



Biosorción de metales pesados

Dávila, P.^a, Mendoza, S.^b, Mendoza, V.^c, Patiño, V.^d, Pinzón, J.^e, Gil, P.^f & Rondón, D.^g.

^{a, b, c, d, e} Club de Ciencias Infundiendo Pensamiento Científico, Bogotá, Colombia.

^{f, g} Universidad Pedagógica Nacional, Ac 72 #11, Bogotá, Colombia.

ARTICLE INFO

Recibido: 6 de julho de 2015

Aceptado: 28 de julho de 2015

Palabras clave:

Biosorbentes.
Metales pesados.
Manejo de residuos.

E-mail:

pauladavila09@gmail.com
pensamientocientifico18@gmail.com
1dnicolle23@hotmail.com
stefa0126@hotmail.com
jennialdana18@gmail.com
pablogil-93@hotmail.com
drondon.quimica@gmail.com

ISSN 2007-9842

© 2016 Institute of Science Education.
All rights reserved

ABSTRACT

Starting from extracurricular spaces such as the Science Club: Infusing Scientific Thought, come up this research proposal which has the objective of: making and characterization chemistry of a biomass based on fruit high in vitamin C (guava, lemon, tangerine, orange, etc.). This will be used for the water decontamination in presence of heavy metals like chromium (VI), because this is one of the main pollutants in a local, national and global level. It is proposed the characterization of the biomass as a way of solution to the frequently problems, the water sources pollution due to human activities, that generate pollutants that are mainly deposited as solutes or particles that can reach high concentrations. This biomass was made with shells and sedes of fruits (guava, lemon, tomato, orange, tangerine and papaya). For this characterization was prepared a chromium solution starting of $K_2Cr_2O_7$ (potassium dichromate). An analyte of interest is made with 50 ppm concentration, which is maintained at a pH optimum of 1. To determinate the biomass efficiency uses variables of temperature, therefore the process of absorption repeats with shift factor to 25°C, 40°C and 60°C. After, for quantify the efficiency of the biomass, it is implemented a process through atomic absorption, and there is identified how many ppm captures the pollutant. This research concludes: from the school, it's possible make a significant contribution to the dynamics current of consumption, where it can take advantage to the household waste, to give a solution to the main problematic like the water pollution, and taking school like a favorable change agent pro-society.

Partiendo de espacios extracurriculares como el Club de Ciencias Infundiendo Pensamiento Científico, surge esta propuesta de investigación que tiene como finalidad: la elaboración y caracterización química de una biomasa a base de fruta con alto contenido de vitamina C (guayaba, limón, mandarina, naranja, entre otros). Esta sería utilizada para la descontaminación de agua con presencia de metales pesados como el cromo VI, debido a que este es uno de los principales agentes contaminantes a nivel local, nacional y global. Se propone la caracterización de la biomasa como una forma de solución a una de las problemáticas más frecuentes: la contaminación de las fuentes hídricas a causa de las actividades humanas generadoras de contaminantes, que son vertidos principalmente como solutos o partículas que pueden alcanzar concentraciones elevadas. Esta biomasa fue elaborada con cáscaras y semillas de frutas (guayaba, limón, tomate, naranja, mandarina y papaya). Para la caracterización se preparó una solución de cromo VI partiendo de $K_2Cr_2O_7$ (dicromato de potasio), se elabora un analito de interés a concentración de 50 ppm, que se mantiene a pH óptimo de 1. Para determinar la eficiencia de la biomasa se manejan variables de temperatura, por lo cual el proceso de absorción se repite con el cambio de factor a 25°C, 40°C y 60°C. Posterior a esto, para cuantificar la eficiencia de la biomasa, se implementa un procedimiento mediante absorción atómica y allí se identifica cuántas ppm capta del contaminante. Con este trabajo se llega a la conclusión de que desde la escuela se puede hacer un aporte significativo a las dinámicas de consumo actuales, donde se puede aprovechar material que se desecha diariamente, para darle solución a una problemática tan importante como lo es la contaminación del agua, y entendiendo la escuela como un lugar agente de cambio favorable en pro de la sociedad.

