

APLICACIÓN DEL MODELO ENSEÑANZA PARA LA COMPRESIÓN:
FITORREMEDIACIÓN PARA LA REMOCIÓN DE PLOMO II CON *Aloe vera* (*Aloe
barbadensis miller*)

MARÍA ALEJANDRA MONROY TOVAR
YAMILE ALEXANDRA MUÑOZ ARIAS

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
LICENCIATURA EN QUÍMICA
BOGOTÁ D.C.
2017

APLICACIÓN DEL MODELO ENSEÑANZA PARA LA COMPRENSIÓN:
FITORREMEDIACIÓN PARA LA REMOCIÓN DE PLOMO II CON *Aloe vera* (*Aloe
barbadensis miller*)

MARÍA ALEJANDRA MONROY TOVAR
Código: 2013115038
YAMILE ALEXANDRA MUÑOZ ARIAS
Código: 2013115039

Trabajo de grado para optar al título de
LICENCIADO EN QUÍMICA

DIRECTORA: DORA LUZ GÓMEZ AGUILAR
MSc. En Biología con énfasis en Fitoquímica

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
LICENCIATURA EN QUÍMICA
BOGOTÁ D.C.
2017

NOTA DE ACEPTACIÓN

Dora Luz Gómez Aguilar
Directora

Jaime Augusto Casas
Evaluador

Laksmi Latorre Martínez
Evaluadora

Bogotá D.C., Febrero 21 de 2018

DEDICATORIA

A Dios, por permitirnos llegar a este momento tan especial en nuestras vidas, por cada uno de los instantes que marcaron nuestros caminos como docentes durante estos cinco años. A los profesores que dejaron huella en nuestro ser, gracias por su apoyo y sabiduría.

Dedico este trabajo al motor de mi vida, mi padre William Alberto Monroy Cortes y mi madre Ana Milena Tovar Diaz, quienes, con sus esfuerzos, enseñanzas, consejos y su apoyo incondicional me motivaron en este camino, esto es por y para ustedes.

Maria Alejandra Monroy Tovar

Dedico este trabajo de grado a mi abuelita Alba Lucía Escobar, a quien le debo muy especialmente mi formación integral, mi educación, mis valores, mi orientación profesional entre muchas otras cosas que me brindó con todo su esfuerzo y dedicación, a mi abuelito Hernando Muñoz por su acompañamiento constante durante mi infancia y adolescencia, espero vean desde el cielo este nuevo triunfo en mi vida, y se sientan orgullosos de mí.

A mis padres Oscar Muñoz y Lilia Arias por su constante apoyo en cada paso que doy, a sus valiosos esfuerzos para alcanzar este logro.

A mis tíos Jorge Muñoz y Ricardo Muñoz por su gran ejemplo y soporte en las decisiones que tomo a diario.

Por último, pero quizá el ser más importante para conseguir este logro, mi novio Jaime López, a quien desde el principio de esta carrera se sentó a mi lado a resolver con paciencia y optimismo todos los altibajos que se me presentaron, tanto personal, familiar y disciplinarmente, gracias por creer en mí.

Yamile Alexandra Muñoz Arias

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, queremos agradecer a nuestra directora de trabajo de grado, Dora Luz Gómez Aguilar, por su sabiduría y comprensión fundamental durante este proceso, al personal de laboratorio de la Universidad Pedagógica Nacional sin su apoyo incondicional no hubiera sido posible este trabajo.

Al profesor Diego Alexander Blanco por compartir sus conocimientos como apoyo esencial; a la profesora Dora Torres Sabogal, gracias porque con cada una de sus asesorías y palabras, nos ayudó a construir nuestras bases como docentes.

El desarrollo de este trabajo no lo podemos describir como algo fácil, pero lo que sí podemos hacer, es afirmar que durante todo este tiempo pudimos disfrutar de cada momento, de cada investigación, laboratorio y proyectos que se realizaron dentro de este, lo disfrutamos porque nuestros amigos siempre estuvieron ahí, gracias por estos cinco años


Gracias a Dios por la vida de mis padres, también porque cada día bendice mi vida con la hermosa oportunidad de estar y disfrutar al lado de las personas que me aman.

Mis sinceras gracias para mi compañero Fabio Andrés, gracias por tu amor, respeto, cariño y tu ayuda incondicional en estos años.

Maria Alejandra Monroy Tovar

Gracias infinitas a mi compañera de trabajo de grado, Maria Alejandra Monroy, por su voz de aliento, su alegría, su confianza, su optimismo en las extensas jornadas de laboratorio, de clases, de práctica, de vida, gracias por ser no sólo mi compañera si no mi amiga, gracias por tu compromiso, pero sobre todo por tu comprensión.

Yamile Alexandra Muñoz Arias

	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 6 de 100	

1. Información General	
Tipo de documento	Trabajo de grado
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	Aplicación del modelo Enseñanza para la comprensión: fitorremediación para la remoción de Plomo II con <i>Aloe vera</i> (<i>Aloe barbadensis miller</i>)
Autor(es)	Monroy Tovar, María Alejandra; Muñoz Arias, Yamile Alexandra
Director	Gómez Aguilar, Dora Luz
Publicación	Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional, 2017. 100p.
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional
Palabras Claves	ENSEÑANZA PARA LA COMPRENSIÓN; FITORREMEDIACIÓN; ADSORCIÓN; DESORCIÓN

2. Descripción
<p>En 1991, se acuñó el término “Fitorremediación” como una vertiente de la biorremediación; la fitorremediación es un proceso que utiliza especies vegetales para remover, transferir y reducir contaminantes tanto orgánicos como inorgánicos en suelos, aguas y sedimentos.</p> <p>A partir de la experimentación se han encontrado, seis tipos de fitorremediación; Fitoextracción, Rizofiltración, Fitoestabilización, Fitoestimulación, Fitovolatilización y Fitodegradación.</p> <p>Para el presente trabajo se utiliza el <i>Aloe vera</i> (<i>Aloe barbadensis miller</i>), la cual es una planta que a través de los años ha sido designada como planta medicinal, ya que se le han atribuido diferentes beneficios para la salud humana. Es una planta originaria de África, fue introducida al continente americano por Cristóbal Colón, quien la utilizaba en sus recorridos para la curación de sus tripulantes y de sí mismo (Vega, Ampuero, & Díaz, 2005, págs. 208-209).</p> <p>Aunque no es un proceso nuevo a nivel mundial, en la actualidad no se encuentran investigaciones que reporten que esta especie tiene la característica de remover metales pesados, por lo que se busca demostrar la capacidad de ésta para realizar dicho proceso en la descontaminación de aguas con Plomo.</p>

El Plomo es un metal pesado que tiende a bioacumularse, "...es un elemento relativamente abundante, que se encuentra en aire, agua, suelo, plantas y animales. Sus fuentes naturales son la erosión del suelo, el desgaste de los depósitos de los minerales de plomo y las emanaciones volcánicas" (Badillo, 2010, pág. 168).

El Plomo se identifica por ser anfótero, debido a que tiene la capacidad de formar sales de plomo, las cuales son relativamente resistente al ataque del ácido sulfúrico y del ácido clorhídrico, esto se ve reflejado en la fabricación de las baterías de plomo-ácido que proporcionan la energía eléctrica para el motor de un vehículo.

Desde esta perspectiva este trabajo aplica el modelo pedagógico, enseñanza para la comprensión, desde la definición de Martha Stone. Se plantea como tópico generativo Fitorremediación, apoyado de metas y desempeños de comprensión acordes a la secuencia de actividades.

La forma de evaluación que se diseña para este trabajo y bajo los parámetros establecidos por Stone, será de forma diagnóstica continua, por medio de trabajo en el aula y en el laboratorio que se fundamentan en la técnica de Fitorremediación.

3. Fuentes

Agudelo Betancur, L.M., Macias Mazo, K.I., & Suárez Mendoza, A. J. (01 de 01 de 2005).

Revista Losallista de Investigación. Obtenido de Fitorremediación. La alternativa para absorber metales pesados de los biosólidos:

<http://www.lasallista.edu.co/fxcu/media/pdf/Revista/vol2n1/fitorremediacion.pdf>

Albert, L. A. (2010). Capitulo Siete: Plomo. En L. A. Albert, Curso básico de toxicología ambiental (págs. 105-121). Balderas: Limusa S.A de C.V.

Aldana Cruz, M. P., & Miranda, O. (2013). Mapas mentales: una estrategia didáctica para el mejoramiento de la comprensión lectora de textos argumentativos. Bogotá.

Andramunio Acero, Z. (2014). LA GENETICA HUMANA Y SU APLICACIÓN EN ESTUDIOS DE CASO, UNA ESTRATEGIA DE AULA PARA MEJORAR LA COMPRENSIÓN DE LA HERENCIA. Trabajo de grado Maestría, Bogotá. Obtenido de <http://www.bdigital.unal.edu.co/49044/1/tesis%20zamara%20andramunio%202015.pdf>

Arias Martínez, S. A., Betancur Toro, F. M., Gómez Rojas, G., Salazar Giraldo, J. P., & Hernández Ángel, M. L. (19 de octubre de 2010). Fitorremediación con humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales porcinas. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3638734>

Arias Vargas, N. M. (2012). Uso de un Juego de Rol como herramienta de motivación en la enseñanza de la química. Bogotá.

Badillo, F. (2010). Capitulo Siete. Plomo. En L. A. Albert, Curso básico de toxicología ambiental (págs. 105-121). Balderas: Limusa S.A. de C.V.

- Baird, C. (2001). Metales tóxicos pesados. En *Química Ambiental*. Bogotá: Reverté S.A.**
- B. C. (2001). Química Ambiental. Bogotá: Reverté S.A.**
- Bello Espinosa, A., & Vásquez Mendoza, M. E. (2008). Calidad del sistema hídrico de Bogotá. Bogotá: Grupo op gráficas S.A.**
- Canevaro, S. (2006). Aloe vera. Bogotá, Colombia: Panamericana editorial.**
- Cárdenas, J, Guerrero, C, & Orozco, J. (2011). Alfabetización científica y tecnológica en torno al proceso de fitorremediación como técnica de descontaminación y su implementación con estudiantes de IED Isla del sol desde el enfoque CTSA (tesis de pregrado). Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, Colombia.**
- Cárdenas Morales, J. J., Guerrero Patiño, C. C., & Orozco Orozco, J. (2011). Alfabetización científica y tecnológica en torno al proceso de fitorremediación como técnica de descontaminación y su implementación con estudiantes de IED Isla del sol desde el enfoque CTSA. Universidad Pedagógica Nacional.**
- Carreño, U, & Granada, C. Diseño, desarrollo y evaluación de una tecnología de fitorremediación a escala de laboratorio utilizando la eichhornia crassipes para el tratamiento aguas contaminadas con cromo (tesis de pregrado). Universidad de Manizales, Manizales, Colombia.**
- Carreño Sayago, U. F., & Granada Torres, C. A. (s.f.)**
- Castaño, J. (06 de marzo de 2015). EL UNIVERSAL. Obtenido de Colombia, el tercer país que más agua tiene en el mundo: <http://www.eluniversal.com.co/ambiente/colombia-el-tercer-pais-que-mas-agua-tiene-en-el-mundo-186844>**
- Charris, V., Guerrero, A., & Barrera, C. (2011). Intoxicación por plomo secundaria a alojamiento de esquiras en el cuerpo. *Acta Médica Colombiana*, 200-203.**
- Córdoba, D. (2006). 41: Plomo. En D. Córdoba, Toxicología (págs. 337-345). México: El manual moderno (S.A de C.V.).**
- Cubillos, J. Evaluación de la fitorremediación como alternativa de tratamiento de aguas contaminadas con hidrocarburos (tesis de maestría en Ecotecnología). Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia.**
- Dominguez Fernandez, R., Arzate Vasquez, i., Chanona Perez, J., Welti Chanes, J., Alvarado Gonzales, J., Calderon Dominguez, G., Guiterrez López, G. (02 de 03 de 2011). *Revista Mexicana de Ingenieria Química*. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-27382012000100003**
- Durango Usuga, P. (2015). LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO COMO UNA ESTRATEGIA DIDÁCTICA ALTERNATIVA PARA DESARROLLAR LAS COMPETENCIAS BÁSICAS EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LA QUÍMICA. tesis maestría, Bogotá.**
- ECO Agricultura. (s.f.). Obtenido de propiedades medicinales y usos del Aloe vera o Sábila: <https://www.ecoagricultor.com/propiedades-y-usos-del-aloe-vera/>**

- Ferraro, G. M. (2009). Revisión de la Aloe vera (Barbadensis Miller) en la dermatología actual. Obtenido de https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwi2tLOcu8bVAhWBcyYKHe7rBwEQFggI1MAA&url=http%3A%2F%2Fwww.scielo.org.ar%2Fscielo.php%3Fscript%3Dsci_arttext%26pid%3DS1851-300X2009000400004&usg=AFQjCNGlie7D1TiRUOOjQ
- Figuerola, D., Moreno, A., & Hormaza, A. (12 de Diciembre de 2014). Equilibrio, termodinámica y modelos cinéticos. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 5-9. Recuperado el 6 de 12 de 2017, de <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v14n26/v14n26a08.pdf>
- Gamboa Velásquez, S. (2016). Diseño, implementación y resultados de una propuesta de enseñanza fundamentada desde el enfoque de la Enseñanza para la Comprensión para potenciar el aprendizaje del tópico generativo “cambios de estado de la materia”. Universidad Pedagógica Nacional.
- Gobierno de Navarra. (2012). Marco teórico de la evaluación diagnóstica continua.
- Gutiérrez, A., Martín, R., Revert, C., Lozano, G., & Hardisson, A. (2004). El plomo como contaminante alimentario. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, 73. Obtenido de <http://www.fmed.uba.ar/depto/toxico1/articulos/7.pdf>
- Gutiérrez, H. (1997). Contaminación del aire; riesgos para la salud. Santafé de Bogotá., Colombia, Editorial el manual moderno.
- Kelvingsong. (6 de Mayo de 2013). Archivo:A la estela.svg. Obtenido de https://wiki2.org/es/Archivo:A_la_estela_svg
- Lancheros, A., & Vera, G. (2011). La fitorremediación en el tratamiento de aguas residuales para la remoción de Cromo VI; aporte del trabajo experimental para la apropiación de lenguaje científico (tesis de pregrado). Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia.
- Llantoy, V. R. (2014). Estudio de los parámetros fisicoquímicos para la fitorremediación de cadmio (II) y mercurio (II) con la especie *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua). Obtenido de <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v80n3/a03v80n3.pdf>
- López, S., & Cuellar, W. (2009). Estrategia educativa, orientada al cambio de actividades frente a la contaminación del agua y cultivos por cadmio y plomo (tesis de pregrado). Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia.
- López luengo, M. (10 de 2004). Aloe vera Actividad farmacológica, indicaciones y reacciones adversas. Obtenido de <http://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-pdf-13067351-S300>
- Madera Payeta, A., Monasterio Martín, I., Jaraiz Lara, A., Cantador Gutiérrez, R., Sánchez Sánchez, J. C., & Varas Moreno, R. (2010). Estudio de Casos. Madrid.
- Mentaberry, A. (2011). Agrobiotecnología. Obtenido de http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/IQM_fitorremediacion_argentina_25620.pdf
- Milachay, Y. (12 de 09 de 2009). ¿pueden las plantas reparar los suelos contaminados? Obtenido de <https://cienciaescolar.wordpress.com/2009/09/12/recuperando-suelos-fitorremediacion/>

- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (12 de 2012). Diagnóstico Nacional de Salud Ambiental. Obtenido de <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/INEC/IGUB/Diagnostico%20de%20salud%20Ambiental%20compilado.pdf>**
- Muñoz Sanchez, V.Y. (2010). Facultad de ingeniería y Ciencias agropecuarias. Obtenido de: Tratamiento biológico combinado con filtración en tamices moleculares, de aguas contaminadas con hidrocarburos, afectadas por el derrame d la línea de flujo del pozo shushuqui 3, canton largo agro, provincia de sucumbios, Ecuador: <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/2282/1/UDLA-EC-TIAM-2010-10.pdf>**
- Oquendo, J. (2016). Evaluación de thypa latifolia en la absorción de plomo y propuesta de fitorremediación de aguas residuales con metales pesados en la laguna de yahuarcocha (tesis gestión ambiental en la industria), Ecuador.**
- Palomino Amorín, C. C., Vargas Parker, R., & Visitación Figueroa, L. (2016). Aprovechamiento de pelos de vacuno del proceso de pelambre enzimático de las curtiembres en la remoción de plomo. Sociedad Química del Perú, 191.**
- Paredes, J & Ñique, M. (2016). Optimización de la fitorremediación de mercurio en humedales de flujo continuo empleando eichhornia crassipes “jacinto de agua (tesis de pregrado), Perú.**
- Parra Martinez, Y., & Balda Ayala, R. R. (08 de 2011). Visión General Sobre el Proceso de Fitorremediación en lodos provenientes de PTAR- Obtenido de <http://repository.unad.edu.co/handle/10596/6256>**
- Poveda, R, &. Evaluación de especies acuáticas flotantes para la fitorremediación de aguas residuales industrial y de uso agrícola previamente caracterizadas en el cantón ambato, provincia de Tungurahua (tesis de pregrado). Universidad de Ecuador, Ecuador.**
- Reyes, Y., Vergara, I., Torres, O., Díaz , M., & González, E. (Julio-Diciembre de 2016). Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo, 67. Obtenido de http://revistas.uptc.edu.co/index.php/ingenieria_sogamoso/article/view/5447**
- Rittman. (2001). BIOTECNOLOGIA DEL MEDIO AMBIENTE. PRINCIPIOS Y APLICACIONES. La biotecnología del Plomo.**
- Rodríguez, P, & Poveda, C. (2016). Diseño de un modelo costo-beneficio en la implementación de un sistema de fitorremediación de aguas residuales contaminadas con cromo en las curtiembres de san Benito sur de Bogotá (tesis de pregrado). Fundación universitaria Los Libertadores, Bogotá, Colombia**
- Rodríguez Susa, M., Porras, L., Pérez Hoyos, A. P., Rodríguez Ruiz, L. M., & Medina Muñoz, S. (2011). Calidad del recurso hídrico de Bogotá (2009-2010). Bogotá: Ediciones Uniandes.**
- Saffon Mejía, I. (24 de agosto de 2015). Universidad Católica de Manizales. Obtenido de REMOCIÓN DE HIDROCARBUROS EN AGUAS USANDO TECNOLOGÍAS DE FITORREMEDIACIÓN. Obtenido de <http://repositorio.ucm.edu.co:8080/jspui/handle/10839/1144?locale-attribute=en>**

Sánchez García, J. A. (2016). Diseño e implementación de una secuencia didáctica sobre la fitorremediación de cromo (VI) orientada al desarrollo de competencias científicas investigativas. Universidad Pedagógica Nacional.

