Ciencia y*

- Tecnología de Alimentos Vol. 17, No. 1, 2007, 76, 77. CIUDAD DE LA HABANA: D - Instituto de Investigaciones para la Industria Alimentaria, 2009.*
- ARNAL, NATHALIE. «EFECTOS SOBRE LA COMPOSICIÓN LIPÍDICA Y EL SISTEMA DE DEFENSA ANTIOXIDANTE.» *INTOXICACIÓN POR COBRE*, 2010: 1-3.
- ATSDR. «Cromo.» *Agency for Toxic Substances and Disease Registry*, 2012: 1,2.
- BESEL, S.A. (Departamento de Energía). «Biomasa, Cultivos Energéticos.» *Energías Renovables, Energías de la Biomasa*, 2007: 5.
- «Biomasa Manuales de Energías Renovables.» *BUN-CA*, 2002: 4.
- CAÑIZARES VILLANUEVA, ROSA OLIVIA. «Biosorción de metales pesados mediante el uso de biomasa.» *Revista Latinoamericana de Microbiología*, 2006: 133.
- CAÑIZARES-VILLANUEVA, ROSA OLIVIA. «Biosorción de metales pesados mediante el uso de biomasa.» *Revista Latinoamericana de Microbiología*, 2000: 133.
- Castellanos., Francisco J. Sánchez. *Extracción De Aceites Esenciales*. Bogota, 19, 20 y 21 de Octubre de 2006.
- CICERONE, DANIEL. *CONTAMINACIÓN Y MEDIO AMBIENTE - 1a ed. 1a reimp.* BUENOS AIRES: EUDEBA, 2007.
- COBOS, WENDY, y FÉLIX RODRIGUEZ. *ESTUDIO DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA PARA LA CREACIÓN DE UNA PLANTA GENERADORA DE ENERGIA ELECTRICA LIMPIA, MEDIANTE EL USO DEL BIOGÁS GENERADO POR LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGANICOS DE LA PARROQUIA TARQUI POPULAR DE LA CUIDAD DE GUAYAQUIL*. GUAYAQUIL: UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL, 2015.
- CRISTINA, ARANGO MEJÍA MARIA. *Plantas medicinales: botánica de interés médico*. 2006.
- DELGADO, JUAN MANUEL VERA. «MONITOREO Y CONTROL ECOLOGICO DE LECHUGUINES (*Eichhornia crassipes*) EN EL EMBALSE “LA ESPERANZA”, EN LA.» *PAUTAS A SEGUIR EN EL MONITOREO Y CONTROL DE LECHUGUINES (*Eichhornia crassipes*) EN LOS EMBALSES DEL SISTEMA DE TRASVASES DE MANABÍ (STM): UNA VISIÓN SOCIO AMBIENTAL*, JUNIO de

- 2012: 7.
- DELIO, RISSO MARIA. *TERAPEUTA*. 19 de ENERO de 2013.  
<http://www.terapeuta.es/blogs/119/165/> (último acceso: 22 de FEBRERO de 2015).
- DIANA, MONICA, y ROMERO MARQUEZ. *PLANTAS AROMATICAS: TRATADO DE AROMATERAPIA CIENTIFICA*. BUENOS AIRES: KIER, 2004.
- DOLDÁN-GARCÍA, NAVA-GARCÍA. «Cultivos Energéticos.» *Volumen 11, Número 1*. Santiago de Compostela, s.f. 31.
- DOLORES, PEREZ LAINEZ MARIA. *PERFIL FITOQUIMICO DEL ACEITE ESENCIAL DEL FRUTO DE TEJOCOTE MEXICANO*. Mexico, 2014.
- Domingo, David y Walter. «Jacinto de Agua (Eichhonia.)» s.f.
- E. LEAL-TORRES. A. LOPEZ-MALO, M.E. SOSA-MORALES. «<http://web.udlap.mx/>.» 2013. <http://web.udlap.mx/tsia/files/2013/12/TSIA-71-Leal-Torres-et-al-2013.pdf>.
- «ECODESARROLLO.CL.» *Energias Renovables no convencionales*. s.f.  
<http://ecodesarrollo.cl/portal1/content/view/54/30/> (último acceso: 20 de Febrero de 2015).
- ECURED*. s.f.  
[http://www.ecured.cu/index.php/Anexo:Efecto\\_de\\_los\\_metales\\_pesados\\_en\\_la\\_salud\\_humana](http://www.ecured.cu/index.php/Anexo:Efecto_de_los_metales_pesados_en_la_salud_humana) (último acceso: 20 de Febrero de 2015).
- EDUCARCHILE. *QUE ES LA CONTAMINACION*. SANTIAGO DE CHILE, SANTIAGO, 30 de mayo de 2014.
- eHow en Español*. s.f. [http://www.ehowenespanol.com/metodos-analisis-del-agua-epa-metales-pesados-manera\\_117351/](http://www.ehowenespanol.com/metodos-analisis-del-agua-epa-metales-pesados-manera_117351/) (último acceso: 20 de Febrero de 2015).
- Elizabeth Atehortua, Carmiña Gartner. «ESTUDIOS PRELIMINARES DE LA BIOMASA SECA DE EICHHORNIA CRASSIPES.» En *Revista Colombiana de Materiales N.4*, de eliathe@yahoo.es, 85-86. Antioquia, 2013.
- ESCOBAR CARDENAS LUISA, VILLAMIL ECHEVERRI LAURA. «GESTION SOBRE LOS RECURSOS BIOENERGETICOS (BIOMASA VEGETAL).» 52. Pereira, 2008.
- ESPINOZA LEÓN MÓNICA, LUCERO PERALTA ANA MARÍA. «ESTUDIO DE Eichhornia crassipes, Lemna gibba y Azolla filiculoides EN EL TRATAMIENTO