I. INTRODUCCIÓN

Con el desarrollo de propuestas investigativas en el marco de la sustentabilidad –definida por Rondón y Gil (2015) como una opción de vida–, las estudiantes pretenden promover la formación integral en la comunidad educativa de la escuela secundaria Liceo Femenino Mercedes Nariño, de la jornada matutina, fomentando la formación académica y en valores que conllevan a la concientización ambiental y a la toma de decisiones que permitan generar y desarrollar posibles soluciones en situaciones del contexto inmediato. Permitiendo de este modo la convivencia armónica con la sociedad y el entorno, concibiendo esto desde espacios estimulantes y enriquecedores, como el Club de Ciencias Infundiendo Pensamiento Científico.

Propendiendo por generar dinámicas como las anteriores, es posible evidenciar una problemática marcada en la institución en cuanto al manejo de residuos sólidos; debido a la inadecuada manipulación, lo cual acarrea problemas con relación a la contaminación ambiental, que surge de actividades humanas, las cuales son producto de metales tóxicos en la atmósfera, el agua y el suelo. Estos contaminantes son descargados principalmente como solutos o partículas que pueden alcanzar concentraciones elevadas (Cañizares, 2000), entre los mecanismos moleculares se encuentran los metales pesados como el cromo VI, este metal existe principalmente unido a la materia orgánica en ambientes acuáticos y en suelos en su estado trivalente, cuando se encuentra como Cr+6 es perjudicial para la salud, siendo más tóxico por inhalación que por ingesta, cancerígeno por inhalación, puede dañar el ADN y generar mutaciones genéticas.

Partiendo de esto, se pretende generar un cambio en el accionar humano que ha sido y continúa siendo el causante de tanto daño que hoy afecta al entorno, como lo referencia Ubal (2008), el hombre es el mayor depredador, es auto destructor, comete una matanza consciente y no hace nada para cambiar el planeta, el cual está matando poco a poco.

Por eso, se elabora una biomasa proveniente de la reutilización de material orgánico, principalmente fruta con alto contenido de vitamina C, esto como alternativa o forma de mitigar problemáticas socioambientales, centradas en la contaminación de fuentes hídricas.

II. MARCO TEÓRICO

Las industrias desechan más de 500,000 sustancias contaminantes de su mismo tratamiento. Las más contaminantes son la química, textil (tinturas), curtiembres, minera, refinado de petróleo, petroquímica, entre otros (d'Igualada, s. f). Muchas de estas sustancias son metales pesados, estos son cinco veces más pesados que el agua, aunque muchos de los metales como el zinc, cobre, cromo, cobalto, hierro y magnesio son necesarios para el funcionamiento normal de los diferentes sistemas del cuerpo humano. Como por ejemplo, en la metabolización de azúcares, proteínas y grasas, no son saludables ya que son lipoacumulables en tejidos grasos u órganos diana: al tejido cerebral llegan metales pesados como el plomo, mercurio, cadmio, entre otros, interfiriendo en el funcionamiento bioquímico del cerebro, ocasionando el desarrollo de enfermedades como el Alzheimer. Un posible tratamiento para mitigar o combatir las afecciones provocadas por la contaminación corpórea de metales pesados en el cerebro y limpiar la sangre es: a partir de la ingestión dietaria de suplementos con vitamina C (Saludbio, 2013), porque cada una de las células humanas poseen ácidos lipídicos, los cuales permiten generar la energía necesaria de las funciones vitales.

La preocupación por la contaminación ambiental ha dado como resultado: investigación más intensa y el desarrollo de tecnologías sustentables, así como una normatividad cada vez más estricta. A consecuencia de esto, la introducción de tecnologías limpias en los procesos industriales ha logrado disminuir las descargas de sustancias contaminantes al ambiente.

Sin embargo, en la mayoría de las empresas todavía se generan aguas residuales con concentraciones de sustancias contaminantes de consideración. Esta se vuelve peligrosa para su consumo, y en general para el ecosistema.

Gran parte de esta se ha generado debido a la industrialización, en la cual se generan mayor cantidad de residuos, que van directamente a las fuentes hídricas.