Santillana. (4 de Marzo de 2007). Evaluación inicial o diagnóstica. Obtenido de <http://ww2.educarchile.cl/UserFiles/P0001/File/Evaluación%20Inicial.pdf>

Schwemmlin, D. S. (s.f.). Aloe Medical Group International (AMGI). Obtenido de <https://www.aloe-medical-group.com/es.html>

Stone, Martha. La enseñanza para la comprensión. Vinculación entre la investigación y la práctica. ed Paidós. Buenos Aires. 1999. págs 95-126

Valencia, U. d. (s.f.). Tema 7. Superficies sólidas: adsorción y catálisis heterogénea. Obtenido de https://www.uv.es/tunon/pdf_doc/Superficies_Solidas_A.pdf

Vega, A., Ampuero, N., & Díaz, L. (03 de diciembre de 2005). EL ALOE VERA (ALOE BARBADENSIS MILLER) COMO COMPONENTE DE ALIMENTOS FUNCIONALES. Obtenido de http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182005000300005

4. Contenidos

“La idea de que la comprensión no es algo que se posee; todo lo contrario, es algo que se construye, que se encuentra siempre en estado de formación” (Perkins, 1995), razón por la cual es necesario valorar la necesidad apremiante pedagógica de suscitar cambios a nivel de la didáctica y la metodología del aula, que busquen fortalecer desempeños; donde la comprensión de un tema o un concepto, no se quede en el transmisionismo y la percepción de una información, sino que busque crear estrategias que permitan ser capaces de emplear diversas actividades, acciones, estrategias que permitan acceder al conocimiento.

Enseñanza para la Comprensión (EpC)

Stone (1994, págs. 95-126), define enseñanza para la comprensión a partir inicialmente del concepto comprensión: “...cuando la comprensión se concibe como la capacidad de usar el propio conocimiento de maneras novedosas”, en otro apartado comenta que la comprensión es la facultad de poseer un conocimiento y tener la habilidad de manejar flexible e innovadoramente. En cuanto al concepto de enseñanza se deduce como la acción de transmitir habilidades, donde en conjunción Enseñanza para la comprensión es transmitir la habilidad de usar su propio conocimiento para desarrollarlo, transformarlo y manejarlo de manera flexible e innovadora.

A continuación, desarrolla la pregunta de “¿Qué necesita una pedagogía de la comprensión?”, así que para dar respuesta a ello Martha Stone plantea un marco conceptual guiado por cuatro preguntas claves:

“

1. ¿Qué tópicos generativos vale la pena comprender?
2. ¿Qué aspectos de esos tópicos deben ser comprendidos?
3. ¿Cómo podemos promover la comprensión?
4. ¿Cómo podemos averiguar lo que comprenden los alumnos?"

Metales tóxicos pesados

“Los metales Mercurio (Hg), Plomo (Pb), Cadmio (Cd) y Arsénico (As), son los que presentan el mayor peligro ambiental, debido a su uso extensivo, a su toxicidad y a su amplia distribución.”
(Baird, 2001, pág. 391)

Cada uno de ellos ocurre a niveles tóxicos en ciertos lugares. Los metales difieren de los compuestos tóxicos orgánicos en que son totalmente no degradables, lo cual permite que se acumule en los sistemas ambientales.

Plomo

El Plomo es un metal gris-azulado, siendo la galena su principal fuente de producción y se encuentra generalmente asociada con diversos minerales de Zinc, y en pequeñas cantidades con Cobre, Cadmio, Hierro, etc.

Gran parte del Plomo proviene de actividades humanas como la quema de combustibles fósiles, la manufactura y la explotación minera. Este metal pesado tiene diferentes usos, como en la fabricación de pilas, en prendas para proteger contra los rayos X, municiones y productos de metal como en las tuberías.

Características del plomo

El Plomo se encuentra ubicado en el grupo de metales del bloque P, con el número atómico 82 en la tabla periódica de Mendeléiev, así mismo tiene un peso atómico de 207,2 g/mol.

Entre sus propiedades se destaca su elasticidad, la cual depende de la temperatura ambiente que le permite extender sus átomos. Sus valencias químicas más comunes son 2 y 4. Es considerado como un elemento anfótero, ya que forma sales de plomo de los ácidos, así como sales metálicas del ácido plúmbico.

Posee una resistencia considerablemente buena ante el ataque del ácido sulfúrico y del ácido clorhídrico, pero se disuelve con lentitud en ácido nítrico.

Fitorremediación

La fitorremediación representa una tecnología alternativa y hace parte del grupo de Biotecnología, es una tecnología sustentable y de bajo costo para la restauración de ambientes y fuentes hídricas contaminadas. El término fitorremediación hace referencia a una serie de tecnologías que se basan en el uso de plantas para remover, transferir, estabilizar, concentrar

y/o destruir contaminantes (orgánicos e inorgánicos) en suelos, lodos, aguas y sedimentos. (Núñez López, Meas Vong, Ortega Borges, & Olguín, 2004, pág. 69)

Aloe vera (Aloe barbadensis miller)

El nombre Aloe es de origen árabe y significa “amargo y transparente brillante” por su gel, es **originaria de los climas cálidos y secos, actualmente se conocen cerca de 250 variedades, las cuales son utilizadas en fitoterapia, sin embargo, solamente el Aloe barbadensis miller ha demostrado ser la más útil al hombre gracias a su especialísima composición química (Canevaro, 2006, págs. 6-13)**

A lo largo de la historia según Silvia Canevaro en 2006, se han planteado diferentes definiciones del Aloe; para los sumerios el Aloe era sinónimo de “Virtudes mágica”, para los egipcios “Planta de la inmortalidad”, para los antiguos templarios “Lirio del desierto”, para los sanadores de la antigua China “Remedio armonioso” y finalmente para los monjes cristianos, quienes desde la edad media han transmitido el secreto de las propiedades medicinales de esta planta “Planta milagrosa”.

Cinética e isoterma de adsorción empleado

Al momento de hacer análisis de adsorción es importante el buen desarrollo de ecuaciones, debido a que durante el proceso de fitorremediación ocurre adsorción del metal en patrones se entiende como soluciones diluidas, lo que supone que el volumen de solución permanece constante durante el proceso, las pérdidas por evaporación son despreciables ya que los puntos de ebullición tanto del agua como del metal son lejanos de las condiciones de temperatura (ambiente) como la que se trabajó, la carga del metal (Plomo II) adsorbido por la planta (Aloe vera).

5. Metodología

Este Trabajo se dividió en dos fases, cada uno propuesta con su respectivo tiempo y actividades.

Fase Uno

Sesión	Proceso
1	Cinética
2	Tipo de fitorremediación
3	Desorción
4	Isoterma de adsorción

Fase Dos

Actividad	Metodología
1	*Conferencia acerca del modelo pedagógico Enseñanza para la comprensión (EpC), explicación diferencia entre mapa mental y conceptual * Conferencia sobre fitorremediación * Conferencia sobre <i>Aloe vera (Aloe Barbadensis miller)</i> *Aplicación guía "Fitorremediación y <i>Aloe vera (Aloe Barbadensis miller)</i> "
2	*Conferencia sobre "Plomo y sus efectos en la salud" *Socialización por parte de los estudiantes de su postura respecto al caso de estudio "Un malestar asesino". *Entrega de dictamen del caso de estudio.
3	*Lectura previa de la guía de juego de roles: "niños con plomo en sangre" * Video 1: documental introductorio "Pasco sí existe" * Video 2: "Cuarto poder-cerro de Pasco: con el Plomo en Sangre" *Desarrollo del juego de roles
4	*Solución: Taller cinética e isotermas
5	*Explicación de trabajo experimental *Entrega de base de datos de Excel *Desarrollo de laboratorio Fitorremediación para la remoción de plomo II con <i>Aloe vera (Aloe Barbadensis miller)</i>

Clase de investigación

Investigación – acción

Caracterización de la población

Dieciséis (16) estudiantes de ambos géneros de décimo semestre de licenciatura en química de la Universidad Pedagógica Nacional de Bogotá, los cuales se encontraban cursando el Énfasis Disciplinar Tecnologías Limpias II.

6. Conclusiones

- **El estudio preliminar permitió la implementación de la secuencia a partir de las metas de comprensión y desempeños de comprensión para el tópico fitorremediación, observando durante la secuencia de actividades avances constantes en la comprensión del tópico.**
- **El desarrollo de una evaluación diagnóstica continua, permitió una reflexión y un avance progresivo por parte de los estudiantes, incentivando la comprensión del tópico.**
- **La prueba de salida demostró que el 69% de los estudiantes alcanzó la comprensión del tópico en la categoría "Domina", así mismo se resalta el constante desempeño durante la implementación de la secuencia de actividades de los grupos 2,5 y 6.**
- **Para el proceso fitorremediador del *Aloe vera*, el comportamiento de la cinética de adsorción fue del modelo de pseudo segundo orden de Ho y Mackey, con una respectiva linealización del modelo de Langmuir. Se encontró que para el *Aloe vera* la capacidad máxima de adsorción de Plomo II fue de 0,556 mg de Pb/ g de *Aloe vera*, lo que quiere decir que por un gramo de planta es posible absorber 0,556 miligramos del contaminante plomo, estimando también una constante de afinidad de 23,504 L/mg de Pb, la cual se define como la "facilidad" que tiene la planta para absorber el plomo; a su vez se observó**

un porcentaje de remoción del 100% en solo 5 horas y un porcentaje de desorción de 32,3% en EDTA 0,01 M en 48 horas.

- El Aloe vera (*Aloe barbadensis miller*) es una especie fitorremediadora, que se postula como una posible planta metalofita con tipo de fitorremediación denominado fitoextracción, reconociendo que hasta la actualidad no se han encontrado estudios previos.
- El estudio preliminar ofrece una solución a la problemática ECO ambiental, en la implementación de la fitorremediación como una alternativa limpia en la remoción de Plomo II, con Aloe vera (*Aloe barbadensis miller*).

Elaborado por:	Monroy Tovar Maria Alejandra Muñoz Arias Yamile Alexandra
Revisado por:	Dora Luz Gómez Aguilar

Fecha de elaboración del Resumen:	20	02	2018
-----------------------------------	-----------	-----------	-------------

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	24
2. ANTECEDENTES.....	26
2.1 Internacionales.....	26
2.2 Nacionales.....	28
2.3 Locales.....	30
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	33
4. JUSTIFICACIÓN.....	34
5. OBJETIVOS.....	35
5.1 OBJETIVO GENERAL.....	35
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	35
6. MARCO TEÓRICO.....	36
6.1 Ámbito pedagógico: Enseñanza para la comprensión (EpC).....	36
6.2 Metales tóxicos pesados.....	39
6.2.1 Plomo.....	41
6.2.1.1 Características del plomo.....	41
6.2.1.2 El Plomo en el medio ambiente y sus efectos en la salud.....	42
6.3 Ámbito referente al tópico generativo: Biotecnología del medio ambiente, corrección mediante plantas.....	42
6.3.1 Fitorremediación.....	43
6.3.1.1 Fitodegradación.....	44
6.3.1.2 Fitoestimulación.....	44
6.3.1.3 Fitovolatilización.....	45
6.3.1.4 Fitoestabilización.....	45
6.3.1.5 Fitoextracción.....	45
6.3.1.6 Rizofiltración.....	45
6.4 Aloe vera (<i>Aloe barbadensis miller</i>)	46
6.4.1 Variedades botánicas de la planta.....	47
6.4.2 Partes de la planta.....	48
6.4.3 Proceso de absorción por la raíz.....	48
6.4.4 Cultivo y floración.....	49
6.4.5 Componentes químicos de Aloe.....	50

6.5	Ámbito referente a Cinética e isoterma de adsorción empleado.....	50
7.	METODOLOGÍA.....	53
7.1	Caracterización de la población.....	53
7.2	Implementación de instrumento prueba de entrada previa a la secuencia de actividades.....	53
7.3	Estudio preliminar e implementación de la secuencia de actividades.....	54
7.3.1	Fase Uno.....	54
7.3.2	Fase Dos.....	54
7.4	Aplicación de la prueba de salida posterior a la aplicación de la secuencia de actividades.....	56
8.	RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	57
8.1	Prueba de entrada previa a la secuencia de actividades.....	57
8.2	Estudio preliminar e implementación de la secuencia de actividades.....	60
8.2.1	Fase Uno.....	60
8.2.2	Fase Dos.....	69
8.3	Aplicación de la prueba de salida posterior a la aplicación de la secuencia de actividades.....	86
9.	CONCLUSIONES.....	94
10.	SUGERENCIAS.....	95
11.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	96

LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1 Ventajas y desventajas de la fitorremediación.	46
Imagen 2 Tabla Clasificación taxonómica del Aloe.	47
Imagen 3 Partes del Aloe vera. Elaborado por autoras	48
Imagen 4 Estudiante respondiendo prueba de entrada	57
Imagen 5 Estudiante respondiendo prueba de entrada	57
Imagen 6 Buchón de agua sumergido en una concentración de 5,275 ppm de Pb.....	65
Imagen 7 Raíz de Buchón de agua en proceso de carbonización	65
Imagen 8 Spatyphylo sumergido en una concentración de 5,22 ppm de Pb.....	65
Imagen 9 Separación partes de Spatyphylo	65
Imagen 10 Aloe vera sumergido en una concentración de 5,34 ppm de Pb	66
Imagen 11 Aloe vera después de 7 horas de contacto con Pb	66
Imagen 12 Especies vegetales trabajadas.....	67
Imagen 14 Mapa mental con poca ramificación, colores y manejo de sentido de lectura	70
Imagen 15 Mapa mental buena jerarquización, colores y lectura del tópico trabajado	70
Imagen 16 Conferencia por parte de Autoras.....	73
Imagen 17 Conferencia por parte de Autoras.....	73
Imagen 18 Presentación oral. Actividad 2.....	75
Imagen 19 Presentación oral. Actividad 2.....	75
Imagen 20 Desarrollo Actividad 3	78
Imagen 21 Desarrollo Actividad 3	78
Imagen 22 Socialización del desarrollo Actividad 4	81
Imagen 23 Desarrollo Actividad 4	81
Imagen 24 Especies trabajadas sumergidas en soluciones con concentraciones de Pb conocidas .	82

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Antecedentes internacionales	26
Tabla 2 Antecedentes Nacionales	28
Tabla 3 Antecedentes Locales	30
Tabla 4 Sesiones experimentales	54
Tabla 5 Secuencia de Actividades	54
Tabla 6 Convenciones prueba de entrada	57
Tabla 7 Tabulación de respuestas prueba de entrada	57
Tabla 8 Datos tipo de fitorremediación correspondientes al Buchón de agua.....	64
Tabla 9 Datos tipo de fitorremediación correspondientes al Spatyphylo	64
Tabla 10 Datos tipo de fitorremediación correspondientes al Aloe vera	64
Tabla 11 Datos obtenidos a partir del proceso de desorción	66
Tabla 12 Datos de las 6 especies vegetales Aloe vera (Aloe barbadensis miller)	67
Tabla 13 Consolidado isothermas de adsorción	69
<i>Tabla 14 Resultados criterio 1 Actividad 1</i>	<i>71</i>
<i>Tabla 15 Resultados criterio 2 Actividad 1</i>	<i>71</i>
Tabla 16 Resultados Criterio 3 Actividad 1.....	71
Tabla 17 Resultados Criterio 4 Actividad 1.....	71
<i>Tabla 18 Resultados Criterio 5 Actividad 1.....</i>	<i>72</i>
<i>Tabla 19 Resultados Criterio 6 Actividad 1.....</i>	<i>72</i>
<i>Tabla 20 Resultados criterio 1 Actividad 2 Oral</i>	<i>74</i>
Tabla 21 Resultados Criterio 2 Actividad 2 Oral.....	74
Tabla 22 Resultados Criterio 3 Actividad 2 Oral.....	74
Tabla 23 Resultados Criterio 4 Actividad 2 Oral.....	74
Tabla 24 Resultados Criterio 5 Actividad 2 Oral.....	75
Tabla 25 Resultados Criterio 1 Actividad 2 Escrito.....	76
Tabla 26 Resultado Criterio 2 Actividad 2 Escrito	76
Tabla 27 Resultado Criterio 3 Actividad 2 Escrito	76
Tabla 28 Resultado Criterio 4 Actividad 2 Escrito	77
Tabla 29 Resultado Criterio 5 Actividad 2 Escrito	77
Tabla 30 Resultados Rúbrica, Juego de Roles Actividad 3.....	79
Tabla 31 Convenciones Resultados Juego de Roles Actividad 3	79
Tabla 32 Resultados Rúbrica Juego de Roles para diagrama, Actividad 3	79
Tabla 33 Resultados Rúbrica, Informe de Laboratorio Actividad 4.....	82
Tabla 34 Convenciones Resultados Informe de Laboratorio Actividad 4.	83
Tabla 35 Resultado Criterio 1. Actividad 4	83
Tabla 36 Resultado Criterio 2. Actividad 4	83
Tabla 37 Resultado Criterio 3. Actividad 4	84
Tabla 38 Resultado Criterio 4. Actividad 4	84
Tabla 39 Resultado Criterio 5. Actividad 4	84
Tabla 40 Resultado Criterio 6. Actividad 4	85
Tabla 41 Resultado Criterio 7. Actividad 4	85
Tabla 42 Convenciones prueba de salida.....	87
Tabla 43 Tabulación de respuestas prueba de salida	87