- BIOLÓGICO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN SISTEMAS COMUNITARIOS Y UNIFAMILIARES DEL CANTÓN COTACACHI.» Ibarra-Ecuador, 2009.
- FONTANA DANIELA, LASCANO VALERIA MARÍA, SOLÁ NANCY, MARTINEZ SAMANTA, VIRGOLINI MIRIAM, MAZZIERI MARIA ROSA. «INTOXICACIÓN POR PLOMO Y SU TRATAMIENTO FARMACOLOGICO.» *Revista de Salud Pública*, 2013: 50,51.
- FRANCISCO, ORTUÑO SANCHEZ MANUEL. *MANUAL PRACTICO DE ACEITES ESENCIALES, AROMAS Y PERFUMES*. MURCIA: AIYANA (ASOCIACIÓN), 2006.
- GALVÍN, RAFAEL MARTÍN, y DÍAS DE SANTOS. «Tratamiento y depuración industrial de aguas.» En *FISICOQUIMICA Y MICROBIOLOGIA DE LOS MEDIOS ACUATICOS*, de Rafael Martín Galvín, 175. MADRID: EDICIONES DIAZ DE SANTOS, 2014.
- GARCÍA PABLO, FERNÁNDEZ ROCÍO , CIRUJANO SANTOS. *MACRÓFITOS*. ANDALUCIA: MARGARITA MARTÍNES ACEVEDO,SACRAMENTO USEO PIERNAS, 2009.
- GARCÍA PABLO, FERNANDEZ ROCÍO, CIRUJANO SANTOS. «Macrofitos.» En *Habitantes del Agua*, 238-241. Andalucía: Margarita Martinez Acevedo, Sacramento Useo Piernas, 2009.
- GARCÍA, MILLY. «BIORREMEDIACIÓN DE CROMO VI DE AGUAS RESIDUALES DE CURTIEMBRES POR PSEUDOMONAS SP Y SU EFECTO SOBRE EL CICLO CELULAR DE ALLIUM CEPA.» *REVISTA MEDICA VALLEJIANA VOLUMEN 4 N° 1* , 2007: 33.
- GERMAN, FERNADEZ. *QUIMICA ORGANICA*. 02 de DICIEMBRE de 2012 . <http://www.quimicaorganica.net/limoneno.html> (último acceso: 15 de ENERO de 2015).
- GÓMEZ, D. JUAN JOSÉ. *WWW.DIPUTOLEDO.ES*. 02 de JULIO de 2013. [http://www.diputoledo.es/global/categoria.php?id\\_area=3&id\\_seg=168&id\\_cat=460&f=460](http://www.diputoledo.es/global/categoria.php?id_area=3&id_seg=168&id_cat=460&f=460).

- GRAU RÍOS, MARIO, y MARÍA GRAU SÁENZ. «Riesgos ambientales en la industria.» En *Riesgos ambientales en la industria*, de GRAU RÍOS MARIO y GRAU SÁENZ MARÍA, 39-42. Madrid: UNED - Universidad Nacional de Educación a Distancia, 2006.
- GROUP, INVASIVE SPECIES SPECIALIST. 6 de AGOSTO de 2008. <http://www.issg.org/database/species/search.asp?sts=sss&st=sss&fr=1&sn> (último acceso: 18 de JUNIO de 2015).
- GYAN FLAVOURS. *GYAN FLAVOURS*. 10 de OCTUBRE de 2012. [http://www.gyanflavoursexport.com/Company\\_Profile.html](http://www.gyanflavoursexport.com/Company_Profile.html) (último acceso: 10 de ENERO de 2015).
- Hernández, Vilma Lisseth Tol. *Comparación de la calidad del aceite esencial crudo de citronela (Cymbopogon winteriana jowitt) en función de la concentración de geraniol obtenido por medio de extracción por arrastre con vapor y maceración*. Guatemala, Abril de 2005.
- HIDALGO, SORAYA HIDALGO. *Reutilización de residuos de rapa para la eliminación de metales tóxicos en efluentes líquidos*. 2006. <http://upcommons.upc.edu/pfc/handle/2099.1/3673>.
- I. MARTIN, R. SALCEDO, R.FONT. «Mecanica de fluidos.» En *OPERACIONES DE SEPARACION SÓLIDO-FLUIDO BASADAS EN EL FLUJO DE FLUIDOS.*, de R. Salcedo, R. Font I. Martín, 14-15. Universidad de Alicante, 2011.
- INEN 212, NTE INEN-ISO. «INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION.» 2013. [http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/EXTRACTO\\_2014/AOC/nte\\_inen\\_iso\\_212extracto.pdf](http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/EXTRACTO_2014/AOC/nte_inen_iso_212extracto.pdf).
- IZQUIERDO, MARTA. *ELIMINACIÓN DEL METALES PESADOS EN AGUAS MEDIANTE BIOADSORCIÓN. EVALUACIÓN DE MATERIALES Y MODELACIÓN DEL PROCESO*. VALENCIA: UNIVERSITAT DE VALÈNCIA, 2010.
- JESUS, PALA PAUL. *CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO DE LOS ACEITES ESENCIALES DEL GÉNERO*. PENINSULA IBERICA, 2011.
- JIMA, PAULO ALEXANDER TORRES. *RESPUESTA DE LA HIERBA BUENA (Mentha*

*piperita L.) A DOS DISTANCIAS DE SIEMBRA Y A LA APLICACIÓN EDÁFICA DE DOS ABONOS ORGÁNICOS MÁS COMPUESTOS MINERALES A TRES DOSIS.*  
Quito, Pichincha, 15 de Enero de 2013.

«La Biomasa en Andalucía.» *Agencia Andaluza de la Energía* , 2013.

«LATIn.» s.f. <http://escritura.proyectolatin.org/introduccion-al-estudio-de-fuentes-renovables-de-energia/61-generalidades-de-biomasa/> (último acceso: 20 de Febrero de 2015).

LEÓN PATRICIA, GOGESCOECHEA TREJO MARÍA DEL CARMEN. *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN II*. XALAPA, VERACRUZANA: UNIVERSIDAD VERACRUZANA, INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA SALUD, 2010.

Lerayne, D. Márquez. *EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE MANDARINA (Citrus Reticulata) UTILIZANDO DIÓXIDO DE CARBONO EN CONDICIÓN SUPERCRÍTICA COMO SOLVENTE*. Caracas, 25 de Abril de 2003.

Louerdés, Meza Angos K., y Vargas Duque G. Geoconda. *EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIBACTERIANA in vitro DEL ACEITE ESENCIA DE HIERBA LUISA (Cymbopogon citratus (DC)STAPF), POACEAE EN UNA FORMULACIÓN COSMÉTICA CON FINALIDAD ANTIACNEÍCA*. Quito , Pichincha , Mayo de 2013.

LUISA ESCOBAR CARDENAS, LAURA VILLAMIL ECHEVERRI. «GESTION SOBRE LOS RECURSOS BIOENERGETICOS (BIOMASA VEGETAL).» 52. Pereira, 2008.

Mabel, Laura, Mónica, Magdalena, Blanca. «TRATAMIENTO TERCIARIO DE AGUAS RESIDUALES POR FILTRACIÓN E INTERCAMBIO IÓNICO.» De Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, 1. Instituto de Ingeniería, UNAM, s.f.