De lo anterior y como lo plantea Romero (2008) la implementación de técnicas biotecnológicas, son una posible solución a las problemáticas de contaminación ambiental, donde mediante una serie de procesos que implican el uso de organismos vivos, ya sean plantas, animales o microorganismos, en la aplicación de algunas actividades para el ser humano. De esto se encuentra que, la biosorción es una técnica que describe la eliminación de metales pesados por la unión pasiva a biomasa no viva, a partir de soluciones acuosas. La contaminación hídrica es la transformación de ella, generalmente provocada por la intervención humana. Desde lo cual se entiende por biomasa: cualquier materia orgánica obtenida a partir de vegetales o de animales que puede ser transformada en energía, o puede ser un agente óptimo para la captación de metales pesados y/o sustancias tóxicas.

A nivel local, en la ciudad de Bogotá, se evidencia una problemática entorno a las curtiembres, en donde a nivel distrital se desarrolla el 60 % de estas prácticas con respecto al total del país. Siendo el 90% en la localidad de Tunjuelito –principalmente en el barrio San Benito, donde se concentra el 20% de la actividad fabril de dicha localidad–, donde el río Tunjuelito recibe 138 vertimientos. De estos, el promedio es de 6.7 vertimientos por kilómetro, de los cuales la carga de metales pesados arrojada al río es de 79.81%, correspondiéndole al cromo el 19.19%, al zinc y el resto de metales 1% (Cuberos, Rodríguez & Prieto, 2009).

TABLA I. Proceso de Curtiembres.

Fuente: Ramírez (2014).

| Proceso de tratamiento de Cueros a nivel industrial. | |
|---|--|
| Etapa | Actividades |
| Pre tratamiento y Almacenamiento | Proceso pre descarte |
| | Conservación de las pieles durante el almacenamiento |
| | Pieles Saladas |
| Ribera: Limpiado | Recepción |
| | Pre remojo |
| | Pelambre - Lavado |
| | Desencalado |
| | Descarte pelo |
| | Desencalado o Purga |
| Piquelado | Preparación Química para el curtido |
| Curtido | Curtido con cromo |
| Post Curtido | Operaciones mecánicas |
| Terminado en húmedo, recurtido, teñido y engrase. | Desaguado |
| | Raspado |
| | Recortes |
| | Secado |
| | Teñido |
| | Engrasado |
| Acabado: Aspecto Final | Pintado |
| | Batanado |
| | Planchado |

Del párrafo anterior, se pudo evidenciar –como lo plantea Ramírez (2014)– que esta problemática se acrecienta debido:

al inadecuado manejo y disposición final de los residuos sólidos generados en las curtiembres, al desconocimiento de la normativa ambiental y sanitaria por parte de los diferentes actores que laboran en estas actividades, a la falta de acompañamiento continuo de las autoridades ambientales y sanitarias del sector, a la carencia de infraestructura física – la cual ha potenciado la disposición incontrolada estos residuos–, al desconocimiento de los adecuados procesos de curtición –puesto que en gran medida estos establecimientos trabajan de forma empírica, carecen de tecnologías limpias para dichos procesos–, y finalmente, a la falta de compromiso ambiental por parte de los propietarios.

En la Tabla I se evidencia el proceso de las curtiembres según el Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, implementado para el año 2006.

Desde esto se observa como esta actividad puede generar diversidad de contaminantes en sus diferentes etapas de desarrollo, donde Ramírez (2014) realiza la siguiente clasificación:

TABLA II. Residuos provenientes de curtiembres.
Fuente: Ramírez (2014).

| Tipo de Desecho | Etapas | Disposición Final |
|----------------------------------|---------|--|
| Residuos de Pelambre | Ribera | Compost directamente, como abono en áreas de cultivo o pastos. |
| Recortes de piel cruda y sebo | | Venta a la Industria (Alimentos, juguetes animales, grasas, cosmética, entre otros.) |
| Carnaza | | Venta |
| Unche | | Abono |
| Materia Orgánica | | Fuentes hídricas |
| Viruta de Cuero aserrín o ripio | Curtido | Abono |
| Cromo Hexavalente | | Fuentes hídricas |
| Soluciones – Sustancias Químicas | | Fuentes hídricas |
| Polvo de lijado | Acabado | Abono |
| Desorille de Cuero | | Fabricación de artesanías |
| Envases de pintura y Solventes | | Reciclaje |