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1 Resultados pregunta 1 prueba de entrada.....	47
Gráfica 2 Resultados pregunta 3 prueba de entrada.....	47
Gráfica 3 Resultados pregunta 2 prueba de entrada.....	47
Gráfica 4 Resultados pregunta 4 prueba de entrada.....	48
Gráfica 5 Resultados pregunta 6 prueba de entrada.....	48
Gráfica 6 Resultados pregunta 5 prueba de entrada.....	48
Gráfica 7 Resultados pregunta 8 prueba de entrada.....	48
Gráfica 8 Resultados pregunta 10 prueba de entrada.....	49
Gráfica 9 Resultados pregunta 7 prueba de entrada.....	49
Gráfica 10 Resultados pregunta 9 prueba de entrada.....	49
Gráfica 11 Curva de calibración para la cinética.....	61
Gráfica 12 Modelo de pseudo segundo orden de HO y MACKEY para el Buchón de agua.....	62
Gráfica 13 Modelo de pseudo segundo orden de HO y MACKEY para el Spatyphylo.....	62
Gráfica 14 Modelo de pseudo segundo orden de HO y MACKEY para el Aloe vera.....	63
Gráfica 15 Curva de calibración para tipo de fitorremediación.....	63
Gráfica 16 Linealización Isoterma de Langmuir.....	58
Gráfica 17 Isoterma de Langmuir.....	68
Gráfica 18 Resultados criterio 1 Actividad 1.....	71
Gráfica 19 Resultados criterio 2 Actividad 1.....	71
Gráfica 20 Resultados criterio 4 Actividad 1.....	61
Gráfica 21 Resultados criterio 4 Actividad 1.....	62
Gráfica 22 Resultados criterio 5 Actividad 1.....	62
Gráfica 23 Resultados criterio 6 Actividad1.....	72
Gráfica 24 Resultados criterio1 Actividad 2 Oral.....	74
Gráfica 25 Resultados criterio 2 Actividad 2 Oral.....	64
Gráfica 26 Resultados criterio 3 Actividad 2 Oral.....	64
Gráfica 27 Resultados criterio 4 Actividad 2 Oral.....	65
Gráfica 28 Resultados criterio 5 Actividad 2 Oral.....	65
Gráfica 29 Resultados criterio 1 Actividad 2 Escrito.....	66
Gráfica 30 Resultado Criterio 2 Actividad 2 Escrito.....	66
Gráfica 31 Resultado Criterio 3 Actividad 2 Escrito.....	67
Gráfica 32 Resultado Criterio 4 Actividad 2 Escrito.....	67
Gráfica 33 Resultado Criterio 5 Actividad 2 Escrito.....	67
Gráfica 34 Resultados Rúbrica Juego de Roles por grupos Actividad 3.....	70
Gráfica 35 Resultado Criterio 1 Actividad 4.....	73
Gráfica 36 Resultado Criterio 2 Actividad 4.....	73
Gráfica 37 Resultado Criterio 3 Actividad 4.....	74
Gráfica 38 Resultado Criterio 4 Actividad 4.....	74
Gráfica 39 Resultado Criterio 5 Actividad 4.....	74
Gráfica 40 Resultado Criterio 6 Actividad 4.....	75
Gráfica 41 Resultado Criterio 7 Actividad 4.....	75
Gráfica 42 Resultados pregunta 5 Prueba de salida.....	77
Gráfica 43 Resultados pregunta 1 Prueba de salida.....	78
Gráfica 44 Resultados pregunta 3 Prueba de salida.....	78
Gráfica 45 Resultados pregunta 10 Prueba de salida.....	79
Gráfica 46 Resultados pregunta 2 Prueba de salida.....	79

Gráfica 47 Resultados pregunta 6 Prueba de salida.....	80
Gráfica 48 Resultados pregunta 7 Prueba de salida.....	80
Gráfica 49 Resultados pregunta 8 Prueba de salida.....	81
Gráfica 50 Resultados pregunta 9 Prueba de salida.....	81
Gráfica 51 Resultados pregunta 4 Prueba de salida.....	81

LISTA DE ANEXOS

(CARPETA MATERIAL DE APOYO)

ANEXO 1. Prueba de Entrada

ANEXO 2. Lectura: Fitorremediación y Aloe vera (*Aloe barbadensis miller*)

ANEXO 3. Estudio de caso: Un malestar asesino

ANEXO 4. Juego de roles: Niños con plomo en sangre

ANEXO 5. Taller *Aloe vera* (*Aloe barbadenses miller*)

ANEXO 6. Taller *Buchón de agua* (*Eichhornia crassipes*)

ANEXO 7. Taller Spatyphylo (*Spathiphyllum*)

ANEXO 8. Prueba de Salida

ANEXO 9. Rúbrica para evaluación de mapas mentales sobre fitorremediación y *aloe vera*

ANEXO 10. Rúbrica: Valoración top secret escrito: un malestar asesino

ANEXO 11. Rúbrica: Valoración top secret oral: Un malestar asesino

ANEXO 12. Rúbrica: Valoración juego de roles: Niños con plomo en la sangre

ANEXO 13. Rúbrica: valoración informe de laboratorio

ANEXO 14. Datos de laboratorio para estudiantes

ANEXO 15. Datos de laboratorio para estudiantes (Isoterma y desorción)

ANEXO 16. Procedimientos laboratorio

ANEXO 17. Datos y cálculos (tipo de fitorremediación y cinética)

ANEXO 18. Informe No 1 laboratorio grupo de estudiantes

ANEXO 19. Informe No 2 laboratorio grupo de estudiantes

ANEXO 20. Taller No 1 resuelto por grupo de estudiantes

ANEXO 21. Datos y cálculos (Isoterma)

ANEXO 22. Prueba de salida solucionada

1. INTRODUCCIÓN

Desde que Lavoisier demostró la capacidad que tienen las plantas de descontaminar la atmósfera, se han desarrollado estudios bajo variables fisicoquímicas, que han permitido reconocer la efectividad de diferentes procesos, y la evolución de estos.

Es en 1991, donde se acuñó el término “*Fitorremediación*” como una vertiente de la biorremediación; la fitorremediación es un proceso que utiliza especies vegetales para remover, transferir y reducir contaminantes tanto orgánicos como inorgánicos en suelos, aguas y sedimentos.

A partir de la experimentación se han encontrado, seis tipos de fitorremediación; Fitoextracción, Rizofiltración, Fitoestabilización, Fitoestimulación, Fitovolatilización y Fitodegradación.

Para el presente trabajo se utiliza el *Aloe vera* (*Aloe barbadensis miller*), la cual es una planta que a través de los años ha sido designada como planta medicinal, ya que se le han atribuido diferentes beneficios para la salud humana. Es una planta originaria de África, fue introducida al continente americano por Cristóbal Colón, quien la utilizaba en sus recorridos para la curación de sus tripulantes y de sí mismo (Vega, Ampuero, & Díaz, 2005, págs. 208-209).

Aunque no es un proceso nuevo a nivel mundial, en la actualidad no se encuentran investigaciones que reporten que esta especie tiene la característica de remover metales pesados, por lo que se busca demostrar la capacidad de ésta para realizar dicho proceso en la descontaminación de aguas con Plomo.

El Plomo es un metal pesado que tiende a bioacumularse, “...es un elemento relativamente abundante, que se encuentra en aire, agua, suelo, plantas y animales. Sus fuentes naturales son la erosión del suelo, el desgaste de los depósitos de los minerales de plomo y las emanaciones volcánicas” (Badillo, 2010, pág. 168).

El Plomo se identifica por ser anfótero, debido a que tiene la capacidad de formar sales de plomo, las cuales son relativamente resistente al ataque del ácido sulfúrico y del ácido clorhídrico, esto se ve reflejado en la fabricación de las baterías de plomo-ácido que proporcionan la energía eléctrica para el motor de un vehículo.

Desde esta perspectiva este trabajo aplica el modelo pedagógico, enseñanza para la comprensión, desde la definición de Martha Stone. Se plantea como tópico

generativo Fitorremediación, apoyado de metas y desempeños de comprensión acordes a la secuencia de actividades.

La forma de evaluación que se diseña para este trabajo y bajo los parámetros establecidos por Stone, será de forma diagnóstica continua, por medio de trabajo en el aula y en el laboratorio que se fundamentan en la técnica de Fitorremediación.

2. ANTECEDENTES

A continuación, se retoman los aspectos más relevantes de 9 antecedentes (3 Antecedentes Internacionales, 3 Nacionales y 3 Locales) tesis, trabajos de grado o artículos, que permiten un apoyo a este proyecto de investigación.

Como se observa, son trabajos que se han desarrollado bajo la temática de Fitorremediación, contaminantes inorgánicos en aguas y Trabajos basados desde el modelo Enseñanza para la Comprensión.

2.2 Antecedentes Internacionales

Tabla 1 Antecedentes internacionales

Antecedentes	Resultados	Referencia
Evaluación de especies acuáticas flotantes para la fitorremediación de aguas residuales industrial y de uso agrícola previamente caracterizadas en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua	La fitorremediación es una tecnología emergente, de categorización verde para la remediación de suelos, sedimentos, agua superficial y subterránea, que se basa en el uso de la vegetación como principal agente descontaminador, para eliminar sustancias peligrosas para el medio ambiente (Alkorta, 2000). El resultado final señala que las especies que mejor acción fitorremediadora tienen para el caso de la muestra de agua industrial es el Jacinto de agua (<i>Eichhornia crassipes</i>), mientras que para el agua de uso agrícola las dos especies (<i>Jacinto de agua</i> y <i>lenteja de agua</i>) presentan resultados similares, es decir las dos pueden funcionar perfectamente como especies fitorremediadoras.	(Poveda & Velasteguí, 2014)
Optimización de la fitorremediación de mercurio en humedales de flujo continuo empleando eichhornia crassipes "jacinto de agua"	En esta investigación, se estudió la remoción de mercurio divalente con la especie <i>Eichhornia crassipes</i> en tres medios de pH. Preliminarmente se evaluó la concentración de nutrientes apropiada para la vida de la planta, luego se hizo la evaluación de la adaptación de la planta en los tres medios de pH sometiénola a concentraciones crecientes de mercurio. Los resultados preliminares indicaron que la <i>Eichhornia crassipes</i> posee una capacidad de amortiguamiento de pH y mayor crecimiento de la raíz en rango básico. Posteriormente, se aplicaron tratamientos para determinar el porcentaje de remoción de mercurio a	(Paredes, Manuel Ñique, & Ñique, 2015)

	<p>concentraciones de mercurio de 0.05 a 0.5 ppm, en los tres medios de pH. Para la determinación de mercurio se utilizó el método de la ditizona, realizando las lecturas en un espectrofotómetro UV-visible, a una longitud de onda de 520 nm. La mayor remoción del mercurio fue en medio básico, siendo un promedio de 94.68%. También se evaluó la capacidad de remoción de mercurio de la planta en intervalos regulares de tiempo, cada hora, por un período de 11 horas, observándose que gran parte de la remoción de mercurio fue en las tres primeras horas. Al final se experimentó en un humedal artificial superficial de flujo continuo a escala laboratorio, lográndose una remoción de mercurio de 99.5%</p>	
<p>Enseñanza para la comprensión un marco para el desarrollo profesional docente</p>	<p>Uno de los mayores avances en el campo de la educación en los últimos cincuenta años ha sido la posibilidad de dar cuenta del proceso de aprendizaje y de las variables que intervienen en los procesos de comprensión. La llamada revolución cognitiva ha desafiado los supuestos acerca de la inteligencia y del aprendizaje. Estos conocimientos son hoy bases fundantes para el desarrollo de las dimensiones didácticas de los nuevos paradigmas que se están gestando en relación con la calidad de la educación.</p> <p>Sin dudas la investigación educativa tiene el desafío de trascender la mirada micro del estudio de casos, pero tal vez la oposición entre micro y macro perspectivas también deba ser revisada. Poder proponer políticas públicas de desarrollo profesional docente implica necesariamente comprender más y mejor cómo se da este proceso de apropiación y qué condiciones contribuyen de mejor manera a propiciarlos. Entender la relación entre conocimiento y enseñanza, profundizar en cómo comprenden y qué comprenden quienes enseñan sigue siendo una tarea apasionante.</p>	<p>(Pogré, 2012)</p>

2.2 Antecedentes Nacionales

Tabla 2 Antecedentes Nacionales

Antecedentes	Resultados	Referencia
<p>Diseño de un modelo costo-beneficio en la implementación de un sistema de fitorremediación de aguas residuales contaminadas con cromo en las curtiembres de san Benito sur de Bogotá</p>	<p>El enfoque principal de este proyecto fue diseñar y desarrollar un modelo costo beneficio para tecnología nueva de tratamiento donde la Eichhornia pudo retener Cromo con el fin de aportar una nueva tecnología para el sector de curtiembres.</p> <p>Se caracterizó cada uno de los factores que genera la utilización de la Eichhornia Crassipes lo que llevó a realizar un minucioso estudio acerca de la implementación de esta en una PTAR en la industria de curtido por medio de un sistema de fitorremediación, fue allí donde se llegó a la conclusión que el uso de esta planta en aguas residuales indudablemente si reduciría el índice de contaminación de Cromo y DBO que esta presentó.</p>	<p>(Rodríguez & Poveda, 2016)</p>
<p>Diseño, desarrollo y evaluación de una tecnología de fitorremediación a escala de laboratorio utilizando la Eichhornia crassipes para el tratamiento aguas contaminadas con Cromo</p>	<p>Los ecosistemas naturales, tales como los humedales, son sistemas abundantes en nutrientes, agua y luz solar. Debido a esto es común encontrar la presencia de cierto tipo de plantas que han desarrollado adaptaciones morfológicas y bioquímicas permitiéndoles aprovechar al máximo las ventajas de estas condiciones de su entorno, las cuales han sido comúnmente denominadas “malezas acuáticas”. Entre estas malezas se encuentra la especie macrófita Eichhornia crassipes, conocida popularmente como el:</p>	<p>(Carreño Sayago & Granada Torres, 2016)</p>

	<p>“Jacinto de Agua”, o también “buchón de agua”, la cual tiene una amplia presencia en los cuerpos húmedos abiertos.</p> <p>Se concluyó que la fitorremediación a través de la <i>Eichhornia crassipes</i> es una alternativa para usarse como retenedor de metales pesados y materia orgánica debido a su alta capacidad para remover estos contaminantes del agua. Es fácil de usar ya que esta planta es muy común en el sector y sobre todo muy económica. Con las altas concentraciones de Cromo en las curtiembres del sur de Bogotá se hace indispensable utilizar varias plantas acuáticas en el sistema de tratamiento debido a la alta saturación en la acumulación de cromo. En esta investigación se evaluó el comportamiento de la planta con estas altas concentraciones y se concluye que para optimizar el proceso se deben alternar varias plantas de la misma especie para conseguir remociones por encima del 90%.</p>	
<p>La enseñanza para la comprensión como didáctica alternativa para mejorar la interpretación y producción oral y escrita en lengua castellana en el grado quinto del centro educativo municipal la victoria de Pasto</p>	<p>En este proyecto se propuso aplicar la Enseñanza para la Comprensión como didáctica alternativa, con el propósito de determinar su eficacia, para mejorar la interpretación y producción oral y escrita. Se buscó que los estudiantes desarrollen un pensamiento crítico y reflexivo frente a los textos leídos, que les permita crear sus propios textos, hacer lectura de sus realidades, comprenderlas e interpretarlas para que adopten posiciones que redunden no solamente en la consecución de metas y</p>	<p>(Rosario Betancourth Cerón & Madroñero Cerón, 2014)</p>

	<p>objetivos comunes en beneficio de su proceso educativo y formativo, sino también en beneficio de su comunidad.</p> <p>La utilización de la Enseñanza para la Comprensión como didáctica alternativa dentro del aula mejoró en un alto porcentaje la interpretación, la producción oral y escrita de los estudiantes. Lo que indica un avance significativo, donde la aplicación del modelo incentivó a pensar y actuar flexiblemente con lo que el estudiante sabe y con los nuevos conocimientos, situaciones que le facilitan ir más allá de un pensamiento y acción memorística y rutinaria, facilitándole la construcción de su propio conocimiento, entendiendo por qué y para qué aprender.</p>	
--	--	--