María, León Quiroz Aleida, y Robles Benavides Amanda Jimena. “*ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITES ESENCIALES*”. Ibarra, Imbabura, 16 de Febrero de 2009.

MARTIN, I., R. SALCEDO, y R. FONT. «Mecánica de fluidos.» En *OPERACIONES DE SEPARACION SÓLIDO-FLUIDO BASADAS EN EL FLUJO DE FLUIDOS.*, de R. Salcedo, R. Font I. Martín, 14-15. Universidad de Alicante, 2011.

- Martínez, Francisco Fretes Melisa. «usaid.gov.» junio de 2011.  
[http://www.usaid.gov/sites/default/files/documents/1862/aceites\\_esenciales.pdf](http://www.usaid.gov/sites/default/files/documents/1862/aceites_esenciales.pdf).
- MASTERS, GILBERT, y ELA WENDELL. *INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA MEDIOAMBIENTAL*. MADRID: PEARSON EDUCACION, S.A., 2008.
- MINISTERIO DEL AMBIENTE. *ESPECIES FORESTALES DE LOS BOSQUES SECOS DEL ECUADOR*. QUITO, PICHINCHA, 15 de NOVIEMBRE de 2014.
- MIOD. s.f. <http://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2008/02/02/83698> (último acceso: 20 de Febrero de 2015).
- MONGE ONOFRE, JESÚS VALENZUELA. «BIOSORCIÓN DE COBRE EN SISTEMA POR LOTE Y CONTINUO CON BACTERIAS AEROBIAS INMOVILIZADAS EN ZEOLITA NATURAL (CLINOPTILOLITA).» *REVISTA INTERNACIONAL DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL. VOL 24. NÚMERO 3*, 2008: 108.
- Mora Moscoso, Gabriela Alejandra, y Albuja Torres. *Sistema de Bibliotecas Escuela Politecnica Nacional*. 07 de Julio de 2014. <http://biblioteca.epn.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=12453> (último acceso: 15 de Enero de 2015).
- NEIRA, MIGUEL. *Guía TP 2 Química II*. Santiago de Chile: Facultad de Odontología, Universidad de Chile, 2010.
- NOGUEZ, AUSTREBERTO GUILLERMO CORREA. *Proceso de separación y operaciones unitarias. Tomo I*. MEXICO DF: INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL, 2005.
- Nordberg, Gunnar. «Capítulo 63 Metales: propiedades químicas y toxicidad.» *Enciclopedia de la OIT (D - INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo))*, 2012: 14-18, 39-44.
- NORDBERG, GUNNAR. «Capítulo 63 Metales: propiedades químicas y toxicidad.» *Enciclopedia de la OIT (D - INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo))*, 2012: 14-18, 39-44.
- NÚÑEZ, CARLOS. «OBSERVACIONES SOBRE LA OPERACIÓN DE FILTRACIÓN.» *cenunez.com.ar.2008*. 2008. <http://cenunez.com.ar/archivos/58-Observacionessobrelafiltracin.pdf> (último acceso: 29 de mayo de 2015).
- ORTIZ, Ing. ANTONIO ELEAZAR DÌAZ. *PROPUESTA PARA USO DE LA*

*FITOREMEDIACION PARA LA RECUPERACION DE AREAS CONTAMINADAS POR ACTIVIDADES PETROLERAS, CON ESPECIES VEGETALES EXISTENTES EN EL ESTADO MONAGAS.* Puerto Ordaz: UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL DE GUAYANA, COORDINACIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO EN CIENCIAS AMBIENTALES, 2006, 26.

PALAU, DR. GARCIA. *THC TERAPEUTICO*. 02 de JUNIO de 2014. <http://www.thcterapeutico.com/terpenos-2o-parte/> (último acceso: 10 de Enero de 2015).

PÉREZ, PERLA, y MARÍA AZCONA. «LOS EFECTOS DEL CADMIO EN LA SALUD.» *REVISTA DE ESPECIALIDADES MÉDICO-QUIRÚRGICAS* 17(3), 2012: 199-201.

PNUD. *Manuales sobre energía renovable: Biomasa/ Biomass*. SAN JOSÉ: BUN-CA, 2002.

PNUMA. «Análisis del flujo del comercio y revisión de prácticas de manejo ambientalmente racionales de productos conteniendo cadmio, plomo y mercurio en América Latina y el Caribe .» *PROGRAMA DE NACIONES UNIDAS PARA PROGRAMA DE NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE*, 2010: 58.

POSSO, EDMUNDO R. RECALDE. «CULTIVOS ENERGÉTICOS ALTERNATIVOS.» En *Centro Iberoamericano de Investigación y Transferencia de Tecnología en Oleaginosas*, de JOSÉ M. DURÁN ALTISENT, 53-56. MADRID: GRUPO SERITEX, 2009.

POULIN JESSIE, GIBB HERMAN. «MERCURIO, EVALUACIÓN DE LA CARGA DE MORBILIDAD AMBIENTAL A NIVEL NACIONAL Y LOCAL.» *ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS, SERIE CARGA DE MORBILIDAD AMBIENTAL, N°16)*, 2008: 2.

PRESIDENTE, DELEGADO DE LA AGENCIA. *WWW.DIPUTOLEDO.ES*. 3 de JUNIO de 2015.

[http://www.diputoledo.es/global/categoria.php?id\\_area=3&id\\_seg=168&id\\_cat=460&f=460](http://www.diputoledo.es/global/categoria.php?id_area=3&id_seg=168&id_cat=460&f=460) (último acceso: 3 de JUNIO de 2015).

PRIETO, ZULITA, y otros. «EFECTO GENOTÓXICO DEL DICROMATO DE POTASIO EN ERITROCITOS DE SANGRE PERIFÉRICA DE *Oreochromis niloticus* (TILAPIA).» *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 2008:



51,52.

*Probiomasa*. s.f. <http://www.probiomasa.gob.ar/biomasa.php> (último acceso: 20 de Febrero de 2015).

PROECUADOR, DIRECCION DE INTELIGENCIA COMERCIAL E INVERSIONES. «PROECUADOR.» ABRIL de 2011. <http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2011/09/PROEC-PM2011L-ACEITES-ESENCIALES-EEUU.pdf>.

RAMÍREZ, AUGUSTO. «El cuadro clínico de la intoxicación ocupacional por plomo.» *Revisiones*, 2005: 58.

Ramiro Fonnegra G, Fonnegra Gómez Fonnegra G., Jiménez Ramírez Jiménez R. *PLANTAS MEDICINALES APROBADAS EN COLOMBIA*. BOGOTA, 2007.