Partiendo de lo anterior, se observa que en la etapa de curtido, se aplica a la piel un curtiente mineral de sulfato básico de cromo, para formar un complejo (cuero) resistente a la degradación física o biológica, donde una vez curtida la piel, se deja reposar durante varias horas, y se escurre en una máquina especializada para eliminar el exceso de licor de cromo (Vásquez, 2012), Este agente es desechado por las fábricas –improvisadas en su mayoría, y sin la infraestructura adecuada–, generando vertimientos de residuos tóxicos para el ambiente y la salud humana. En este caso, hay presencia de cromo hexavalente en fuentes hídricas debido al manejo inadecuado de los residuos, y a que la mayoría de las construcciones no cumplen con los requerimientos técnicos de construcción industrial.

Con relación a las dinámicas actuales, se ha evidenciado la necesidad de generar propuestas alternativas, con la finalidad de disminuir el impacto negativo en fuentes hídricas contaminadas por la presencia de metales pesados. Una técnica biotecnológica para la remoción de metales pesados es la biosorción, la cual ocurre cuando los cationes de los metales se unen por interacciones electrostáticas a los sitios aniónicos que se encuentran en los biosorbentes; estos sitios sirven como centros activos para la adsorción ubicada en los grupos de los carboxilo, hidroxilo, amino, sinfónico; los cuales forman parte de la estructura de la mayoría de los polímeros de origen natural (Cardona, Cabañas & Cepeda, 2013).

IV. METODOLOGÍA

IV.1 Situación problema

Se buscan alternativas que permitan la reducción de la contaminación, la inadecuada recolección, tratamiento y disposición de las aguas residuales, ya que hay una creciente problemática de contaminación ambiental y sanitaria principalmente en las fuentes abastecedoras de agua, lo cual limita la disponibilidad del recurso hídrico y restringe su uso en el país.

Se pretende avanzar y tener comodidades con tecnología, pero se deteriora la vida, pues más de la mitad de las enfermedades y de las muertes que ocurren en la primera infancia, tienen como causa principal los microorganismos transmitidos a través de la contaminación del agua o de alimentos contaminados. De acuerdo con el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, se considera que hacia el año 2050, el 60% de los páramos en Colombia habrán desaparecido.

Parece increíble que en un país con numerosos recursos hídricos, rico en precipitaciones anuales y con cinco grandes vertientes hidrográficas, se observe la escasez del agua. Sujetos conscientes se han encargado de difundir esto, y darle de alguna forma solución, desde espacios enriquecedores y sustentables a cosas que la gente no toma en cuenta.

FEDEPAPA, una organización que encabeza al departamento de Gestión Ambiental, coordinado por Yolanda López, lleva a cabo campañas educativas y de sensibilización en la comunidad para limpiar fuentes hídricas en distintos municipios, capacitar a los agricultores en el manejo y uso seguro de plaguicidas, así como para crear campañas para el retorno de envases y empaques de uso agrícola y veterinario.

El agua potable es muy reducida a comparación del agua no apta para el consumo, es importante tomar conciencia del ahorro y limpieza de la misma. Según el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo, un 95% de aguas residuales domésticas se vierten sin tratamiento alguno, 85% de las aguas residuales industriales se vierten sin tratamiento adecuado y el 95% de aguas residuales agrícolas se vierten sin tratamiento.

IV.2 Población

A partir de la biomasa proveniente de cáscaras y semillas, de frutas con alto contenido de vitamina C, se pretende descontaminar aguas con alta concentración de cromo VI. Y a su vez, se espera generar conciencia en las estudiantes de la I.E.D. Liceo Femenino Mercedes Nariño, para que éstas tengan claridad y generen estrategias grupales para optimizar los procesos de manejo de residuos sólidos y alternativas para la reutilización de estos.