2.3 Antecedentes Locales

Tabla 3 Antecedentes Locales

Antecedentes	Resultados	Referencia
<p>Diseño, implementación y resultados de una propuesta de enseñanza fundamentada desde el enfoque de la Enseñanza para la Comprensión para potenciar el aprendizaje del tópico generativo “cambios de estado de la materia” en los estudiantes del curso 502 Jornada Tarde del Colegio San Francisco IED</p>	<p>Este proyecto surgió por la necesidad de conocer, interiorizar e implementar el enfoque de la EpC en la enseñanza de las ciencias naturales, fundamentado desde las investigaciones realizadas por un grupo de investigadores de la Universidad de Harvard, que proponen una reorganización de la enseñanza y de los contenidos con la finalidad de que los alumnos.</p> <p>según los autores el enfoque EpC, presentó por medio de su marco conceptual una efectiva estrategia que apunta al cambio de la educación, a su mejoramiento con calidad, en donde los</p>	<p>(Gamboa Velásquez, 2016)</p>

	estudiantes realmente “comprendan” y sean capaces de aplicar este conocimiento en diversas situaciones de su vida.	
Diseño e implementación de una secuencia didáctica sobre la fitorremediación de Cromo (VI) orientada al desarrollo de competencias científicas investigativas	<p>Es indispensable desarrollar estrategias y metodologías en las cuales los estudiantes aprendan a investigar investigando, enfrentar al estudiante con problemas reales permite adquirir habilidades que den cuenta al análisis de situaciones, con el fin de favorecer al desarrollo de competencias científicas investigativas en los estudiantes de noveno y décimo semestre de la licenciatura en química de la Universidad Pedagógica Nacional, se implementó una secuencia didáctica diseñada desde las fases que se abordan en un ciclo de aprendizaje de tipo hipotético-deductivo (Brown, 2003) en donde los estudiantes daban respuesta a problemas ambientales sobre contaminación por metales pesados en cuerpos de agua.</p> <p>Este trabajo de investigación permitió construir una mirada más crítica de las competencias investigativas que poseen y han adquirido los futuros docentes de química a través de los ciclos de fundamentación y profundización del programa de la licenciatura, lo cual hace reflexionar que no solo el docente necesita tener los conocimientos propios de la ciencia para ser competente, sino también tener en cuenta otros aspectos que se desarrollan quizás implícitamente, como la indagación.</p>	(Sánchez García, 2016)
Alfabetización científica y tecnológica en torno al proceso de fitorremediación como	La estrategia de alfabetización basada en las relaciones CTSA en el aula; sobre problemáticas hídricas que afectan el entorno de la	(Cárdenas Morales, Guerrero Patiño, &

<p>técnica de descontaminación y su implementación con estudiantes de IED Isla del sol desde el enfoque CTSA</p>	<p>población, es efectiva siempre y cuando se haga hincapié en las consecuencias que traen estas problemáticas con el diario vivir. Los estudiantes trabajan y asimilan mejor el trabajo propuesto si le ven importancia en su cotidianidad, lo ven como un conocimiento práctico el cual se puede trasladar a muchos de sus aspectos como ser humano.</p> <p>La efectividad de remoción por parte de las especies Azolla Filiculoides, Lemma Minor, Bidens Lavis, en los dos metales es muy alto, ya que, se encuentra un rango de porcentaje de remoción entre el 87.5% para la especie Azolla Filiculoides, con una concentración de 20 ppm para la solución sintética de Arsénico y 96.8% para la especie Azolla Filiculoides, con una concentración de 20 ppm para la solución sintética de Plomo. Las otras especies se encuentran dentro de este rango, por tal razón se concluye que las tres especies vegetales son específicas para la remoción de Plomo y Arsénico.</p> <p>En las tres especies vegetales hubo proceso de rizofiltración lo que significa que se presentó Fitoacumulación, por lo tanto, hay muerte prematura de las especies.</p>	<p>Orozco Orozco, 2011)</p>
--	---	-----------------------------

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El proceso metabólico del Plomo empieza con la fijación de éste a la membrana celular, posteriormente la sangre lo transporta hacia todo el cuerpo, se deposita en los tejidos de acuerdo con un gradiente de concentración y a la afinidad específica de cada órgano. El Plomo posee una gran afinidad por el tejido óseo, en mujeres embarazadas puede atravesar la barrera placentaria causando abortos espontáneos, puede causar otros síntomas como cefalea, dolor abdominal, visión borrosa, pérdida de la memoria, calambres, temblores, entre otros (Charris, Guerrero, & Barrera, 2011, págs. 200-204).

Según la UPME (Unidad de Planeación Minero-Energética) para el 2013 en Colombia se destacan los metales pesados (Cd, Hg, As y Pb), como algunos de los contaminantes que afectan la salud de millones de colombianos que trabajan o viven en zonas cercanas a yacimientos de dichos metales. (Reyes, Vergara, Torres, Díaz, & González, 2016, págs. 68-69)

Dichos yacimientos se encuentran en departamentos como Boyacá, Santander, Tolima, Quindío, Cauca, Caldas, Chocó, Nariño y Cundinamarca, donde sus residuos son descargados a las principales fuentes fluviales, contaminándolas y perjudicando a los habitantes que adquieren y consumen este recurso hídrico para sus necesidades.

Según la evaluación ambiental y plan de gestión ambiental, realizado por la CAR, “En el río Fucha, el plomo presentó la mayor concentración promedio respecto a los otros metales estudiados; esta tendencia se registró en todos los tramos y los valores superaron el límite establecido por la normatividad para uso y preservación de la vida acuática (IPMCA).”

Visualizada las necesidades de descontaminar fuentes hídricas con metales pesados, como el Plomo, surge el presente proyecto de investigación encaminado a la remoción de dicho contaminante por medio de la tecnología limpia; Fitorremediación.

A su vez el proyecto está guiado por el modelo pedagógico Enseñanza para la comprensión (EpC), donde se busca que los estudiantes identifiquen y reconozcan la Fitorremediación como una tecnología limpia la cual permite la remoción del metal pesado Plomo, en patrones con concentraciones conocidas del mismo.

Pregunta problema: ¿Cómo los estudiantes de décimo semestre de licenciatura en química de la Universidad Pedagógica Nacional del espacio académico Énfasis disciplinar II Tecnologías Limpias, reconocen y aplican el tópico generativo Fitorremediación con la especie *Aloe vera* (*Aloe barbadensis miller*), a partir del análisis de patrones con concentraciones conocidas de Plomo II por medio del enfoque EpC?

4. JUSTIFICACIÓN

Para el presente proyecto de investigación, se utilizó el modelo EpC, desde la definición de Martha Stone, el cual se desarrolla en cuatro partes: tópico generativo, metas de comprensión, desempeños de comprensión y evaluación diagnóstica continua.

A partir de lo anterior se plantea como tópico generativo; Fitorremediación, siendo esta una temática donde se puede involucrar al estudiante en el desarrollo de conceptos que ofrecen una base en el dominio de la disciplina.

Las metas de comprensión se plantean desde la definición, aplicación de Fitorremediación y análisis de adsorción en soluciones con concentraciones conocidas de Plomo; teniendo en cuentas sus características, factores químicos y físicos que afectan la concentración del contaminante.

A su vez se comparan los procesos de fitorremediación del *Aloe vera* (*Aloe barbadensis miller*) con especies reportadas en literatura caracterizadas por arrojar resultados positivos, determinando y comprobando las propiedades fisiológicas del *Aloe vera* (*Aloe barbadensis miller*).

Los desempeños de comprensión planteados para el proceso permiten a su vez, reconocer la habilidad de los estudiantes para demostrar la comprensión y/o dominio del tópico mediante actividades que involucran una evaluación diagnóstica continua.

Por lo anterior este trabajo busca una alternativa de remoción de este metal pesado, realizando pruebas en soluciones con concentraciones conocidas de patrones de Plomo II, mediante el proceso de fitorremediación con una especie vegetal de la que hasta la actualidad no se encuentran registros para este tipo de proceso.

5. OBJETIVOS

5.1 GENERAL

Diseñar una secuencia de actividades para la comprensión del tópico fitorremediación desde la Enseñanza para la comprensión (EpC), en estudiantes del Énfasis disciplinar II: Tecnologías limpias, a partir del estudio y la demostración de la capacidad de remoción del *Aloe vera (Aloe barbadensis miller)*, para la adsorción de Plomo II en soluciones con concentraciones de patrones de Plomo conocidas.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el potencial de la estrategia didáctica dirigida a la comprensión del tópico generativo Fitorremediación, como una tecnología limpia, en el campo de la biorremediación, orientado por el modelo Enseñanza para la Comprensión (EpC).
- Estimar la capacidad de adsorción de Plomo II en *Aloe vera (Aloe barbadensis miller)*, para comparar los datos obtenidos con especies reportadas en literatura.
- Interpretar los resultados de isotermas de adsorción y tipo de fitorremediación con *Aloe vera (Aloe barbadensis miller)*, para el estudio del tópico desde la Enseñanza para la Comprensión (EpC) a partir de la formulación de las metas de comprensión, desempeños de comprensión y evaluación diagnóstica continua.

6. MARCO TEÓRICO

6.1 Ámbito pedagógico: Enseñanza para la Comprensión (EpC)

Stone (1994, págs. 95-126), define enseñanza para la comprensión a partir inicialmente del concepto comprensión: “...cuando la comprensión se concibe como la capacidad de usar el propio conocimiento de maneras novedosas”, en otro apartado comenta que la comprensión es la facultad de poseer un conocimiento y tener la habilidad de manejar flexible e innovadoramente. En cuanto al concepto de enseñanza se deduce como la acción de transmitir habilidades, donde en conjunción Enseñanza para la comprensión es transmitir la habilidad de usar su propio conocimiento para desarrollarlo, transformarlo y manejarlo de manera flexible e innovadora.

A continuación, desarrolla la pregunta de “¿Qué necesita una pedagogía de la comprensión?”, así que para dar respuesta a ello Martha Stone plantea un marco conceptual guiado por cuatro preguntas claves:

“

1. *¿Qué tópicos generativos vale la pena comprender?*
2. *¿Qué aspectos de esos tópicos deben ser comprendidos?*
3. *¿Cómo podemos promover la comprensión?*
4. *¿Cómo podemos averiguar lo que comprenden los alumnos?”*

La investigación desarrollada por Martha Stone, para desarrollar la pedagogía de Enseñanza Para la Comprensión, llevó a cabo una forma de responder a estas preguntas a partir de cuatro partes:

“

1. *Tópicos generativos*
2. *Metas de comprensión*
3. *Desempeños de comprensión*
4. *Evaluación Diagnóstica continua”*

Stone aclara que cada una de estas partes se centra en el desarrollo de una de las preguntas clave.

En el caso de la primera pregunta “¿Qué tópicos generativos vale la pena comprender?”, lo vincula con la parte “**Tópicos generativos**”, allí inicia con la siguiente frase: “ *Determinar el contenido del currículo es un proceso espinoso*” (Stone 1994), establece dos tipos de currículo, uno es el currículo que habitualmente se enseña en la escuela y se vincula con las preocupaciones y experiencias de los estudiantes, el otro es el currículo diseñado para promover la comprensión de los estudiantes y que no sólo ofrezca información.

A continuación, se centra en una pregunta principal “¿Cómo deberían los docentes elegir y diseñar currículos que respondan a estos requisitos?” (Stone, 1994), Stone, junto a su grupo de investigadores llegó a la conclusión de que un correcto tópico generativo es aquel que cumpla con los siguientes requisitos:

“

- i. *Es central para el dominio de la disciplina:* Se trata de una temática donde se involucra al estudiante en el desarrollo de comprensiones que ofrecen una base para un trabajo más sofisticado en el dominio de la disciplina, los conceptos allí trabajados son conceptos centrales.
- ii. *Accesible e interesante para los alumnos:* Se debe vincular con las experiencias y las preocupaciones que tienen los alumnos, dicho tópico varía según la edad, los contextos sociales y culturales los intereses personales y la formación intelectual de los alumnos.
- iii. *Excita las pasiones intelectuales del docente:* La capacidad generativa del tópico depende tanto de la manera en que se le enseña como de sus características substanciales, por lo tanto, es importante la inversión que realiza el docente en el desarrollo del tópico.
- iv. *Rico en conexiones:* Se deben vincular el tópico con experiencias previas de los alumnos, tanto fuera como dentro de la escuela, lo cual llevará a que se generen preguntas más profundas, ya que el estudiante se mostrará interesado con lo que ya conoce.” (Stone, 1994)

Los docentes dentro de la investigación establecieron una estrategia útil para desarrollar los tópicos generativos que los docentes trabajaban, realizaban un mapa conceptual con el tópico generativo como concepto principal. Dicho mapa ayudaría a revelar las conexiones generativas.

En el caso de la segunda pregunta “¿Qué aspectos de esos tópicos deben ser comprendidos?”, donde lo vincula con “**Metas de comprensión**”, en esta parte Stone inicia con la frase “*Afirman explícitamente lo que se espera que los alumnos lleguen a comprender*” (Stone, 1994), desarrolla la idea de que establecer metas define de manera más específica ideas, procesos, relaciones, o preguntas que los estudiantes comprenden mejor por medio de la realización continua de preguntas.

Cuando un docente fija dichas metas, es importante que éste distinga entre metas finales y metas intermedias, metas que se pueden desarrollar a corto plazo de metas que a medida que se va avanzando se va logrando la comprensión de un concepto que se tenía como objetivo final.

Una dificultad frecuente que los investigadores vieron importante establecer, es que muchas veces los docentes son incapaces de fijar una meta de comprensión porque desconoce de la disciplina que enseña, o simplemente no tiene clara la temática que va a desarrollar.

El proyecto determinó que dichas metas de comprensión son más efectivas cuando cumplen con los siguientes aspectos:

“

- i. *Son explícitas y públicas:* Los docentes articulan sus metas de comprensión primordiales ante sus alumnos y ante otros actores clave en el contexto escolar tales como padres, administrativos y colegas. Las metas públicas ayudan a todos a saber hacia dónde está dirigida la clase.
- ii. *Están dispuestas en una estructura compleja:* Clarifica las conexiones entre cualquier ejercicio particular y los objetivos más amplios del curso, así como las metas definidas están relacionadas con las metas generales, pero difieren de su fecha de alcance y su trabajo progresivo para alcanzar dichas metas generales.
- iii. *Son centrales para la materia:* Deben centrarse en las ideas, modalidades de indagación, y formas de comunicación que resultan esenciales si el objetivo es que los estudiantes entiendan la asignatura.” (Stone, 1994, págs. 95-126)

Los investigadores del proyecto diseñaron cuatro dimensiones que articulan el alcance de la comprensión en todas las materias: Conocimiento, métodos, propósitos y formas de expresión.

La siguiente pregunta “¿Cómo podemos promover la comprensión?” la cual se vincula con el apartado “**Desempeños de comprensión**”, es el elemento quizá más importante del marco conceptual de enseñanza para la comprensión, esta parte centra la atención en lo que hacen los alumnos, más en lo que hacen los docentes, donde los mismo obligan a los alumnos a analizar lo que hacen y aprenden, es allí donde diseñan la manera de distinguir entre los desempeños de comprensión de otro tipo de actividades. Los desempeños que cumplen con la definición de expresar, extender, sintetizar, aplicar lo que uno ya sabe de manera creativa y novedosa incluyen explicar, interpretar, analizar, relacionar, comparar y hacer analogías. Los desempeños de comprensión involucran a los alumnos en la creación de su propia comprensión. Se Plantaron tres categorías progresivas comunes:

“

- i. *Etapa de exploración:* Consiste en explorar los elementos de la investigación inicial, no estructurada aún, da una idea de lo que los alumnos ya saben y quieren llegar a aprender.
- ii. *Investigación guiada:* Los docentes pueden guiarse en actividades básicas tales como observación cuidadosa, registro preciso de datos, el uso de un vocabulario rico o la síntesis de notas alrededor de una pregunta específica.
- iii. *Proyecto Final de síntesis:* Demuestra con claridad el dominio que tienen los alumnos de las metas de comprensión establecidas.” (Stone, 1994, págs. 95-126)

La última pregunta “¿Cómo podemos averiguar lo que comprenden los alumnos?”, que se vincula con la parte “**Evaluación Diagnóstica continua**”, Stone destaca que el aprendizaje avanza por medio de la valoración del desempeño propio y de los otros en relación con criterios claros. De esta forma la evaluación diagnóstica lo que hace es reforzar a la vez que evalúa el aprendizaje, Constantemente se está comparando el desempeño anterior, con el que se tiene y al que se quiere llegar. Los docentes que desarrollaron el proyecto a menudo durante el proyecto se volvían más conscientes de sus propios criterios tácitos cuando examinaban los desempeños iniciales en borrador de los alumnos y reconocían rasgos de ejemplos débiles y fuertes.

Las evaluaciones continuas se basan en criterios públicos vinculados con metas de comprensión, tienen lugar a menudo, son hechas por los alumnos y los docentes por igual y configuran la planificación y a la vez estiman el progreso de los alumnos.