REMTAVARES. *Madrimasd.org*. 2 de Febrero de 2008. <http://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2008/02/02/83698> (último acceso: 20 de Febrero de 2015).

Residuos, Tema 13-. «Libro Electronico.» *Ciencias de la tierra y el Medio Ambiente*. s.f. <http://www4.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/13Residu/110ReSolUrb.htm> (último acceso: 20 de Febrero de 2015).

Risalde, D. Fco. Javier Romero. «tipo de biomasa, plantacion y poda de la Vid.» En *CENTRAL TÉRMICA DE BIOMASA DE 5 Mw DE POTENCIA*, 100. s.f.

ROBERT, TISSERAND. *EL ARTE DE LA AROMATERAPIA*. Barcelona: PAIDOS IBERICA, 1994.

ROBLES, MARIA LEON-AMANDA. «UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE.» 2009. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/250/1/03%20AGI%20243%20TE SIS.pdf>.

ROMERO, KARLA. «Contaminación por Metales Pesados.» *Revista Científica, Ciencia Médica*. vol 12, 2009: 45.

ROSS, SHELDON M. *INTRODUCCION A LA ESTADISTICA*. SAN DIEGO, USA: ELSEVIER INC., 2007.

SALA, LUIS. «Biosorción para la eliminación de metales pesados en aguas de desecho.» *Química y Medio Ambiente*, 2010: 114.

- SALGADO, JOSÉ. «GUÍA COMPLETA DE LA BIOMASA Y LOS BIOCOMBUSTIBLES.» En *GUIA COMPLETA DE LA BIOMASA Y LOS BIOCOMBUSTIBLES*, de SALGADO FERNÁNDEZ JOSÉ MARÍA, 60-73. MADRID: ANTONIO MADRID VICENTE EDICIONES, 2010.
- SALGADO, JOSÉ MARÍA FERNANDEZ. «Guía Completa de la Biomasa y Biocombustible.» En *GUIA COMPLETA DE LA BIOMASA Y BIOCOMBUSTIBLE*, 60-73. Madrid: A. MADRID VICENTE EDICIONES, 2010.
- SÁNCHEZ, CLARA ISABEL RUIZ. *DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA PARROQUIA SAN ISIDRO DEL CANTÓN GUANO*. RIOBAMBA: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, 2013.
- Sánchez, Manuel Francisco Ortuño. *Manual práctico de aceites esenciales, aromas y perfumes*. AIYANA, 2006.
- SENPLADES. «Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo SENPLADES.» 2012. [http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/01/matriz\\_productiva\\_WEBtodo.pdf](http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/01/matriz_productiva_WEBtodo.pdf).
- TAPIA, P., M SANTANDER, O PÁVEZ, L VALDERRAMA, D GUZMÁN, y L. ROMERO. «BIOSORCIÓN DE IONES COBRE CON BIOMASA DE ALGAS Y ORUJOS DESHIDRATADOS.» *Revista de Metalurgia (CSICCONSEJO SUPERIOR)*, 2011: 16.
- TORRES, SANDRA. *ESTUDIO DEL APROVECHAMIENTO DEL LECHUGUÍN EICHHORNIA CRASSIPES, DEL EMBALSE DE LA REPRESA DANIEL PALACIOS COMO BIOSORBENTES DE METALES PESADOS EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES*. CUENCA: UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA, SEDE CUENCA, 2009.
- Urien Pinedo, Andrea. «“OBTENCIÓN DE BIOCARBONES Y.» En *Trabajo de Fin de Máster de Investigación*, 13. 2013.
- VELÁZQUEZ MARTÍ, B. «SITUACIÓN DE LOS SISTEMAS DE APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS FORESTALES PARA SU UTILIZACIÓN ENERGÉTICA.» *ECOSISTEMAS, REVISTA CIENTÍFICA Y TÉCNICA DE ECOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE*, 2006: 78.

- VERA, LUISA MAYRA. *SECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR, CIENCIAS, TECNOLOGÍAS E INNOVACIÓN, NOTICIA N°13*. 22 de ABRIL de 2015. <http://prometeo.educacionsuperior.gob.ec/biosorcion-una-alternativa-para-reducir-la-contaminacion/> (último acceso: 05 de JULIO de 2015).
- VIDELA, TOMAS. *PREZY*. 20 de NOVIEMBRE de 2012. <https://prezi.com/mfwopm46fcay/polucion/> (último acceso: 18 de Junio de 2015).
- Villavicencio, Carla Patricia Bernal. «UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO.» 27 de SEPTIEMBRE de 2012. <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/1980/1/105022.pdf>.
- WEBS MEDICAS DE CALIDAD. *WEBS MEDICAS DE CALIDAD*. 16 de FEBRERO de 2014. <http://medciclopedia.net/mapa.htm> (último acceso: 12 de ENERO de 2015).
- [www.olivacordobesa.es](http://www.olivacordobesa.es). «BIOMASA.» s.f.

## 14 ANEXOS



# BIOLAB

---

LABORATORIO CLINICO-BIOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO

**DIVISION CONTROL CALIDAD / AMBIENTAL**  
AV. 24 Y CALLE 9 Y 10 TEL: 2613521 CEL: 997178051  
Email : laboratorioclinicoambiental@biolab@hotmail.com  
Edificio El Condado rezando Oficina 2

<b>FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA :</b>	<b>23 DE JULIO DEL 2015</b>
<b>HORA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA:</b>	<b>8:00</b>
<b>FECHA DE EMISIÓN DEL REPORTE:</b>	<b>24 DE JULIO DEL 2015</b>
<b>CLIENTE:</b>	<b>ING. JONATHAN VELEZ C</b>
<b>MUESTRA :</b>	<b>UTM</b>
<b>CODIGO LABORATORIO:</b>	<b>AGUA FILTRADA</b>
	<b>(ALGODÓN ZEOLITA F</b>
	<b>001013</b>

---

ENSAYO	METODO	UNIDAD	RESULTADO
CROMO	fotometrico	mg/l	0.45mg/L
PLOMO	fotometrico	mg/l	0.48mg/L

**OBSERVACION:** Las muestras fueron remitidas al laboratorio para su análisis respectivo por el cliente. Las muestras fueron analizadas por duplicado y el resultado reportado corresponde a la media aritmética de las mismas.