IV.3 Desarrollo

Para el proceso de elaboración y eficiencia de adsorción de la biomasa se elabora el protocolo experimental, a continuación referenciado:

TABLA III. Protocolo experimental para la fabricación y caracterización del biosorbente.

| PRÁCTICA DE LABORATORIO: CARACTERIZACIÓN DE LA BIOMASA | | |
|--|------------------------------------|---|
| Etapa | Descripción | Característica |
| 1 | Esterilización de materia orgánica | Con 24 horas de antelación al protocolo de fabricación, esterilizar la materia orgánica, para evitar la presencia de microorganismos que alteren el proceso de adsorción. |

| | | |
|---|---------------------------------|--|
| 2 | Preparación de patrones | Preparación de una solución madre (500ppm) a partir de dicromato de potasio, y de la cual se hacen diluciones para los patrones de la curva de calibración a 0.5, 1, 2, 3 y 5 ppm, para determinar el rango lineal. |
| 3 | Fabricación del biosorbente | Separación de cáscaras y semillas provenientes de la materia orgánica. |
| | | Cortar las muestras en trozos menores a un centímetro de área, y llevar a un molino o triturador para disminuir el tamaño. |
| | | Llevar a estufa de calentamiento (105°C) durante tres horas. |
| 4 | Caracterización de la biomasa | Medir un gramo de la biomasa, adicionar 100 ml de la solución de cromo VI a una concentración de 50 ppm (hacer dilución de 500 a 50 ppm), y mantener una temperatura de 25 °C a un pH óptimo de 1. Agitación en vórtex durante 1 minuto. Este proceso se repite con el cambio de variable de temperatura a 40 y 60 °C, además de biomasa en 5 y 2 gramos de semilla. |
| 5 | Cuantificación del contaminante | Después de un tiempo determinado de contacto del biosorbente con la solución contaminante, cuantificar la absorción de cromo total presente en la solución, por absorción atómica |

Con la práctica experimental en los laboratorios de la Universidad Pedagógica Nacional, se consolida y desarrolla la propuesta investigativa a partir del manejo de residuos sólidos, en pro de la implementación de una técnica biotecnológica, enfocada en la caracterización de una biomasa de materia orgánica con alto contenido de vitamina C, que permita la descontaminación mediante la adsorción de metales pesados. A partir de dicha investigación se propicia el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico con respecto a la finalidad y uso que se le puede dar a la reutilización de material orgánico desechado, al fortalecimiento la argumentación mediante la experimentación en ciencias, y la apropiación del laboratorio como una herramienta de formación educativa, encaminada a resolver problemas específicos.

V. ANÁLISIS Y CONCLUSIÓN DE RESULTADOS

TABLA IV. Curva de calibración, absorbancia.

| CONCENTRACIÓN | \bar{x} Absorbancia |
|---------------|-----------------------|
| 0,5 ppm | 0,025 |
| 1 ppm | 0,051 |
| 2 ppm | 0,099 |
| 3 ppm | 0,151 |
| 5 ppm | 0,246 |

Mediante los datos obtenidos en la curva de calibración (Tabla IV), se evidencia desde el tratamiento experimental de datos, como el r^2 es equivalente a 0.9997, con lo cual se infiere que los patrones stock fueron eficientemente preparados, y se determina un rango lineal de 0.025 a 0.246 con relación a los datos de absorbancia, indicando esto que los datos para la cuantificación experimental que se encuentren fuera de este rango serán descartados. Posterior a esto, se cuantifican los datos mediante la interpretación matemática de la ecuación de la recta:

$Y = mX + b$, esta ecuación se despejada en X para hallar la concentración:

$$X = \frac{Y - b}{m}$$

Donde Y , representa los valores experimentales de absorbancia reportados para la determinación del cromo total, b es igual al valor del intercepto ($1.395 \cdot 10^{-3}$) y m el valor de la pendiente (0.049), estos dos valores son constantes de la determinación e interpretación de los datos de la curva de calibración.