“

- i. *Criterios relevantes, explícitos y públicos*: Están directamente relacionados con las metas de comprensión, se relaciona inicialmente con el proceso de hacer borradores de los desempeños de comprensión, que es probable que evolucione a lo largo del desempeño de comprensión, se publica dicho desempeño y así se comprenden antes de que se les use para evaluar los dichos desempeños.
- ii. *Evaluaciones diagnósticas continuas*: Se realizan constantemente desde que inicia la secuencia curricular hasta que termina y va de acuerdo con cada desempeño de comprensión.
- iii. *Múltiples fuentes*: Los estudiantes se benefician no sólo de lo las evaluaciones de su trabajo sino también de hacer autoevaluaciones de sus propios desempeños y heteroevaluaciones es decir evaluación de sus pares.
- iv. *Estimar el avance y configurar la planificación*: Se remontan a contralar y conocer el avance realizado, los estudiantes aprenden no sólo de cómo han cumplido sino de cómo pueden mejorar sus desempeños, la evaluación diagnóstica permite que el docente conozca cómo avanzan los alumnos tanto individualmente como la clase en su totalidad.” (Stone, 1994, págs. 95-126)

6.2 Metales tóxicos pesados

“Los metales Mercurio (Hg), Plomo (Pb), Cadmio (Cd) y Arsénico (As), son los que presentan el mayor peligro ambiental, debido a su uso extensivo, a su toxicidad y a su amplia distribución.” (Baird, 2001, pág. 391)

Cada uno de ellos ocurre a niveles tóxicos en ciertos lugares. Los metales difieren de los compuestos tóxicos orgánicos en que son totalmente no degradables, lo cual permite que se acumule en los sistemas ambientales. Los últimos sumideros de los metales pesados son los suelos y los sedimentos.

Algunas propiedades comunes según Baird (2001, pág. 393) que presentan los metales pesados es que son transportados a través del aire, como gases o especies absorbidas, esto permite que por ejemplo en el caso del Plomo se dé una deposición en lagos, como se han encontrado en los lagos europeos debido a la fabricación de monedas de los antiguos griegos.

La toxicidad es la principal característica de éste selecto grupo de metales pesados, el mecanismo de su acción tóxica proviene de la afinidad de los cationes por el azufre presente comúnmente en las enzimas, controlan la velocidad de las reacciones metabólicas críticas en el cuerpo humano.

Para el tratamiento Baird (2001, pág. 415) plantea la administración de un compuesto que atrae al metal, como lo es el EDTA, que, al estar en contacto con el metal pesado, lo rodea formando un quelato, lo disuelve y posteriormente se excreta del cuerpo.

Según Baird (2001, 394), para la bioacumulación de los metales pesados, se resalta que el único metal capaz de bioacumularse es el mercurio, entendiéndose que la extensión en la que una sustancia se acumula en un ser humano depende de la velocidad, es decir la velocidad de eliminación es igual a la velocidad de ingestión, tal como lo muestra la fórmula: $KC=V$.

Siendo el mercurio (Hg) uno de los principales y más reconocidos metales pesados Baird, (2001) recalca algunas de sus características; se produce en la quema de carbón, en el fueloil, lamparas de vapor de mercurio y por su puesto baterías.

Al ser un metal volátil tal y cómo se evidencia en la tabla periódica, a temperatura ambiente su vapor es tóxico, afecta principalmente los pulmones los cuales conducen la toxicidad al torrente sanguíneo.

Se disuelve en agua de lluvia y se deposita después en el suelo o en los reservorios de agua, de tal forma que las personas que tienen contacto con estos suelos o estos reservorios ser pueden ver seriamente afectadas, sin una debida manipulación.

El siguiente metal pesado en lista es el Plomo (Pb), según la tabla periódica con punto de fusión 327°C y punto de ebullición 1740°C , dentro de sus principales usos el Plomo está presente en la fabricación de pinturas, en la elaboración de cañerías de acueducto, en la antigua Grecia en utensilios de cocina, así como en techado e iluminación y municiones, debido a estos usos se propagó el consumo en el hombre del Plomo, el agua proveniente de las cañerías construidas con este metal fácilmente era ingerida por multitudes ya que se disuelve en agua.

En el medio ambiente, el Plomo tetraalquilado proviene de la gasolina de tal forma que al encontrarse en la atmosfera se deposita fácilmente en el suelo, agua, frutas y vegetales (es absorbido por las plantas).

En la salud, se encuentra en los huesos realizando una sustitución de ion Pb^{2+} por ion Ca^{2+} , permaneciendo en el cuerpo por años, generando daños en sistemas neurológicos, en el sistema reproductivo al realizar una disfunción en el esperma masculino, y en la mujer al desarrollar incapacidad en las mujeres de desarrollar el feto adecuadamente.

El Cadmio por su parte posee un punto de ebullición de $765^{\circ}C$ según la tabla periódica, es soluble en agua, menos cuando hay azufre, se encuentra principalmente en mariscos, carne, trigo, arroz, granos y patatas.

Por contacto se almacena en el hígado y en los riñones. Actualmente se usa como electrodo de baterías recargables de Níquel (5 gramos aproximadamente, se volatiliza), en pigmentos, hojas de tabaco y plásticos.

El Arsénico según literatura era usado en la edad media para efectuar homicidios, o suicidios, en la actualidad está presente en pesticidas, lixiviados de minas de oro y herbicidas. En la salud, por inhalación puede causar cáncer de pulmón.

6.2.1 Plomo

El Plomo es un metal gris-azulado, siendo la galena su principal fuente de producción y se encuentra generalmente asociada con diversos minerales de Zinc, y en pequeñas cantidades con Cobre, Cadmio, Hierro, etc.

Gran parte del Plomo proviene de actividades humanas como la quema de combustibles fósiles, la manufactura y la explotación minera. Este metal pesado tiene diferentes usos, como en la fabricación de pilas, en prendas para proteger contra los rayos X, municiones y productos de metal como en las tuberías.

6.2.1.1 Características del plomo

El Plomo se encuentra ubicado en el grupo de metales del bloque P, con el número atómico 82 en la tabla periódica de Mendeléiev, así mismo tiene un peso atómico de 207,2 g/mol.

Entre sus propiedades se destaca su elasticidad, la cual depende de la temperatura ambiente que le permite extender sus átomos. Sus valencias químicas más comunes son 2 y 4. Es considerado como un elemento anfótero, ya que forma sales de plomo de los ácidos, así como sales metálicas del ácido plúmbico.

Posee una resistencia considerablemente buena ante el ataque del ácido sulfúrico y del ácido clorhídrico, pero se disuelve con lentitud en ácido nítrico.

6.2.1.2 El Plomo en el medio ambiente y sus efectos en la Salud

Según (Gutiérrez, Martín, Revert, Lozano , & Hardisson, 2004, págs. 72-80) dentro de los principales efectos en la salud se encuentran anemia, nefritis, edema, disfunción ovárica, esterilidad en hombres, sus manifestaciones no son específicas, a nivel celular interactúa donde hay grupos -SH, el plomo altera la conversión de ácido delta aminolevulínico, a porfobilinógeno y coproporfirinógeno a protoporfirina, bloqueando la acción de la enzima ALA dehidratasa.

Muestreo de concentraciones de plomo y sus limitaciones:

- Plomo en sangre: Es posible medir el plomo por inhibición de la actividad de deshidratasa del ácido aminovulínico(ALAD)
- Plomo en diente: la concentración varía dependiendo del tipo de diente, es decir habrá mayor concentración en los incisivos que en los molares, también depende de la edad del sujeto.
- Plomo en cabello: Se puede tomar la muestra en cualquier edad, refleja la exposición de varios meses y descontaminarlo es muy difícil.

Características generales de los compuestos de plomo:

Originado en fuentes naturales como los volcanes, combustión de carbón, actividad minera, fundidoras.

Compuestos de plomo; plomo metálico es utilizado en soldaduras, el arseniato de plomo y arsenita utilizado en insecticidas, tetraetilo de plomo utilizado como agente antidetonante en la gasolina.

Dentro de las fuentes de contaminación atmosférica por plomo está la industria, los vehículos con motores de combustión interna y fundidoras, se encuentran en su mayoría en forma de carbonatos, óxidos, sulfatos, nitratos y haluros.

Toxicocinética del plomo:

Según (Gutiérrez, Martín, Revert, Lozano , & Hardisson, 2004, págs. 72-80) el plomo cuando se introduce en el organismo en sangre (menos del 2%) se encuentra unido a membranas (glóbulos rojos), se fija en las mitocondrias y a algunos órganos parenquimatosos tales como hígado, glándulas suprarrenales y tiroides y en una alta tasa pasa a la leche materna. Al introducirse el plomo de forma inhalatoria, entre el 10 y el 60% son retenidas en el tejido pulmonar, esto dependerá del tamaño de la partícula, la frecuencia respiratoria y el mecanismo de defensa del individuo.

6.3 Ámbito referente al tópico generativo: Biotecnología del medio ambiente, corrección mediante plantas

La Biotecnología consta de una secuencia de procesos industriales que implican el uso de organismos vivos, tales como microorganismos, plantas o animales. Estos

organismos pueden cumplir con funciones específicas según sus capacidades Físicoquímicas.

Productos biotecnológicos inundan nuestra vida ya. No hay que esperar al futuro. Es verdad que los más célebres y comercializados son los que atañen a la salud: insulina, lincocinas, interferón, hormona del crecimiento, eritropoyetina, factores de coagulación sanguínea, múltiples vacunas, antibióticos, vitaminas, etc. (Romero Vázquez, 2008, págs. 03-04)

Esta tecnología se ha visto aplicada en el medio ambiente, ya que con ayuda de especies vegetales se ha tratado de destruir, eliminar, suprimir y contener la toxicidad que se evidencia en el medio. Según (Rittman, 2001, pág. N.A) Existen cuatro tipos de destrucción y eliminación de estos contaminantes mediante especies vegetales:

- Volatilización mediante plantas: Se produce por la transferencia de la planta de compuestos volátiles o la transformación de contaminantes a formas más volátiles.
- Degradación: La especie vegetal recibe productos que posteriormente, metaboliza mediante sus enzimas, convirtiéndolos en productos menos tóxicos.
- Extracción: Existe un aporte de adsorción por la especie vegetal en s tejido de contaminante.
- Degradación: Los contaminantes se cambian su nivel de toxicidad por las enzimas de la excreción de las raíces o del microorganismo que se encuentran en el medio.

A su vez, las especies vegetales realizan procesos de estabilización, en el instante en que el contaminante ingresa a ella; según (Rittman, 2001, pág. N.A) existen tres procesos de estabilización:

- Humificación: Es el proceso en el cual se incorpora contaminantes a la materia orgánica del suelo o humus, mediante reacciones de polimerización de enzimas de microbios y plantas.
- Lignificación: el contaminante se incorpora en los constituyentes de la pared celular.
- Envejecimiento: une lentamente los compuestos a la fracción mineral del suelo.

6.3.1 Fitorremediación

La fitorremediación representa una tecnología alternativa y hace parte del grupo de Biotecnología, es una tecnología sustentable y de bajo costo para la restauración de ambientes y fuentes hídricas contaminadas. El término fitorremediación hace

referencia a una serie de tecnologías que se basan en el uso de plantas para remover, transferir, estabilizar, concentrar y/o destruir contaminantes (orgánicos e inorgánicos) en suelos, lodos, aguas y sedimentos. (Núñez López, Meas Vong, Ortega Borges, & Olguín, 2004, pág. 69)

Este término fue acuñado en 1991 y se compone de dos palabras:

- Fito: En griego significa planta o vegetal.
- Remediar: (del latín remediare) significa poner remedio al daño o corregir.

En ese sentido el significado de Fitorremediación es remediar un daño por medio de plantas o vegetales.

Así mismo la Fitorremediación es una tecnología sustentable de la cual se han encontrado diferentes mecanismos, los cuales dependen de diferentes factores:

- Especie vegetal: No todas las especies son iguales, cada uno tiene su propio metabolismo y un medio específico en el que sobreviven.
- Medio: Las especies vegetales se pueden dar en suelo (fotomorfogénesis) agua (Elodea).
- Contaminante: Este puede ser Orgánico o Inorgánico y a su vez puede tener diferentes concentraciones.

Teniendo en cuenta los factores se han encontrado seis tipos de Fitorremediación:

“

6.3.1.1 Fitodegradación o Fitotransformación: Se basa en el uso de plantas para degradar o transformar en sustancias menos tóxicas diversos tipos de contaminantes orgánicos. A través de reacciones enzimáticas que llevan a cabo plantas y microorganismos en la rizosfera, es decir, la zona del suelo estrechamente asociada con las raíces de las plantas, dichos contaminantes son parcial o completamente degradados o transformados. De esta manera son asimilados por las plantas y secuestrados en sus vacuolas o fijados a estructuras celulares insolubles, como la lignina.

6.3.1.2 Fitoestimulación: En este caso, los exudados de las raíces de las plantas estimulan el crecimiento de microorganismos capaces de degradar contaminantes orgánicos. Como parte de sus actividades metabólicas y fisiológicas, las plantas liberan azúcares simples, aminoácidos, compuestos alifáticos y aromáticos, nutrientes, enzimas y oxígeno, y los transportan desde sus partes superiores hasta sus raíces, favoreciendo el desarrollo de comunidades microbianas en el suelo circundante; particularmente hongos y bacterias, cuyas actividades metabólicas causan la mineralización de los contaminantes.

6.3.1.3 Fitovolatilización: Algunas plantas son capaces de volatilizar ciertos contaminantes, como mercurio y selenio, contenidos en suelos, sedimentos o agua. Tales contaminantes son absorbidos, metabolizados, transportados desde su raíz a sus partes superiores y liberados a la atmósfera en formas volátiles, menos tóxicas o relativamente menos peligrosas en comparación con sus formas oxidadas. La transformación de dichos elementos se efectúa básicamente en la raíz, y su liberación se lleva a cabo durante la transpiración.

6.3.1.4 Fitoestabilización: Este tipo de estrategia utiliza plantas que desarrollan un denso sistema de raíz, para reducir la biodisponibilidad de metales y otros contaminantes en el ambiente por medio de mecanismos de secuestro, lignificación o humidificación. Las plantas ejercen un control hidráulico en el área contaminada, es decir actúan como una bomba solar que succiona humedad de los suelos debido a sus altas tasas de evapotranspiración. Puesto que este proceso mantiene también una humedad constante en la zona de la rizosfera, se presentan las condiciones adecuadas para la inmovilización de los metales. Esto ocurre a través de reacciones químicas como la precipitación o formación de complejos insolubles o por mecanismos físicos, como la adsorción. En esta zona, los metales se fijan fuertemente en las raíces de las plantas o en la materia orgánica de los suelos, limitando así su biodisponibilidad y su migración vertical hacia los mantos freáticos.

6.3.1.5 Fitoextracción o Fitoacumulación: En esta estrategia se explota la capacidad de algunas plantas para acumular contaminantes en sus raíces, tallos o follaje, las cuales pueden ser fácilmente cosechadas. Los contaminantes extraídos son principalmente metales pesados, aunque también puede extraerse cierto tipo de contaminantes orgánicos y elementos e isótopos radiactivos. Generalmente los sistemas de fitoextracción se implementan para extraer metales de suelos contaminados, por medio de plantas conocidas como metalofitas, es decir acumuladoras de metales; sin embargo, también pueden implementarse para tratar aguas residuales.

6.3.1 Rizofiltración: Se basa exclusivamente en hacer crecer, en cultivos hidropónicos, raíces de plantas terrestres con alta tasa de crecimiento y área superficial para absorber, concentrar y precipitar metales pesados de aguas residuales contaminadas. Como puede apreciarse, las estrategias de fitorremediación hacen referencia a los mecanismos predominantes realizados por las propias plantas, pero también, en algunos casos, indican el papel que tienen las comunidades microbianas durante el proceso de

remediación. Así, se hace evidente que la fitorremediación es un proceso complejo que involucra la participación de la comunidad microbiana asociada a su sistema de raíz.” (Núñez López, Meas Vong, Ortega Borges, & Olguín, 2004, págs. 70-71)

Cabe aclarar que, al ser una biotecnología relativamente nueva, se han encontrado varias ventajas y desventajas, las cuales se muestran en el Imagen 1.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Es una tecnología sustentable • Es eficiente para tratar diversos tipos de contaminantes <i>in situ</i> • Es aplicable a ambientes con concentraciones de contaminantes de bajas a moderadas • Es de bajo costo, no requiere personal especializado para su manejo ni consumo de energía • Es poco perjudicial para el ambiente • No produce contaminantes secundarios y por lo mismo no hay necesidad de lugares para desecho • Tiene una alta probabilidad de ser aceptada por el público, ya que es estéticamente agradable • Evita la excavación y el tráfico pesado • Tiene una versatilidad potencial para tratar una gama diversa de materiales peligrosos • Se pueden reciclar recursos (agua, biomasa, metales) 	<ul style="list-style-type: none"> • Es un proceso relativamente lento (cuando las especies son de vida larga, como árboles o arbustos) • Es dependiente de las estaciones • El crecimiento de la vegetación puede estar limitado por extremos de la toxicidad ambiental • Los contaminantes acumulados en las hojas pueden ser liberados nuevamente al ambiente durante el otoño (especies perennes) • Los contaminantes pueden acumularse en maderas para combustión • No todas las plantas son tolerantes o acumuladoras • La solubilidad de algunos contaminantes puede incrementarse, resultando en un mayor daño ambiental o migración de contaminantes • Se requieren áreas relativamente grandes • Pudiera favorecer el desarrollo de mosquitos (en sistemas acuáticos)

Imagen 1 Ventajas y desventajas de la fitorremediación. Tomado de http://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/55_3/Fitorremediacion.pdf

6.4 *Aloe vera* (*Aloe barbadensis miller*)

El nombre *Aloe* es de origen árabe y significa “amargo y transparente brillante” por su gel, es originaria de los climas cálidos y secos, actualmente se conocen cerca de 250 variedades, las cuales son utilizadas en fitoterapia, sin embargo, solamente el *Aloe barbadensis miller* ha demostrado ser la más útil al hombre gracias a su especialísima composición química (Canevaro, 2006, págs. 6-13)

A lo largo de la historia según Silvia Canevaro en 2006, se han planteado diferentes definiciones del *Aloe*; para los sumerios el *Aloe* era sinónimo de “Virtudes mágica”, para los egipcios “Planta de la inmortalidad”, para los antiguos templarios “Lirio del desierto”, para los sanadores de la antigua China “Remedio armonioso” y finalmente para los monjes cristianos, quienes desde la edad media han transmitido el secreto de las propiedades medicinales de esta planta “Planta milagrosa”.