  
**Eric Janina Benitez**  
**LABORATORISTA**  
CALLE 4 ALTO DEL CONDADO

# BIOLAB



LABORATORIO CLINICO-BIOQUIMICO Y MICROBIOLÓGICO

DIVISION CONTROL CALIDAD / AMBIENTAL

AV. 24 Y CALLE 9 Y 10 TELÉF. 2613521 CEL. 097178051

Email: laboratorio@clinicoambientalbiolab.com

Edificio El Consuelo mesoeste Oficina 2

FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA: 23 DE JULIO DEL 2015  
HORA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA: 8:00  
FECHA DE EMISIÓN DEL REPORTE: 24 DE JULIO DEL 2015  
CLIENTE: ING. JONATHAN VELEZ C  
UTM  
MUESTRA : AGUA FILTRADA  
( ZEOLITA F  
CODIGO LABORATORIO: 001012

ENSAYO	METODO	UNIDAD	RESULTADO
CROMO	fotometrico	mg/l	0.29mg/L
PLOMO	fotometrico	mg/l	0.35mg/L

**OBSERVACION:** Las muestras fueron remitidas al laboratorio para su análisis respectivo por el cliente. Las muestras fueron analizadas por duplicado y el resultado reportado corresponde a la media aritmética de las misenas.

**BIOLAB 2**  
Lic. Janina Benítez  
LABORATORISTA  
FIRMA AUTORIZADA

# BIOLAB



LABORATORIO CLINICO-BIOQUIMICO Y MICROBIOLÓGICO

## DIVISION CONTROL CALIDAD / AMBIENTAL

AV. 24 Y CALLE 9 Y 10 TELÉF 2613521 CEL. 097178051

Email : laboratorioclinicoambiental@biolab@hotmail.com

Edificio El Condado mecanize Oficina 2

FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA: 23 DE JULIO DEL 2015  
HORA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA: 8:00  
FECHA DE EMISIÓN DEL REPORTE: 24 DE JULIO DEL 2015  
CLIENTE: ING. JONATHAN VELEZ C  
UTM  
MUESTRA : AGUA FILTRADA  
( ALGODÓN ARENA B  
CODIGO LABORATORIO: 001011

ENSAYO	METODO	UNIDAD	RESULTADO
CROMO	fotometrico	mg/l	0.22mg/L
PLOMO	fotometrico	mg/l	0.21mg/L

**OBSERVACION:** Las muestras fueron remitidas al laboratorio para su análisis respectivo por el cliente. Las muestras fueron analizadas por duplicado y el resultado reportado corresponde a la media aritmética de las mismas.

BIOLAB 2  
Lic. Yanina Benítez  
LABORATORISTA

--- FIDELIA AUTOGRAFIA ---

# BIOLAB



LABORATORIO CLINICO-BIOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO

## DIVISION CONTROL CALIDAD / AMBIENTAL

AV. 24 Y CALLE 9 V 10 TELEF: 2613521 CEL: 097178051

Email: laboratorioclinicoambiental@biolab.com.cu

Edificio El Condado mezzanine Oficina 2

FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA: 23 DE JULIO DEL 2015  
HORA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA: 8:00  
FECHA DE EMISIÓN DEL REPORTE: 24 DE JULIO DEL 2015  
CLIENTE: ING. JONATHAN VELEZ C  
UTM  
MUESTRA : AGUA SIN FILTRAR  
( BLANCO )  
CODIGO LABORATORIO: 001010

ENSAYO	METODO	UNIDAD	RESULTADO
CROMO	fotometrico	mg/l	< 10 mg/L
PLOMO	fotometrico	mg/l	< 10 mg/L

**OBSERVACION:** Las muestras fueron remitidas al laboratorio para su análisis respectivo por el cliente. Las muestras fueron analizadas por duplicado y el resultado reportado corresponde a la media aritmética de las mismas.

BIOLAB 2  
Lic. Amina Benitez  
LABORATORISTA  
FIGURA AUTORIZADA

# BIOLAB



LABORATORIO CLINICO-BIOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO

## DIVISION CONTROL CALIDAD / AMBIENTAL

AV. 24 Y CALLE 9 Y 10 TEL: EF 2613521 CEL: 997178051

Email: laboratorioclinicoambientalbiolab@hotmail.com

Edificio El Condado Insuarima Oficina 2

FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA: 23 DE JULIO DEL 2015  
HORA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA: 8:00  
FECHA DE EMISIÓN DEL REPORTE: 24 DE JULIO DEL 2015  
CLIENTE: ING. JONATHAN VELEZ C  
UTM  
MUESTRA : AGUA FILTRADA  
(LECHUGIN + ALGODÓN )  
CODIGO LABORATORIO: 001009

ENSAYO	METODO	UNIDAD	RESULTADO
CROMO	fotometrico	mg/l	0.39mg/L
PLOMO	fotometrico	mg/l	0.33mg/L

**OBSERVACION:** Las muestras fueron remitidas al laboratorio para su análisis respectivo por el cliente. Las muestras fueron analizadas por duplicado y el resultado reportado corresponde a la media aritmética de las mismas.

BIOLAB 2  
Lic. Janina Benítez  
LABORATORISTA  
EJECUTA AUTORIZADA



# BIOLAB



LABORATORIO CLINICO-BIOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO

## DIVISION CONTROL CALIDAD / AMBIENTAL

AV. 24 Y CALLE 9 Y 10 TELEF 2613521 CEL. 097178051

Email: laboratorioclinicoambientalbiolab@comcel.com

Edificio El Combato mecatrónica Oficina 2

FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA: 23 DE JULIO DEL 2015  
HORA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA: 8:00  
FECHA DE EMISIÓN DEL REPORTE: 24 DE JULIO DEL 2015  
CLIENTE: ING. JONATHAN VELEZ C  
UTM  
MUESTRA : AGUA FILTRADA  
CODIGO LABORATORIO: 001008

ENSAYO	METODO	UNIDAD	RESULTADO
CROMO	fotométrico	mg/l	0.50mg/L
PLOMO	fotométrico	mg/l	0.49mg/L

**OBSERVACION:** Las muestras fueron remitidas al laboratorio para su análisis respectivo por el cliente. Las muestras fueron analizadas por duplicado y el resultado reportado corresponde a la media aritmética de las mismas.

BIOLAB 2  
Lic. Fabiana Benítez  
LABORATORISTA  
FUGA AUTORIZADA

+

# BIOLAB



LABORATORIO CLINICO-BIOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO

## DIVISION CONTROL CALIDAD / AMBIENTAL

AV. 24 Y CALLE 9 Y 10 TEL: 2613521 CEL: 097178051

Email: laboratorioclinicoambientalbiolab@hotmail.com

Edificio El Condado mecatre Oficina 2

FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA: 23 DE JULIO DEL 2015  
HORA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA: 8:00  
FECHA DE EMISIÓN DEL REPORTE: 24 DE JULIO DEL 2015  
CLIENTE: ING. JONATHAN VELEZ C  
UTM  
MUESTRA : AGUA RESIDUAL  
(5 ppm 15 min )  
CODIGO LABORATORIO: 001007

ENSAYO	METODO	UNIDAD	RESULTADO
CROMO	fotometrico	mg/l	0.51mg/L

**OBSERVACION:** Las muestras fueron remitidas al laboratorio para su análisis respectivo por el cliente. Las muestras fueron analizadas por duplicado y el resultado reportado corresponde a la media aritmética de las mismas.