TABLA V. Resultados experimentales caracterización.

| Biomasa | gr (biomasa) | T° | \bar{X} absorbancia |
|---------|--------------|------|-----------------------|
| Cáscara | 5 g | 25°C | 0,199 |
| Cáscara | 5 g | 40°C | 0,171 |
| Cáscara | 5 g | 60°C | 0,152 |
| Semilla | 2 g | 25°C | 0,171 |
| Semilla | 2 g | 40°C | 0,138 |
| Semilla | 2 g | 80°C | 0,245 |
| Cáscara | 1 g | 25°C | 0,215 |
| Cáscara | 1 g | 40°C | 0,165 |
| Cáscara | 1 g | 60°C | 0,242 |

En la Tabla V se reportan los resultados obtenidos después de la caracterización por absorción atómica posterior a siete días de contacto; cada una de las biomazas previamente preparadas y acidificadas hasta pH 1 y con diferentes variables de temperatura. Y con relación a esto, se determina por tratamiento de resultados con respecto a las absorbancias promedio el porcentaje de cromo total que captó la biomasa.

El proceso de biosorción incluye los fenómenos de adsorción y absorción de iones de cromo, a través del intercambio iónico entre los cationes positivos del metal y los sitios aniónicos que se encuentran en los biosorbentes; estos sitios que sirven como centros activos para la adsorción ubicada en los grupos de los carboxilo, hidroxilo, amino, sulfónico, que forman parte de la estructura de la mayoría de los polímeros de origen natural. Este proceso involucra una fase sólida (biosorbente) y una fase líquida (solvente, que es normalmente agua acidificada a pH 1) que contiene las especies disueltas que van a ser sorbidas (Cardona, 2013).

Uno de los principales factores que pudieron alterar la capacidad de remoción son las temperaturas inferiores a 40 °C, dado que el porcentaje de remoción fue inferior al 20%; aunque con relación a las temperaturas iguales o que superan los 60 °C, el porcentaje de remoción es muy inferior al 10 %. De lo anterior, por el tipo de tratamiento y las condiciones establecidas, se favoreció el mayor porcentaje de remoción a una temperatura óptima de 40° C, siendo la mejor capacidad de biosorción para el cromo total como se observa en los resultados, siendo promedio alto en los diferentes tipos de biomasa y la cantidad de masa de la misma.

TABLA VI. Porcentaje de cromo total.

| Biomasa | \bar{x} absorbancia | % Remoción |
|---------|-----------------------|------------|
| Cáscara | 0,199 | 19,4% |
| Cáscara | 0,171 | 30,8% |
| Cáscara | 0,152 | 38,54% |
| Semilla | 0,171 | 30,8% |
| Semilla | 0,138 | 43,8% |
| Semilla | 0,245 | 0,56% |
| Cáscara | 0,215 | 12,82% |
| Cáscara | 0,165 | 33,22% |
| Cáscara | 0,242 | 1,8% |

También como propone Cardona (2013), se observa como el proceso de absorción depende de la protonación o desprotonación de los grupos carboxílicos presentes en las frutas con alto contenido de vitamina C, permitiendo la formación de ligandos catiónicos metálicos a valores de pH bajo. Esto debido a que hay menos competencia de iones hidrógeno en la solución, esto principalmente en la biomasa proveniente de las semillas trituradas de diversas frutas con contenido de vitamina C, comparando con la menor capacidad de absorción que posee el adsorbente de la cáscara, factor que influye por el tipo tratamiento utilizado.

Desde lo anterior, se infiere como la problemática de la contaminación y la preservación ambiental, puede ser relacionada y apropiada por la comunidad, mediante investigaciones desde la escuela, que intentan dar solución –en un porcentaje– a determinado factor de contaminación. Esto propicia el impacto social, que debe ser encaminado a la formación de “cultura y conciencia”, referenciando que los individuos no deben ser ajenos a las problemáticas mundiales, fomentado la participación ciudadana desde diversos espacios que aporten a la formación de individuos sociales. Como lo definen Rondón & Gil (2015), individuos con accionar político, hacia las diferentes maquinarias e instituciones que tanto desfavorecen las condiciones actuales donde, en términos de Mejía y Manjarrés (2012), se vuelve necesario desarrollar la capacidad de ir más allá de los comportamientos esperados, partiendo de la curiosidad crítica del sujeto, sin la cual se dificultan la invención y la reinención de las cosas, propendiendo por el desarrollo de estrategias encaminadas al equilibrio socioambiental, que ayuda a la mejora de las condiciones ambientales y culturales. Como en este caso, a partir del manejo y reutilización de residuos sólidos orgánicos, con la finalidad de elaborar una técnica biotecnológica.