Cabe resaltar que para el siglo XV el *Aloe* se consideraba como indispensable: “Cuatro vegetales son indispensables para la salud del hombre: el trigo, la vid, el

olivo y el *Aloe*. El primero lo alimenta, el segundo alimenta el espíritu, el tercero le otorga armonía y el cuarto lo cura” (Colón, 1451-1506)

Gandhi (1869-1948) exaltó las propiedades del *Aloe vera*, “Me preguntaban cuáles eran las fuerzas secretas que me sostenían durante mis largos ayunos. Pues era mi fe invencible en Dios, mi estilo de vida sencilla y frugal y el *Aloe*, cuyos beneficios descubrí a mi llegada a Sudáfrica a finales de 1800.”

6.4.1 Variedades botánicas de la planta:

G.W. Reynolds en 1950 clasificó alrededor de 250 ejemplares de *Aloe*. Pero Reynolds ya no incluye estas variedades en el ámbito de la familia de las *Liliáceas*, como lo hacía la clasificación tradicional, sino crea para el *Aloe* una nueva familia botánica: las *Aloáceas*, quedando la clasificación taxonómica de la siguiente manera:

Reino	<i>Plantae</i>
Subreino	<i>Tracheobionta</i> (Plantas vasculares)
Superdivisión	<i>Spermatophyta</i> (Plantas con semilla)
División	<i>Magnoliophyta</i> (Plantas con flor)
Clase	<i>Liliopsida</i> (Monocotiledóneas)
Subclase	<i>Liliidae</i>
Orden	<i>Liliales</i>
Familia	<i>Aloaceae</i>
Genero	<i>Aloe</i>

Imagen 2 Tabla Clasificación taxonómica del *Aloe*. Tomado de:
<https://mundoentrenamiento.com/aloe-vera-todo-lo-que-necesitas-saber/>

El *Aloe* crece especialmente en zonas secas y rocosas entre los 700 y 800 metros sobre el nivel del mar, posee un desarrollo herbáceo arbustivo o arborescente de acuerdo con el hábitat (Canevaro, 2006, pág. 25).

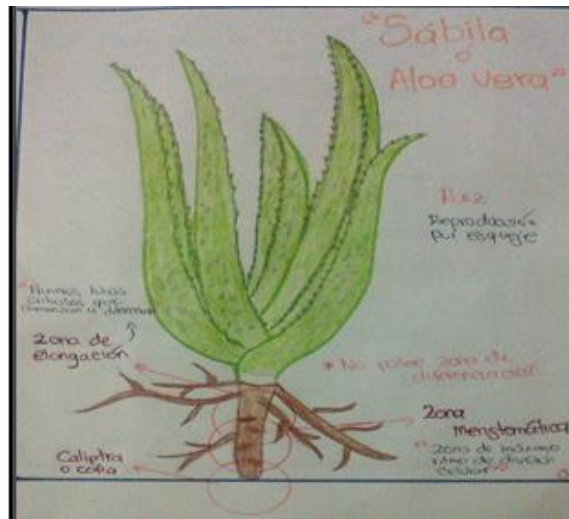
6.4.2 Partes de la planta:

Pencas:

- Capa externa
- Capa delgada
- Capa Interna

Tallo:

- Sostén
- Fotosintatos
- Nudos en los que se insertan las yemas axilares y las hojas por su geotropismo.



Raíz:

monocotiledónea, absorber (sustancias minerales y el agua)

- Zona de elongación
- Zona meristemática
- Caliptra o cofia

Imagen 3 Partes del Aloe vera. Elaborado por autoras

Las hojas largas, grandes y gruesas, a veces lenticulares y espinosas, tienden a expandirse o contraerse dependiendo de las sequías a la que sean sometidas, al ser una planta xerófila es capaz de conservar el equilibrio entre la absorción y la dispersión del agua debido a especiales adaptaciones almacena el agua filtrada de las raíces y por las hojas, transformándola en un gel transparente amargo, muy buscado por sus propiedades curativas (Canevaro, 2006, págs. 29-30).

6.4.3 Proceso de absorción por la raíz:

El agua y los minerales absorbidos del suelo por las raíces son transportados por la xilema (vasos conductores de savia bruta) a la parte superior de la planta (tallos y hojas).

En la raíz, el transporte de agua se lleva a cabo radialmente, de los pelos absorbentes a la estela central, donde se encuentra la xilema, cruzando la pared o el citoplasma de las células de la corteza.

El proceso se lleva a cabo por dos vías la vía apoplástica y simplástica.

La *vía apoplástica* consiste en el transporte de agua y minerales a través del apoplasto, que incluye las paredes celulares, la xilema y el espacio intercelular entre las células, la ruta es la siguiente:

1. Agua y los minerales son absorbidos por las paredes hidrofílicas del rizodermis, se difunden a lo largo de las paredes celulares permeables en el córtex de la raíz.
2. El agua y los minerales llegan a la banda de Caspary, una barrera cerosa en el apoplasto que los obliga a cruzar una membrana celular para filtración

antes de entrar en la estela, o cilindro vascular.

3. La solución filtrada es liberada al apoplasto de nuevo en el otro lado de la banda de Caspary por células endodermales y células vivas en la estela.
4. Agua y minerales en el apoplasto de la estela entran en la xilema, suben por las raíces por medio de un flujo en masa.

La vía simplástica consiste en el transporte de agua y minerales a través del simplasto, o citoplasma celular, que es unido por los plasmodesmos, la ruta es la siguiente:

1. Agua y minerales son filtrados inmediatamente mientras cruzan una membrana celular, de una célula del pelo radical, entrando en el simplasto.
2. El agua y los minerales se mueven célula a célula a través de plasmodesmos hacia la estela.
3. Debido a que esta solución ya está en el simplasto, puede circunvalar la banda de Caspary. Células endodermales y células vivas en la estela bombean el agua y los minerales afuera al apoplasto de la estela.
4. Agua y minerales en el apoplasto de la estela entran en la xilema, suben por las raíces por medio de un flujo en masa. (Kelvingsong, 2013, pág. N.A)

6.4.4 Cultivo y Floración:

Las plantas del *Aloe* resisten bien al frío, pero no a la humedad, el terreno debe ser arenoso pero rico: las plantas del *Aloe* crecen bien en terrenos muy fértiles y la falta de nutrición, sumada a un drenaje deficiente, son con frecuencia las principales causas de poco éxito en su cultivo.

Su hábitat es el típico de las zonas áridas y desérticas y puede alcanzar alturas desde pocos centímetros hasta los 5 metros, de acuerdo con la especie. La floración consta de una especie de mazorca compuesta de varios racimos son generalmente muy largos y cubiertos de muchísimas pequeñas flores de colores vivos unidas en espesos racimos, florece de octubre a diciembre, según el clima la coloración será más intensa.

El fruto es una cápsula en tres niveles que al abrirse permite a las numerosas semillas, oscuras y planas, salir y dar vida a nuevos ejemplares de esta planta (Canevaro, 2006).

La hoja de *Aloe* contiene el gel, que es un líquido gelatinoso opalescente, un hidrocoloide cuyo componente principal es el glucomanano y es producido por el nivel más profundo y central de hoja, el parénquima. Se utiliza para el tratamiento de psoriasis, eczemas, quemaduras, llagas, heridas, úlceras. La hoja es rica en principios activos llamados antraquinonas y barbaloina (Canevaro, 2006, pág. 28).

6.4.5 Componentes químicos del Aloe

Está compuesta esencialmente por tres grandes grupos de sustancias: los polisacáridos, que son los azúcares complejos incluidos en el gel interno de la hoja (glucosa y manosa) fortalecen el sistema inmunitario, aumentando las defensas, dentro de los cuales sobresale el almacenamiento; los antraquinonas, encerrados en la corteza son analgésicos naturales con propiedades bactericidas y antivirales, las principales son: la aloína (máx. 50 ppm en productos), la aloemodina, el ácido aloético, el ácido cinámico y el ácido crisofánico favorecen la contracción de los músculos intestinales; sustancias nutritivas de distinto tipo, como las vitaminas (grupo B y vitamina C, entre las vitaminas liposolubles la A, D y E), las sales minerales varían de acuerdo al lugar de cultivo de la planta, de todos modos existe un breve listado de los elementos presentes en minerales que se encuentran en casi todas las variedades de *Aloe*, hierro, cromo, calcio, fósforo, magnesio, manganeso, potasio, cobre, sodio y zinc, los aminoácidos el *Aloe* provee 20 de los 22 aminoácidos esenciales y no esenciales dentro de ellos están fenilalanina, isoleucina, metionina, treonina, valina, aspartato, glutamato, alanina, L. arginina, glicina, glutamina, hidroxiprolina, histidina, prolina y serina, los ácidos orgánicos, los fosfolípidos, las enzimas (lipasa, proteasa y carboxipeptidasa), las saponinas antisépticas y microbianas y las ligninas se origina en la transformación de la celulosa (Canevaro, 2006, págs. 38-49).

6.5 Ámbito referente a Cinética e isoterma de adsorción empleado

Al momento de hacer análisis de adsorción es importante el buen desarrollo de ecuaciones, debido a que durante el proceso de fitorremediación ocurre adsorción del metal en patrones se entiende como soluciones diluidas, lo que supone que el volumen de solución permanece constante durante el proceso, las pérdidas por evaporación son despreciables ya que los puntos de ebullición tanto del agua como del metal son lejanos de las condiciones de temperatura (ambiente) como la que se trabajó, la carga del metal (Plomo II) adsorbido por la planta (*Aloe vera*) se cuantifica mediante la ecuación:

Ecuación 1 Cuantificación de adsorción (Figuroa, Moreno, & Hormaza, 2014)

$$q_t = (C_0 - C_t) \frac{V}{w}$$

Donde C_0 es la concentración inicial de la solución (mgL^{-1}), C_t es la concentración en un instante t una vez iniciado el proceso, V es el volumen de la solución (L) y W como la masa adsorbida de plomo II, por masa de planta (*Aloe vera*) (g); por tanto, expresamos q_t como la masa adsorbida de plomo por masa de la planta (mg-g^{-1}) en un instante dado.

“...si la duración del proceso en este caso de fitorremediación es lo suficientemente prolongado para alcanzar el equilibrio, q_t será constante y se podrá denominar q_e , carga en el equilibrio correspondiente a la concentración en el equilibrio C_e , formando la respectiva pareja de datos de equilibrio” (Figuroa, Moreno, & Hormaza, 2014, pág. 109)

Así mismo (Figuroa, Moreno, & Hormaza, 2014, págs. 111-113) resaltan que las isotermas de adsorción describen el comportamiento de la interacción entre el adsorbato y el adsorbente y proveen información sobre la capacidad del adsorbente estudiando en el este caso el del *Aloe vera*.

En el estudio implementado por Figuroa et al. (2014), utilizan tres modelos Langmuir, Freundlich y Temkin, cada uno con dos contantes características.

Para efectos del presente trabajo sólo se trabajará con Langmuir.

“La isoterma de Langmuir es un modelo teórico válido para la adsorción en una monocapa sobre una superficie completamente homogénea...Representado así:

Ecuación 2 Carga en el equilibrio Langmuir

$$q_e = \frac{q_{m\acute{a}x} K_L C_e}{1 + K_L C_e}$$

Donde $q_{m\acute{a}x}$ ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$) es una constante que denota la capacidad máxima de adsorción, por otra parte, la constante K_L ($\text{L}\cdot\text{mg}^{-1}$) define la afinidad del adsorbato por el adsorbente” (Figuroa, Moreno, & Hormaza, 2014, págs. 111-113).

Ecuación 3 Ecuación de Freundlich

$$q = K * C_e * \frac{1}{n}$$

Donde q ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$) es la concentración de soluto adsorbido por unidad de peso de adsorbente, C_e es la concentración de soluto en equilibrio (mg/L), n es la constante relacionada con la intensidad de sorción del biosorbente en función de su grado de heterogeneidad y por último K , como la constante de Freundlich relacionada en la capacidad de sorción del biosorbente.

Ecuación 4 Ecuación modelo de Dubinin-Raduskevich-Kaganer

$$X = X_m \exp \left\{ - \frac{RT \ln \frac{C_s}{C_e}}{E_s} \right\}$$

Donde X es la cantidad adsorbida, X_m representa la cantidad adsorbida del soluto en la monocapa; C_s y C_e son las concentraciones de saturación y de equilibrio del adsorbato respectivamente; E_s está relacionada con la energía característica del proceso, y n , que es un número entero, se relaciona con las variaciones de heterogeneidad del adsorbente microporoso, y que en la ecuación de Dubinin-Radushkevich, DR, para el caso de carbones activados en fase gaseosa es 2. Los parámetros E_s y n son en principio los responsables de la heterogeneidad superficial para cada sistema adsorbato-adsorbente.

7. METODOLOGÍA

Se implementa la investigación - acción, ya que se utiliza para describir una familia de actividades que realiza el profesorado en sus propias aulas con fines tales como: el desarrollo curricular, su autodesarrollo profesional, la mejora de los programas educativos, los sistemas de planificación o la política de desarrollo.

Estas actividades tienen en común la identificación de estrategias de acción que son implementadas y más tarde sometidas a observación, reflexión y cambio. Se considera como un instrumento que genera cambio social y conocimiento educativo sobre la realidad social y/o educativa, proporciona autonomía y da poder a quienes la realizan. (Murillo Torrecilla, 2011, pág. 3)

La estructura metodológica de esta investigación está constituida en tres etapas; la primera es de diseño, la cual incluye dos fases la de preparación preliminar del proceso de fitorremediación y secuencia de actividades. La segunda etapa de implementación en donde se recogieron los datos obtenidos. La tercera etapa de análisis de resultados en donde se evalúa la secuencia de actividades.

7.1 Caracterización de la población

Esta investigación se trabajó con una población de dieciséis (16) estudiantes de ambos géneros de décimo semestre de licenciatura en química de la Universidad Pedagógica Nacional de Bogotá, los cuales se encontraban cursando el Énfasis Disciplinar Tecnologías Limpias II, que oscilan entre los 21 a los 28 años.

7.2 Implementación de instrumento prueba de entrada previa a la secuencia de actividades

“La evaluación inicial es la que se realiza antes de empezar el proceso de enseñanza- aprendizaje, con el propósito de verificar el nivel de los alumnos para enfrentarse a los objetivos que se espera que logren” (Santillana, 2007, pág. 01)

La finalidad de esta prueba es verificar el nivel en el que el alumno se encuentra, identificando sus aprendizajes previos, antes de iniciar la secuencia de actividades.

La prueba de entrada consta de diez preguntas abiertas donde se busca conocer qué tanto sabe de:

- Enseñanza para la comprensión (EpC)
- Fitorremediación
- Características del Plomo
- Características del *Aloe vera* (*Aloe Barbadensis miller*)
- Principios básicos de los instrumentos de medición a manejar

En el anexo 1, se presenta el instrumento diseñado y aplicado por las autoras

7.3 Estudio preliminar e implementación de la secuencia de actividades

7.3.1 Fase Uno

Se realizaron 4 sesiones de laboratorio, las cuales tenían como objetivo reconocer previamente el proceso de fitorremediación del *Aloe vera* (*Aloe barbadensis miller*), en la tabla 4 se observan cada una de las sesiones experimentales con su respectivo anexo, donde se puede observar cada uno de los procedimientos.

Tabla 4 Sesiones experimentales

Sesión	Proceso	Tiempo	Especies vegetales	Anexo
1	Cinética	4 horas	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Aloe vera</i> (<i>Aloe barbadensis miller</i>) • <i>Buchón de agua</i> (<i>Eichhornia crassipes</i>) • <i>Spatyphylo</i> (<i>Spathiphyllum</i>) 	Anexo 16
2	Tipo de fitorremediación	20 horas		Anexo 17
3	Desorción	48 horas		Anexo 21
4	Isoterma de adsorción	48 horas		

7.3.2 Fase Dos

Se diseñó una secuencia de actividades que consta de cinco sesiones, programadas para tres horas cada una, dentro de la secuencia de actividades se encuentran una actividad de iniciación, tres actividades de desarrollo, una actividad de finalización.

La secuencia de actividades tiene enfoque EpC, con el fin de transmitir la habilidad de usar su propio conocimiento para desarrollarlo, transformarlo y manejarlo de manera flexible e innovadora.

En la tabla 5, se observa la secuencia de actividades con su metodología según EpC, meta, desempeño y evaluación.