BIOLAB 2  
Lic. Janina Benítez  
LABORATORISTA  
EJECUTIVA AUTORIZADA

# BIOLAB



LABORATORIO CLINICO-BIOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO

## DIVISION CONTROL CALIDAD / AMBIENTAL

AV. 24 Y CALLE 9 Y 10 TELEF 2613521 CEL: 097178051

Email: laboratorioclinicoambiental.biola@gmail.com

Edificio El Consuelo - azuango Oficina 2

FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA: 23 DE JULIO DEL 2015  
HORA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA: 8:00  
FECHA DE EMISIÓN DEL REPORTE: 24 DE JULIO DEL 2015  
CLIENTE: ING. JONATHAN VELEZ C  
UTM  
MUESTRA : AGUA RESIDUAL  
(1 ppm 30 min )  
CODIGO LABORATORIO: 001006

ENSAYO	METODO	UNIDAD	RESULTADO
CROMO	fotométrico	mg/l	0.40mg/L.

**OBSERVACION:** Las muestras fueron remitidas al laboratorio para su análisis respectivo por el cliente. Las muestras fueron analizadas por duplicado y el resultado reportado corresponde a la media aritmética de las mismas.

BIOLAB  
E. Jaína Benítez  
LABORATORISTA

# BIOLAB



LABORATORIO CLINICO-BIOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO

## DIVISION CONTROL CALIDAD / AMBIENTAL

AV. 24 Y CALLE 9 Y 10 TEL: 2618521 CEL: 097178051


Email: laboratorioclinicoambiental@biolab.com.ec

Edificio El Condado near metro Oficina 2

FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA: 23 DE JULIO DEL 2015  
HORA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA: 8:00  
FECHA DE EMISIÓN DEL REPORTE: 24 DE JULIO DEL 2015  
CLIENTE: ING. JONATHAN VELEZ C  
UTM  
MUESTRA : AGUA RESIDUAL  
(1 ppm 15 min )  
CODIGO LABORATORIO: 001005

ENSAYO	METODO	UNIDAD	RESULTADO
CROMO	fotometrico	mg/l	0.58mg/L

**OBSERVACION:** Las muestras fueron remitidas al laboratorio para su análisis respectivo por el cliente. Las muestras fueron analizadas por duplicado y el resultado reportado corresponde a la media aritmética de las mismas.

  
Lic. Janina Benitez  
LABORATORISTA  
Firma Autorizada

# BIOLAB



LABORATORIO CLINICO-BIOQUIMICO Y MICROBIOLÓGICO

**DIVISION CONTROL CALIDAD / AMBIENTAL**

AV. 24 Y CALLE 9 Y 10 TELÉF: 2613521 CEL: 097178051

Email: laboratorioclinicoambientalbiolab@hotmail.com

Edificio El Cordado suvarre Oficina 2

FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA: 23 DE JULIO DEL 2015  
HORA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA: 8:00  
FECHA DE EMISIÓN DEL REPORTE: 24 DE JULIO DEL 2015  
CLIENTE: ING. JONATHAN VELEZ C  
UTM  
MUESTRA : AGUA RESIDUAL  
(5 ppm 30 min )  
CODIGO LABORATORIO: 001004

ENSAYO	METODO	UNIDAD	RESULTADO
CROMO	fotometrico	mg/l	0.50mg/L

**OBSERVACION:** Las muestras fueron remitidas al laboratorio para su análisis respectivo por el cliente. Las muestras fueron analizadas por duplicado y el resultado reportado corresponde a la media aritmética de las mismas.

  
Lic. Jiliana Benítez  
LABORATORISTA  
FIRMA AUTORIZADA

# BIOLAB



LABORATORIO CLINICO-BIOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO

## DIVISION CONTROL CALIDAD / AMBIENTAL

AV. 24 Y CALLE 9 Y 10 TELEF 2613521 CEL.: 097178051

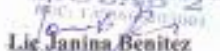
Email: laboratorioclinicoambientalbiolab@hotmail.com

Edificio El Condado moravia Oficina 2

FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA: 23 DE JULIO DEL 2015  
HORA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA: 8:00  
FECHA DE EMISIÓN DEL REPORTE: 24 DE JULIO DEL 2015  
CLIENTE: ING. JONATHAN VELEZ C.  
UTM  
MUESTRA : AGUA RESIDUAL  
(1 ppm 15 min )  
CODIGO LABORATORIO: 001003

ENSAYO	METODO	UNIDAD	RESULTADO
PLOMO	fotométrico	mg/l	0.51mg/L

**OBSERVACION:** Las muestras fueron remitidas al laboratorio para su análisis respectivo por el cliente. Las muestras fueron analizadas por duplicado y el resultado reportado corresponde a la media aritmética de las mismas.

  
Lic. Janina Benitez  
LABORATORISTA

# BIOLAB



LABORATORIO CLINICO-BIOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO

## DIVISION CONTROL CALIDAD / AMBIENTAL

AV. 24 Y CALLE 9 Y 10 TELÉF. 2613521 CEL: 097179051

Email : laboratorioclinicoambiental@biolab.com.ec

Edificio El Condado mezzanine Oficina 2

FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA: 23 DE JULIO DEL 2015  
HORA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA: 8:00  
FECHA DE EMISIÓN DEL REPORTE: 24 DE JULIO DEL 2015  
CLIENTE: ING. JONATHAN VELEZ C  
UTM  
MUESTRA : AGUA RESIDUAL  
(1 ppm 30 min )  
CODIGO LABORATORIO: 001002

ENSAYO	METODO	UNIDAD	RESULTADO
PLOMO	fotométrico	mg/l	0.47mg/L

**OBSERVACION:** Las muestras fueron remitidas al laboratorio para su análisis respectivo por el cliente. Las muestras fueron analizadas por duplicado y el resultado reportado corresponde a la media aritmética de las mismas.