VI. CONCLUSIONES

- Es importante el desarrollo e implementación de iniciativas de investigación, que surjan desde el interés de las estudiantes con la finalidad de contextualizar y apropiarse del conocimiento científico, como perspectiva de una posible solución a las problemáticas socio-ambientales y socio-culturales, propias del contexto inmediato.
- Como falencia a nivel escolar, es posible observar cómo las dinámicas institucionales ligadas a las políticas educativas limitan los procesos formativos e investigativos desde el interés, dificultando la sistematización de experiencias y el aprendizaje colaborativo que se debe fundamentar desde la escuela como un accionar de cambio a la sociedad.
- De lo anterior, limita la investigación a un número de prácticas determinadas en la cual no fue posible cuantificar el cromo VI por la disponibilidad de espacios y tiempo.
- Es importante generar una cultura sustentable que propenda por un equilibrio armónico entre el ser humano y el sistema socio-ambiental, donde no se limite a la naturaleza como una proveedora de servicios, y donde el individuo tome posturas críticas en cuanto sus acciones y las consecuencias de éstas, a corto, medio y largo plazo

en su entorno.

- Tiene como relevancia resaltar que, desde el punto de vista de situaciones cotidianas, se pueden incentivar, fundamentar y propiciar investigaciones que parten desde el interés propio del individuo por tratar de mitigar una problemática a nivel ambiental.
- La implementación de técnicas biotecnológicas como los biosorbentes, puede ser una alternativa para el aprovechamiento y manejo de residuos como factor de intervención y regulación para disminuir los índices de contaminación, aunque en cierto modo se desconoce resultados de implementación de biosorbente para descontaminar fuentes hídricas en proyectos de alto impacto poblacional.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la I.E.D. Liceo Femenino Mercedes Nariño por el apoyo otorgado para la realización de este trabajo, por los espacios brindados y la viabilidad de la realización del proyecto.

A la Universidad Pedagógica Nacional por facilitarnos los espacios de laboratorio.

REFERENCIAS

Cardona, A. C. (2013). Evaluación del poder biosorbente de cáscara de naranja para la eliminación de metales pesados, Pb (II) y Zn (II). *Ingeniería* 17 (1), 1-9.

Cuberos, E. R. (2009). Niveles de cromo y alteraciones de salud en una población expuesta a las actividades de curtiembres en Bogotá, Colombia. *Revista de Salud Publica*, 2(11), 278-289.

D'Igualada, E. D. (s. f.). *Parámetros de contaminación*. Consultado en: <http://www.eei.upc.edu/continguts/APUNTS/MASTER/Aguas%20residuales/2%20PARAMETROS%20DE%20CONTAMINACI%C3%93N.pdf>.

Gómez, M. (s. f.). *Ácido lipoico (tiótico) para eliminar metales pesados*. Obtenido de <http://www.dietametabolica.es/acidolipoico.htm>.

Inno-vita health through real innovation. (s. f). *El asesino silencioso*. Obtenido de <http://www.inno-vita.com/pdf/training%20pdf/HM-spanish%20print.pdf>.

Ministerio de Ambiente (s. f.). *Antecedentes de la contaminación hídrica en Colombia*. Bogotá: Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial.

Ramirez, J. (2014). *Evaluación de la gestión integral de residuos sólidos en las curtiembres de San Benito*. Bogotá: Universidad Militar de Colombia.

Rondón, D. (2015). Educación en ciencias para la sustentabilidad en la escuela: Una propuesta para la enseñanza de la Química desde el Club de Ciencias. *X Convención sobre Desarrollo Sostenible y Educación Ambiental*. Habana, Cuba: Ministerio de Ambiente y Tecnología de Cuba.

Saludbio. (2013). *Relación entre metales pesados, aluminio y Alzheimer*. Consultado en: <http://saludbio.com/articulo/relacion-entre-metales-pesados-aluminio-y-alzheimer>.

Vásquez, L. (2012). *Las curtiembres en el barrio San Benito de Bogotá: Un análisis bioético en la perspectiva de Hans Jonas*. Bogotá: Biblioteca Alfonso Borrero Cabal S. J.