Tabla 5 Secuencia de Actividades

Actividad	Metodología	Meta	Desempeño	Evaluación	Anexo
1	*Conferencia acerca del modelo pedagógico Enseñanza para la comprensión (EpC), explicación	Definir el concepto de fitorremediación	Reconoce y explica el proceso de	Diseño de mapa mental	Diapositivas 1

	<p>diferencia entre mapa mental y conceptual</p> <ul style="list-style-type: none"> * Conferencia sobre fitorremediación * Conferencia sobre Aloe vera (<i>Aloe Barbadensis miller</i>) *Aplicación guía "Fitorremediación y Aloe vera (<i>Aloe Barbadensis miller</i>)" 	<p>n y caracterizar el Aloe vera</p>	<p>fitorremediación y características del Aloe vera</p>		<p>Diapositivas 2 Anexo 2 Anexo 9</p>
2	<ul style="list-style-type: none"> *Conferencia sobre "Plomo y sus efectos en la salud" *Socialización por parte de los estudiantes de su postura respecto al caso de estudio "Un malestar asesino". *Entrega de dictamen del caso de estudio. 	<p>Identificar el comportamiento del plomo y su influencia en la salud</p>	<p>Reconoce y explica el comportamiento del plomo, su toxicidad y demás propiedades.</p>	<p>Exposición y entregable de la "investigación" realizada para dar explicación a la resolución del caso en cuestión</p>	<p>Diapositivas 3 Anexo 3 Anexo 10 Anexo 11</p>
3	<ul style="list-style-type: none"> *Lectura previa de la guía de juego de roles: "niños con plomo en sangre" * Video 1: documental introductorio "Pasco sí existe" * Video 2: "Cuarto poder-cerro de Pasco: con el Plomo en Sangre" *Desarrollo del juego de roles 	<p>Identificar síntomas de intoxicación por plomo, procedimiento toxicológicos, ambientales y legales</p>	<p>Expresa con claridad argumentos relacionados con los procedimientos toxicológico, ambientales y legales de la manipulación con plomo.</p>	<p>Presenta de forma crítica y acertada su rol en el juego</p>	<p>Anexo 4 Video 1 Video 2 Anexo 12</p>
4	<ul style="list-style-type: none"> *Solución: Taller cinética e isoterma 	<p>Calcular y predecir el orden de reacción del proceso y el tipo de fitorremediación correspondiente a la especie vegetal</p>	<p>Explica y determina el orden de reacción, para el proceso adsorción y tipo de fitorremediación correspondiente</p>	<p>Realiza adecuadamente los cálculos de cinética y grafica las isoterma correspondientes, junto con la correcta identificación de tipo de fitorremediación.</p>	<p>Anexo 5 Anexo 6 Anexo 7 Anexo 20</p>
5	<ul style="list-style-type: none"> *Explicación de trabajo experimental *Entrega de base de datos de Excel *Desarrollo de laboratorio Fitorremediación para la remoción de plomo II con Aloe vera (<i>Aloe Barbadensis miller</i>) 	<p>Cuantificar, demostrar y comparar la capacidad de remoción del Aloe vera en soluciones con</p>	<p>Explica y demuestra de forma escrita, el proceso de fitorremediación.</p>	<p>Entrega un completo informe de laboratorio, donde plasme, cuantitativa y cualitativamente</p>	<p>Anexo 14 Anexo 15 Anexo 16 Anexo 18 Anexo 19</p>

		concentraciones de plomo conocidas.		e el proceso de fitorremediación.	
--	--	-------------------------------------	--	-----------------------------------	--

7.4 Aplicación de la prueba de salida posterior a la aplicación de la secuencia de actividades

Posterior a la implementación de la secuencia de actividades, se caracterizó de forma cualitativa y cuantitativa el conocimiento adquirido, recolectando dicha información a partir de un instrumento que consta de diez preguntas abiertas, relacionadas con la prueba inicial con una mayor profundidad.

En el anexo 8, se presenta el instrumento diseñado y aplicado por las autoras.

8. RESULTADOS Y ANÁLISIS

8.1 Prueba de entrada previa a la secuencia de actividades

Al aplicar la prueba de entrada se tomaron las respuestas de los 16 estudiantes en las 10 preguntas relacionadas con las actividades a realizar. (Anexo 1)

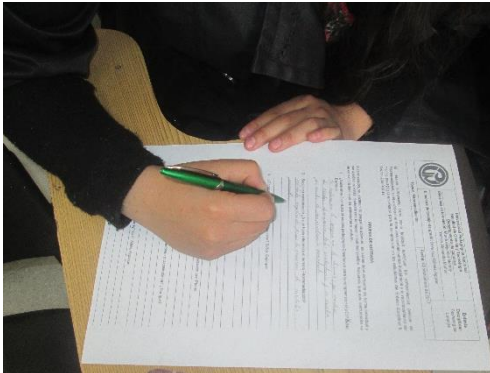


Imagen 4 Estudiante respondiendo prueba de entrada



Imagen 5 Estudiante respondiendo prueba de entrada

Como se observa en el Anexo 1, las preguntas se realizaron de forma abierta, pero cada una tenía su respuesta correcta es decir que después de leer cada una de las respuestas de los estudiantes, se diseñó una tabla de convenciones que permitió dividir las respuestas de los estudiantes en tres afirmaciones, como se muestra a continuación:

Tabla 6 Convenciones prueba de entrada

Domina	1
Baja comprensión en la temática	2
No domina	3

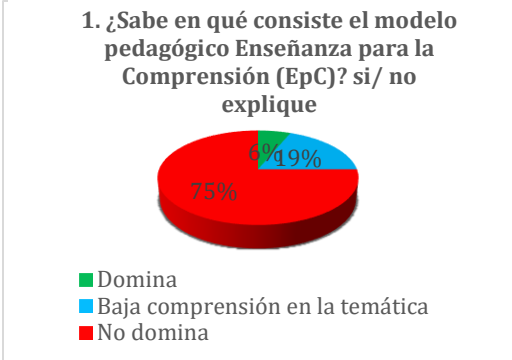
Una vez clasificadas las respuestas de los 16 estudiantes se tabuló la información obtenida, como se muestra a continuación:

Tabla 7 Tabulación de respuestas prueba de entrada

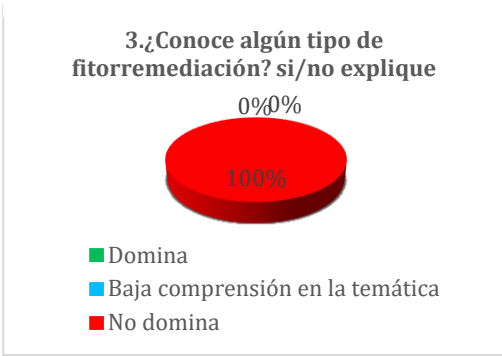
Pregunta	# de personas		
	1	2	3
1	1	3	12
2	1	13	2
3	0	0	16
4	6	6	4
5	3	9	4
6	4	6	6
7	5	8	3
8	3	9	4
9	0	10	6

A partir de la tabulación de resultados se realizaron representaciones gráficas para cada pregunta, evidenciando el nivel conceptual en el que se encontraban los estudiantes inicialmente:

Gráfica 1: Resultados pregunta 1 prueba de entrada

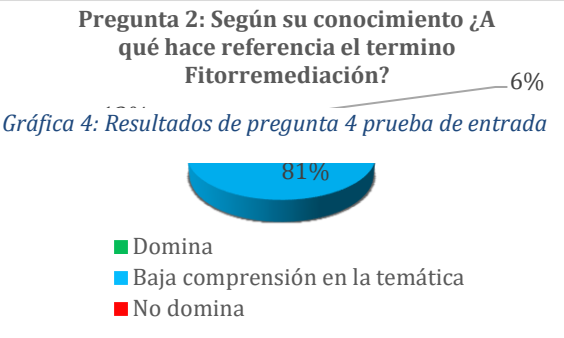


Gráfica 2: Resultados pregunta 3 prueba de entrada



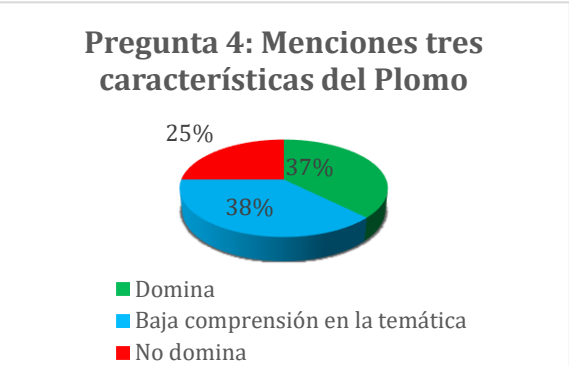
Como se evidencia en las gráficas 1 y 2, se presentó bajo dominio evidenciando que en la pregunta 1 la mayoría de los estudiantes no recordaban en qué consistía este modelo pedagógico, y en cuanto a la pregunta 3, se encontró que el tópico a trabajar era completamente nuevo para ellos.

Gráfica 3: Resultados pregunta 2 prueba de entrada

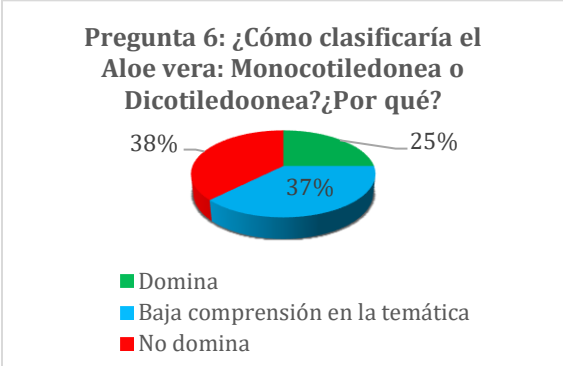


Para la pregunta 2, gráfica 3, los estudiantes poseen baja comprensión de la temática es decir que reconocen que es una técnica para “limpiar” agua, pero no saben cómo funciona, y lo expresan abiertamente al responder la pregunta.

Gráfica 4: Resultados de pregunta 4 prueba de entrada

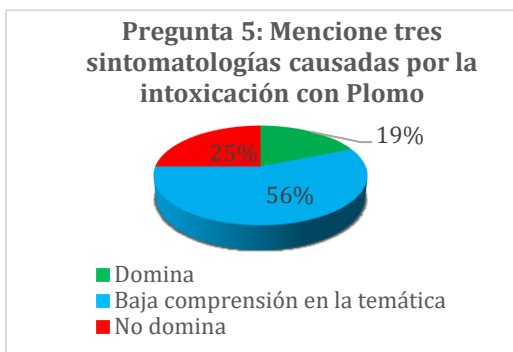


Gráfica 5: Resultados de pregunta 6 prueba de entrada

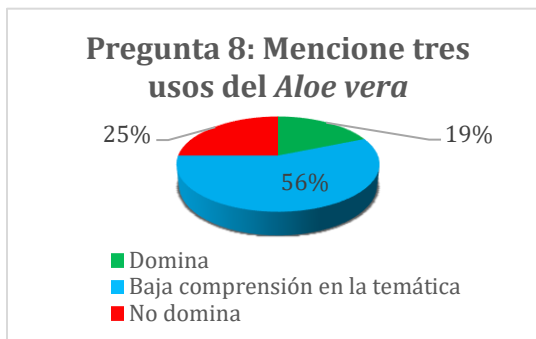


En las gráficas anteriores 4 y 5 se evidencia el cercano comportamiento, de baja comprensión, la pregunta 4 relacionada con la temática trabajada en el semestre anterior características de los metales pesados, resalta la falta de atención que presentó el estudiantado en la temática, confirmando el valor del repaso de la misma en el abordaje de la secuencia de actividades. En la pregunta número 6, se resalta el natural desconocimiento en las temáticas de fisiología vegetal, corroborando la importancia de abordarlo y su relación con el tópico fitorremediación.

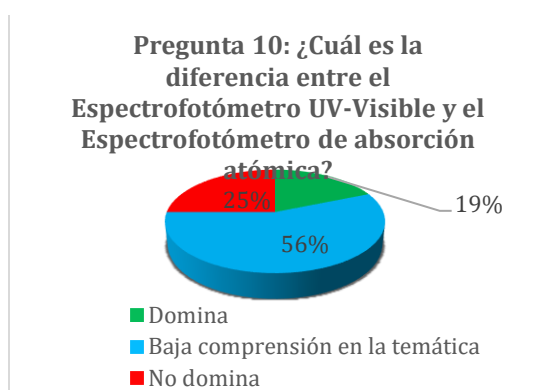
Gráfica 6: Resultados pregunta 5 prueba de entrada



Gráfica 7: Resultados pregunta 8 prueba de entrada

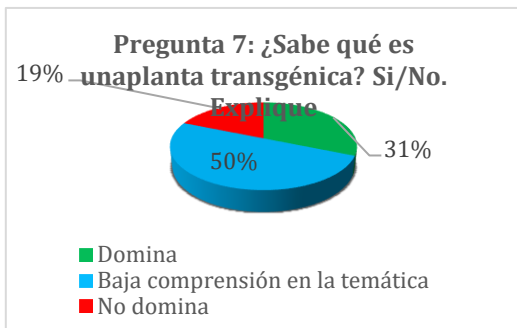


Gráfica 8: Resultados pregunta 10 prueba de entrada



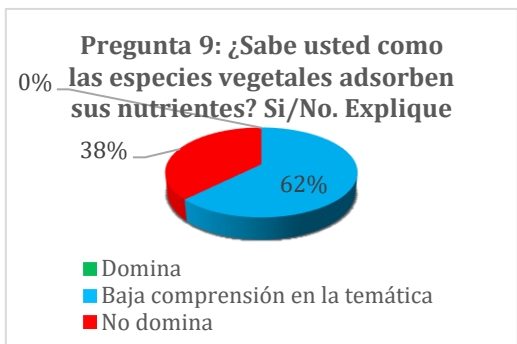
Las gráficas de las preguntas anteriores evidencian un mismo porcentaje en concordancia con baja comprensión en la temática, en la pregunta 5, se resalta nuevamente la poca atención en la temática abordada en el anterior semestre relacionada con los metales pesados. La pregunta 8, se relaciona con los conocimientos previos, en este caso experiencias de cotidianidad correspondientes al uso del Aloe vera. Finalmente, en la pregunta 10, existe una baja comprensión respecto al funcionamiento de equipos usados previamente en otras asignaturas tales como métodos de análisis.

Gráfica 9: Respuesta pregunta 7 prueba de entrada



En esta gráfica, el conocimiento respecto a las plantas transgénicas es nuevamente bajo, se tiene una idea vaga de genética y de cómo el nuevo producto, es “artificialmente mejor” del natural.

Gráfica 10: Respuesta 9 prueba de entrada



Esta gráfica resalta que de la pregunta acerca de cómo las especies adsorben sus nutrientes, ningún estudiante domina y el 62% conoce medianamente procesos de fotosíntesis.

Las pruebas diagnósticas o pruebas de entrada permitieron reconocer el nivel inicial en el que se encontraban los estudiantes lo que permitió establecer y redirigir la secuencia de actividades establecida, esto con el fin de poder realizar un paralelo con la prueba de salida posterior a la implementación de la secuencia de tal forma que fuera posible obtener una visión de lo que se logró obtener en cuanto a la comprensión del tópico, ratificando lo planteado en el libro marco teórico de la evaluación diagnóstica “Estas evaluaciones diagnósticas complementan y refuerzan las evaluaciones continuas que día a día hacen los profesores y profesoras en la realidad del aula. Constituyen dos fuentes de información complementarias que deben confluir en un mejor conocimiento del alumnado” (Gobierno de Navarra, 2012), lo anterior fortalece lo propuesto en la aplicación del modelo enseñanza para la comprensión, teniendo en cuenta la etapa relacionada con la evaluación diagnóstica continua realizada para cada una de la actividades, las cuales permitieron reconocer el progreso de cada uno de los estudiantes en la comprensión del tópico.

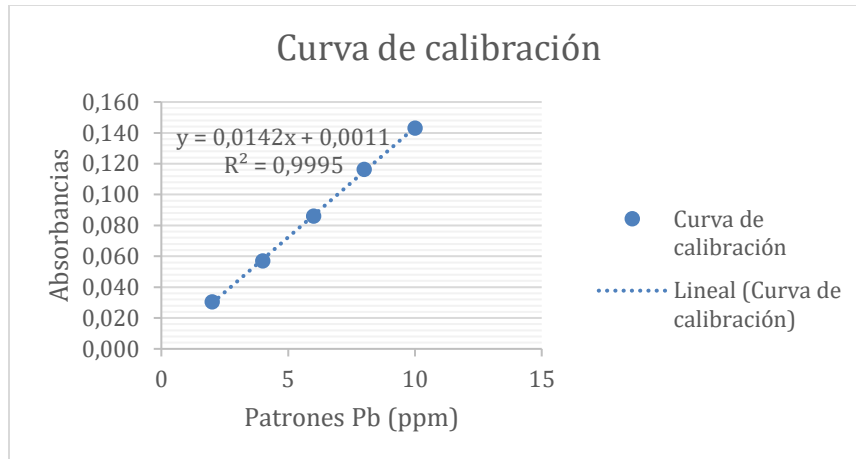
8.2 Estudio preliminar e implementación de la secuencia de actividades

8.2.1 Fase Uno

- Sesión 1: Para esta sesión se utilizaron tres especies, *Aloe vera* (*Aloe barbadensis miller*), *Buchón de agua* (*Eichhornia crassipes*) y *Spatyphylo* (*Spathiphyllum*); como se observa en el Anexo 16 se sumergieron las tres especies en soluciones de plomo con concentraciones.