  
Lc. Janina Benítez  
LABORATORISTA

\*\*\* FIDELIA AUTORIZADA \*\*\*

# BIOLAB



LABORATORIO CLINICO-BIOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO

## DIVISION CONTROL CALIDAD / AMBIENTAL

AV. 24 Y CALLE 9 Y 10 TELEF 2613521 CEL: 0971781031


Email : laboratorio@biolab-ambiental.com

Edificio El Costado 2do piso Oficina 2

FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA: 23 DE JULIO DEL 2015  
HORA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA: 8:00  
FECHA DE EMISIÓN DEL REPORTE: 24 DE JULIO DEL 2015  
CLIENTE: ING. JONATHAN VELEZ C  
UTM  
MUESTRA : AGUA RESIDUAL  
(5 ppm 30 min )  
CODIGO LABORATORIO: 001001

ENSAYO	METODO	UNIDAD	RESULTADO
PLOMO	fotometrico	mg/l	0.59mg/L

**OBSERVACION:** Las muestras fueron remitidas al laboratorio para su análisis respectivo por el cliente. Las muestras fueron analizadas por duplicado y el resultado reportado corresponde a la media aritmética de las mismas.

  
Lic. Janina Benitez  
LABORATORISTA







**EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE  
Y ALCANTARILLADO DE PORTOVIEJO EPMAPAP  
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES "P.T.A.R."  
REGISTRO DIARIO DE LABORATORIO**

02/07/2015

MES: JUNIO 2015

PROCEDENCIA: AFLUENTE P.T.A.R., A LA SALIDA DEL DUCTO CAJON

PARÁMETROS	COMPOSICIÓN TÍPICA DEL AGUA RESIDUAL			M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	X		
	FUERTE	MEDIA	DEBIL	2	3	4	5	8	9	10	11	12	15	16	17	18	19	22	23	24	25	26	29	30			
	289	291	295	297	299	301	303	307					309	311	313	317	319	321	323	325		329	331	333			
<b>FÍSICOS</b>																											
COLOR (Unidades de color)	NO FIJA LIMITES			Apr.	Apr.	Apr.	Apr.	Apr.	Apr.	Apr.	Apr.		Apr.	Apr.	Apr.	Apr.	Apr.	Apr.	Apr.	Apr.		Jun	Jul	Aug	Apr.		
CONDUCTIBILIDAD (µscm)	NO FIJA LIMITES			1146	1109	1078	1065	1099	1109	1119	1090	C	1056	1088	1100	1093	1044	1059	1016	1071		1054	1122	1089	1084		
MATERIA FLOTANTE, MF	NO FIJA LIMITES			Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.			Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	F	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.		
MINERALIZACIÓN (mg/L)	NO FIJA LIMITES			869,3	841,2	817,7	807,8	833,6	841,2	848,8	826,8	O	801,0	825,3	834,4	829,1	791,9	803,3	770,7	812,4	E	799,5	851,1	826,1	822		
OXIGENO DISUELTUO, LDO (mg/L)	0.02 mg/l			2,1	2,0	2,0	1,9	2,0	2,0	2,0	2,0		1,9	2,0	2,0	2,0	1,9	1,9	1,8	1,9	R	1,9	2,0	2,0	2		
pH	6.5 - 8			8,2	7,9	7,7	7,6	7,9	7,9	8,0	7,8	N	7,5	7,8	7,9	7,8	7,5	7,6	7,3	7,7	I	7,5	8,0	7,8	8		
SALINIDAD (%)	NO FIJA LIMITES			0,6	0,6	0,6	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6		0,5	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	A	0,5	0,6	0,6	0,6		
SÓLIDOS TOTALES, ST (mg/L)	1200	720	350	811,1	785,0	763,0	753,8	777,9	785,0	792,0	771,5	V	747,4	770,1	778,6	773,6	738,9	749,6	719,1	758,1	D	746,0	794,2	770,8	767		
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS, STD	850	500	250	559,0	541,0	525,9	519,5	536,1	541,0	545,9	531,7		515,1	530,7	536,6	533,2	509,3	516,6	495,6	522,4	O	514,1	547,3	531,2	529		
SÓLIDOS TOTALES SUSPENDIDOS, STS	350	220	100	252,1	244,0	237,2	234,3	241,8	244,0	246,2	239,8	I	232,3	239,4	242,0	240,5	229,7	233,0	223,5	235,6		231,9	246,8	239,6	239		
SÓLIDOS SEDIMENTABLES, SS (mg/L)	20	10	5	1,0	0,8	0,8	0,5	1,0	1,0	1,0	0,8		1,0	1,0	1,0	1,5	2,0	1,5	1,2	1,0		2,0	2,0	1,5	1		
TEMPERATURA, T° (°C)	NO FIJA LIMITES			28,7	27,7	27,0	26,6	27,5	27,7	28,0	27,3	V	26,4	27,2	27,5	27,3	26,1	26,5	25,4	26,8		26,4	28,0	27,2	27		
<b>QUÍMICOS</b>																											
AMONIACO, NH <sub>3</sub> (mg/L)	50	25	12					19,6				E	18,9					18,9					20,0		19,4		
CLORUROS, Cl (mg/L)	100	50	30	201,1	194,6	189,1	186,8	192,8	194,6	196,3	191,2		185,3	190,9	193,0	191,8	183,2	185,8	178,2	187,9	P	184,9	196,8	191,1	190,2		
COBRE, Cu (mg/L)	NO FIJA LIMITES							0,1				N	0,1					0,1			R		0,1		0,1		
CROMO HEXAVALENTE, Cr (mg/L)	NO FIJA LIMITES							0,1					0,1					0,1			O		0,1		0,1		
FLUORURO, F <sup>-</sup> (mg/L)	NO FIJA LIMITES			<y	<y	<y	<y	<y	<y	<y	<y	C	<y	<y	<y	<y	<y	<y	<y	<y	V	<y	<y	<y	<y		
HIERRO, Fe (mg/L)	NO FIJA LIMITES							4,1					3,9					3,9			I		4,2		4,0		
NITRATOS, NO <sub>3</sub> (mg/L)	0	0	0					8,7				I	8,4					8,4			N		8,9		8,6		
NITRITOS, NO <sub>2</sub> (mg/L)	0	0	0					37,9					36,4					36,5			C		38,7		37,4		
FOSFATOS, PO <sub>4</sub> (mg/L)	15	8	4					22,0				A	21,1					21,2			I		22,4		21,7		
SULFATO, SO <sub>4</sub> (mg/L)	50	30	20					219,8					211,2					211,8			A		224,4		216,7		
SULFURO DE HIDROGENO, SH <sub>2</sub> (mg/L)	NO FIJA LIMITES			0,6	0,6	0,4	0,6	0,5	0,6	0,5	0,5	S	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,6	0,6	0,5	L	0,5	0,6	0,5	0,5		



**EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE  
Y ALCANTARILLADO DE PORTOVIEJO EPMAPAP  
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES "P.T.A.R."  
REGISTRO DIARIO DE LABORATORIO**

02/07/2015

MES: JUNIO 2015

PROCEDENCIA: AFLUENTE P.T.A.R., A LA SALIDA DEL DUCTO CAJON

PARÁMETROS	NORMA TÉCNICA AMBIENTAL OBLIGATORIA DE DESCARGA DE EFLUENTES A UN CUERPO DE AGUA RECEPTOR: AGUA DULCE (RIO PORTOVIEJO)	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	χ
		2	3	4	5	8	9	10	11	12	15	16	17	18	19	22	23	24	25	26	29	30	334
<b>FÍSICOS</b>																							
COLOR (Unidades de color)	INAPRECIABLE DIL. 1/20	Inap.	Inap.	Inap.	Inap.	Inap.	Inap.	Inap.	Inap.		Inap.	Inap.	Inap.	Inap.	Inap.	Inap.	Inap.	Inap.		Inap.	Inap.	Inap.	Inap.
CONDUCTIBILIDAD (µs/cm)	NO FIJA LIMITES	1099	1076	1056	1060	1088	1093	1055	1103	C	1006	1059	1085	1078	1080	1061	1100	1145		1093	1104	1121	1082
MATERIA FLOTANTE, MF	AUSENCIA	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.		Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	F	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	
MINERALIZACIÓN (mg/L)	NO FIJA LIMITES	833,6	816,2	801,0	804,1	825,3	829,1	800,3	836,7	O	763,1	803,3	823,0	817,7	819,2	804,8	834,4	868,5	E	829,1	837,4	850,3	820,6
OXIGENO DISUELTO, LDO (mg/L)	NO MENOR A 6 mg/l	8,5	8,6	10,1	9,2	9,9	9,1	8,8	7,9		7,6	7,5	9,0	9,6	9,0	9,1	9,2	9,2	R	8,7	8,8	9,0	8,9
pH	5.0 - 9.0	7,9	7,7	7,5	7,6	7,8	7,8	7,5	7,9	N	7,2	7,6	7,8	7,7	7,7	7,6	7,9	8,2	I	7,8	7,9	8,0	7,7
SALINIDAD (%)	NO FIJA LIMITES	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,6		0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,5	0,6	0,6	A	0,6	0,6	0,6	0,6
SÓLIDOS TOTALES, ST (mg/L)	1600 mg/l	588,4	584,7	573,8	576,0	578,0	580,7	560,5	586,0	V	553,6	582,8	597,1	577,2	578,3	560,0	580,6	604,3	D	576,9	582,7	591,7	579,5
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS, STD	NO FIJA LIMITES	536,1	524,9	515,1	517,1	530,7	533,2	514,6	538,0		490,7	516,6	529,3	525,9	526,8	517,6	536,6	558,5	O	533,2	538,5	546,8	527,7
SÓLIDOS TOTALES SUSPENDIDOS, STS (mg/L)	130 mg/l	52,3	59,8	58,7	58,9	47,3	47,5	45,9	48,0	I	62,9	66,2	67,8	51,3	51,4	42,4	44,0	45,8		43,7	44,2	44,8	51,2
SÓLIDOS SEDIMENTABLES, SS (mg/L)	1.00 mg/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1		< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1		< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
TEMPERATURA, T° (°C)	< 35 °C	27,2	27,6	27,1	27,2	27,6	27,1	27,1	27,6	V	25,8	27,2	27,8	27,6	27,7	27,2	27,5	27,4		26,5	26,4	25,9	27,1
<b>QUÍMICOS</b>																							
AMONIACO, NH <sub>3</sub> (mg/L)	30.0 mg/l					19,4				E	18,0					18,9					19,7		19,0
CLORUROS, Cl (mg/L)	1000 mg/l	85,2	83,4	83,8	84,1	86,3	86,7	83,7	87,5		74,5	78,4	80,4	79,9	88,5	87,0	90,2	93,9	P	89,6	90,5	91,9	85,4
COBRE, Cu (mg/L)	1.00 mg/l					0,0				N	0,0					0,0			R		0,0		0,0
CROMO HEXAVALENTE, Cr (mg/L)	0.50 mg/l					0,1					0,1					0,1			O		0,1		0,1
FLUORURO, F <sup>-</sup> (mg/L)	5.00 mg/l	< y	< y	< y	< y	< y	< y	< y	< y	C	< y	< y	< y	< y	< y	< y	< y	< y	V	< y	< y	< y	< y
HIERRO, Fe (mg/L)	10.0 mg/l					0,2					0,2					0,2			I		0,2		0,2
NITRATOS, NO <sub>3</sub> (mg/L)	NO FIJA LIMITES					1,8				I	1,9					1,8			N		1,9		1,8
NITRITOS, NO <sub>2</sub> (mg/L)	NO FIJA LIMITES					8,4					8,2					8,5			C		8,8		8,5
FOSFATOS, PO <sub>4</sub> (mg/L)	10.0 mg/l					14,1				A	11,4					12,5			I		13,0		12,7
SULFATO, SO <sub>4</sub> (mg/L)	1000 mg/l					120,9					111,8					132,6			A		138,0		125,4
SULFURO DE HIDROGENO, SH <sub>2</sub> (mg/L)	0.50 mg/l	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	S	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	L	0,1	0,1	0,1	0,1



Selección de la planta de Lechuguin (*Eichhornia crassipes*) en el río de Poza Honda.



Secado a temperatura ambiente de la *Eichhornia crassipes*



Selección del tamaño de partícula de biomasa seca de lechuguín



Tamaño de biomasa seca óptima para la filtración (0,180 mm)



Adsorción de iones de cromo y plomo con la biomasa de lechuguín a diferentes intervalos de tiempo



Separación de la biomasa del soluto mediante filtración



Equipo utilizado para la filtración



Medios filtrantes utilizados en los diversos sistemas de filtración



Sistema de filtración (Algodón-Carbón Activado)



Sistema de filtración (Algodón-Biomasa de lechuguín)



Sistema de filtración (Algodón-Arena-Biomasa de lechuguín-Carbón Activado)



Sistema de filtración (Algodón-Arena-Zeolita-Carbón Activado)





Sistema de filtración (Algodón-Zeolita-Carbón Activado)



Filtrado del agua contaminada



Filtrado del agua contaminada



Materiales utilizados en la filtración