Durante este proceso se midieron cada 30 minutos las absorbancias de cada una de las especies durante 420 minutos (4 horas); con el fin de obtener la cinética de adsorción de cada una de las especies.

Gráfica 11 Curva de calibración para la cinética



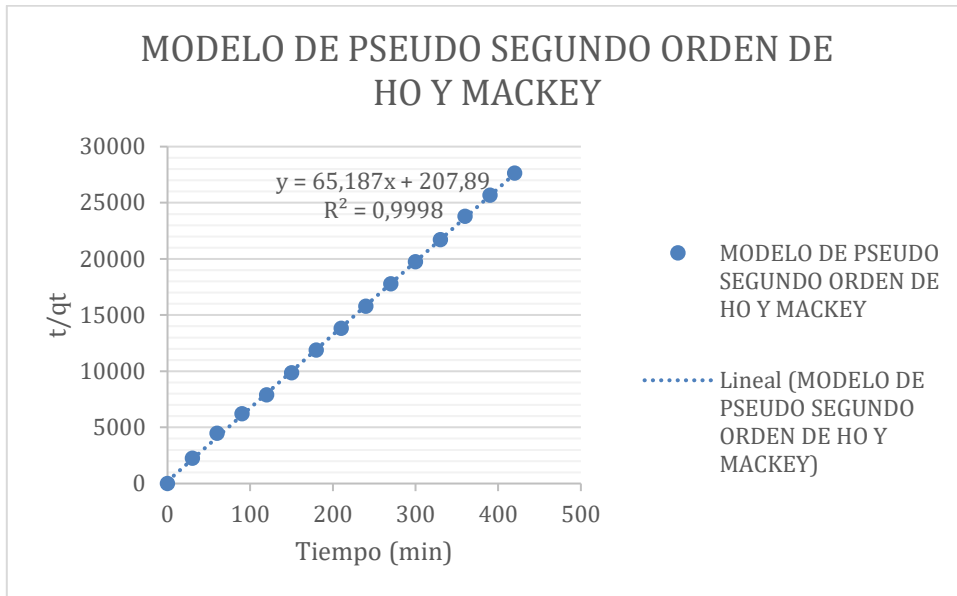
Con los resultados obtenidos y a partiendo de la curva de calibración que se observa en la gráfica 11, se realizaron cálculos para determinar la cinética de cada una de las especies, calculando y graficando respectivamente como se observa en el anexo 20.

Así pues, se realizaron las gráficas respectivas:

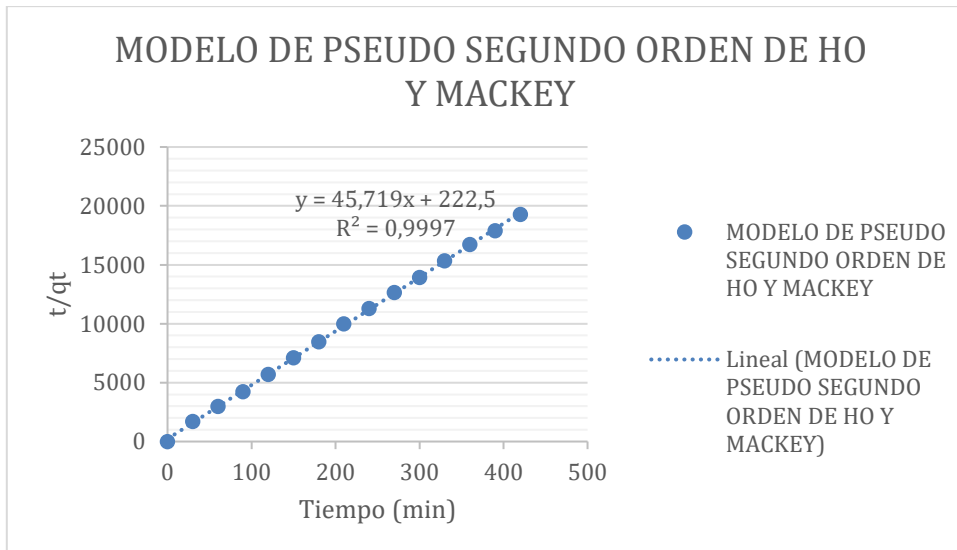
- ✓ **Orden 0:** Concentración Vs Tiempo
- ✓ **Orden 1:** $\ln [Pb^{2+}]$ Vs Tiempo
- ✓ **Orden 2:** $1/[Pb^{2+}]$ Vs Tiempo
- ✓ **Pseudo primer orden:** $\log (q_e - q_t)$ Vs Tiempo
- ✓ **Pseudo segundo orden:** t/q_t Vs Tiempo

Observando que las mejores gráficas fueron las de pseudo segundo orden para cada una de las especies.

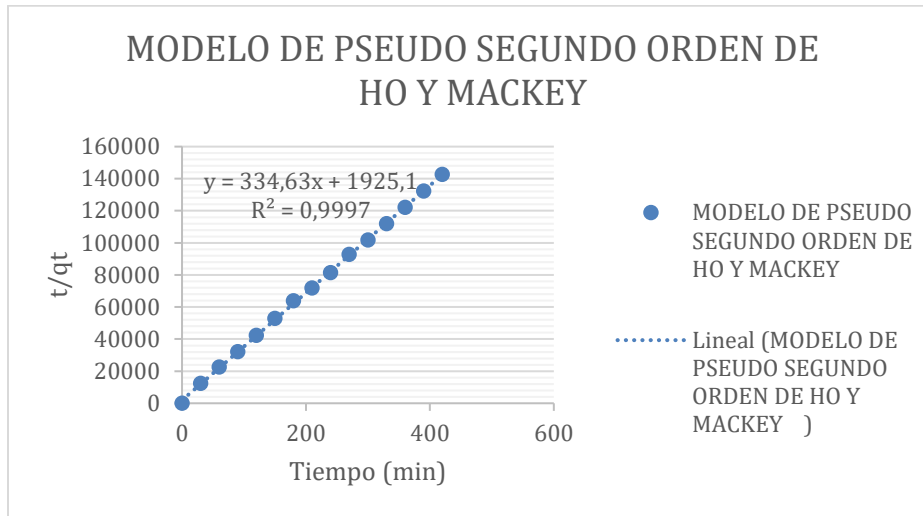
Gráfica 12 Modelo de pseudo segundo orden de HO y MACKEY para el Buchón de agua



Gráfica 13 Modelo de pseudo segundo orden de HO y MACKEY para el Spatyphylo



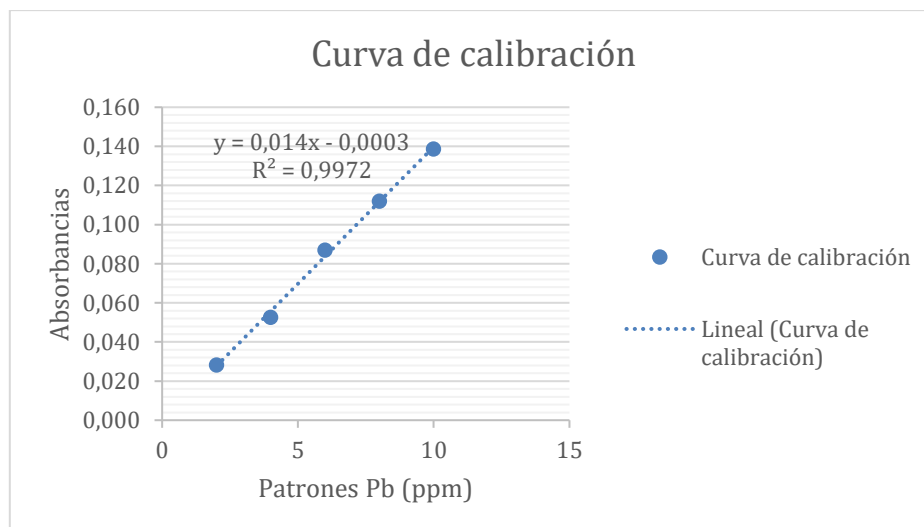
Gráfica 14 Modelo de pseudo segundo orden de HO y MACKEY para el Aloe vera



Como se observa en las gráficas 12,13 y 14, la cinética para cada una de las especies es de pseudo segundo orden de HO y MACKEY demostrando que se ajusta a una tendencia lineal.

- Sesión 2: Durante esta sesión se encontraron resultados favorables para las tres especies, para su respectivo análisis se diseñaron 5 patrones de plomo, para realizar la respectiva curva calibración como se observa en la tabla 8 y en la gráfica 15.

Gráfica 15 Curva de calibración para tipo de fitorremediación



Con la ecuación de la recta obtenida a partir de la curva de calibración se realizaron los cálculos correspondientes a partir de las absorbancias obtenidas en el espectrofotómetro de absorción atómica para las diferentes partes de las especies después de los 420 minutos.

Para calcular la concentración y los mg/kg se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$\text{Concentración} = \frac{\text{Abs} - b}{m} = \frac{\text{Abs} - 0,0003}{0,014}$$

$$\frac{\text{mg Pb}}{\text{kg masa vegetal}} = \frac{\text{Concentración Pb ppm} * \text{Vol (L)}}{\text{kg masa vegetal (raíz, tallo o hojas)}}$$

Tabla 8 Datos tipo de fitorremediación correspondientes al *Buchón de agua*

Datos Buchón								
Masa inicial	173,5	Absorbancias			Promedio Abs	Volumen	Concentración	mg/Kg
Masa raíz	43,5	0,105	0,104	0,103	0,104	25	7,41	8,51
Masa tallo	88,5	0,030	0,029	0,031	0,030	10	2,12	1,20
Masa hojas	39,0	0,012	0,010	0,010	0,011	10	0,74	0,95
Total	171,0							

Tabla 9 Datos tipo de fitorremediación correspondientes al *Spatyphylo*

Datos Spatyphylo								
Masa inicial	120,0	Absorbancias			Promedio Abs	Volumen	Concentración	mg/Kg
Masa raíz	75,5	0,011	0,013	0,012	0,012	25	0,84	0,55
Masa tallo	30,5	0,007	0,008	0,008	0,008	10	0,53	0,86
Masa hojas	8,0	0,019	0,018	0,019	0,019	10	1,31	8,20
Total	114,0							

Tabla 10 Datos tipo de fitorremediación correspondientes al *Aloe vera*

Datos Aloe vera								
Masa inicial	907,0	Absorbancias			Promedio Abs	Volumen	Concentración	mg/Kg
Masa raíz	35,5	0,019	0,017	0,019	0,018	10	1,29	1,81
Masa tallo	69,0	0,036	0,038	0,037	0,037	10	2,62	1,90
Masa hojas	799,2	0,017	0,015	0,015	0,016	10	1,10	0,07
Total	903,7							

Como se observa en la tabla 9, a partir de los cálculos obtenidos la mayor concentración de plomo se concentra en las raíces del *Buchón de agua*, esto a su vez por la gran cantidad de raíz que presenta la planta y por ser una especie acuática. De igual forma se observa cómo en las hojas solo hay 0,74 ppm de plomo, siendo una cantidad bastante mínima.

Con base en estos resultados, se establece el tipo de fitorremediación de la especie, ya que la mayor cantidad del contaminante se fijó en la raíz, se considera que ésta realiza un proceso de Rizofiltración.

Este resultado se corrobora con lo mencionado por (Poveda & Velasteguí, 2014), quienes, a partir de la evaluación de esta especie para el tratamiento de aguas agrícolas e industriales, encontraron resultados favorables, reconociendo su capacidad como especie fitorremediadora.



Imagen 6 Buchón de agua sumergido en una concentración de 5,275 ppm de Pb



Imagen 7 Raíz de Buchón de agua en proceso de carbonización

Para la especie *Spatyphylo* se hallaron resultados totalmente diferentes ya que la mayor concentración de plomo en la planta encontró en las hojas con una concentración de 1,31 ppm de Pb, a su vez se observa como en el tallo se encuentran solo 0,53 ppm de Pb y a su vez 0,84 ppm de Pb como se observa en la tabla 10.

Con estos resultados también se observa la capacidad de la especie para acumula contaminantes en sus raíces, tallos o follaje, observando así un proceso de fitoextracción.



Imagen 8 *Spatyphylo* sumergido en una concentración de 5,22 ppm de Pb



Imagen 9 Separación partes de *Spatyphylo*

Como podemos observar en la tabla 11 se encuentran concentraciones en las tres partes de *Aloe vera* (*Aloe barbadensis miller*), pero es en el tallo donde se encuentra la mayor cantidad de Pb, ya que hay 2,62 ppm de Pb en el tallo mientras que en las hojas y en la raíz hay 1,10 y 1,29 ppm de Pb respectivamente, aparentemente el

Plomo II no es tóxico para la especie ya que nunca presentó proceso de necrosis, conservó su coloración verde y su respectivo tamaño.

Estos valores demuestran que el proceso de fitorremediación que realiza la especie al igual que el *Spatyphylo*, es una fitoextracción ya que la concentración de Pb se encuentra en toda la especie; a su vez, se puede considerar al *Aloe vera* (*Aloe barbadensis miller*) como una especie metalofita.



Imagen 10 *Aloe vera* sumergido en una concentración de 5,34 ppm de Pb



Imagen 11 *Aloe vera* después de 7 horas de contacto con Pb

- Sesión 3: En esta sesión se tomaron nuevas especies, para realizar un proceso de desorción, el cual como se observa en el anexo 16, se dejaron las especies en contacto durante 4 horas en concentraciones de plomo, como se observa en la tabla 12.

Tabla 11 Datos obtenidos a partir del proceso de desorción

	<i>Aloe vera</i>	<i>Buchón de agua</i>	<i>Spatyphylo</i>
[Pb] Inicial	5,345	5,275	5,228
Abs (2880 min)	0,026	0,049	0,075
[Pb]	1,725	3,387	5,228
% Desorción	32,3	64,2	100,0

Luego se retiraron las especies de las soluciones de plomo y se sumergieron en solución de EDTA 0,01M durante 48 horas, dando un tiempo bastante amplio para estudiar la efectividad de la especie durante este proceso. Para el cálculo de las concentraciones pasadas las 48 horas, se utilizó la curva de calibración para la cinética (Gráfica11).

Como se observa en la tabla 12, el *Aloe vera* (*Aloe barbadensis miller*) obtuvo un porcentaje de desorción bajo en comparación a las otras dos especies, ya que,

aunque realizo un buen proceso de adsorción no obtuvo el mismo resultado para la desorción. Así mismo el *Buchón de agua* obtuvo un resultado moderado, como se observó los resultados de cinética, fue la primera especie en terminar el proceso de adsorción, pero no fue la mejor en el proceso de desorción.

A diferencia de las dos especies anteriores, el *Spatyphylo* obtuvo resultados favorables, ya que logro un porcentaje de 10% para el proceso de desorción, esto indicando que la especie logra desechar el contaminante fácil y completamente en contacto con un agente quelante como el EDTA.

- Sesión 4: Cinética e Isoterma de adsorción

Para esta sesión se trabajó con 6 especies vegetales de *Aloe vera* (*Aloe barbadensis miller*) las cuales se sumergieron en patrones de concentraciones conocidas de Plomo II, que variaban de 10 a 117 ppm y en agitación constante durante 48 horas.



Imagen 12 Especies vegetales trabajadas

En el proceso se tuvieron en cuenta las masas de cada una de las especies vegetales, así como el pH de los patrones de Plomo II y la temperatura (medio ambiente), como se observa en la tabla 12.

Tabla 12 Datos de las 6 especies vegetales *Aloe vera* (*Aloe barbadensis miller*)

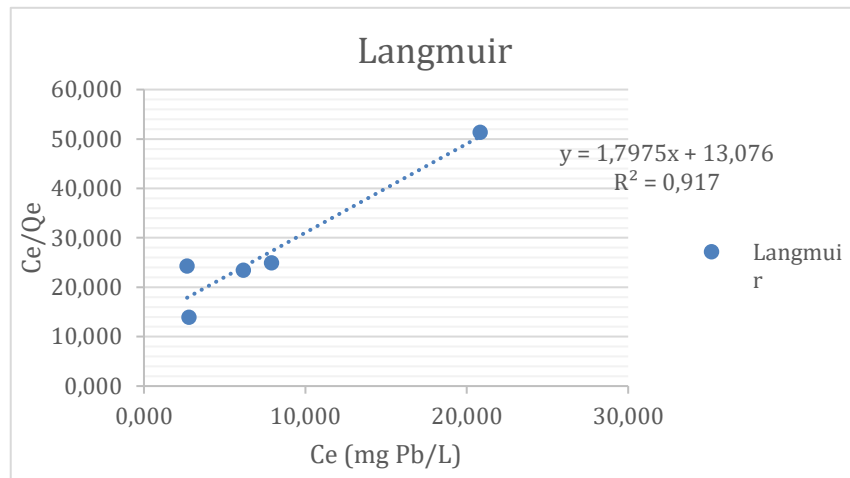
<i>Aloe vera</i>	Concentración (ppm)	Masas (g)	pH inicial	pH 24 horas	pH 48 horas	Temperatura (K)	Temperatura 24 horas (K)	Temperatura 48 horas (K)
1	10	66,0	4,39	4,58	5,34	291	293	297
2	37	79,0	4,28	4,19	4,22	291	293	297
3	44	52,0	4,37	4,30	4,48	291	293	297
4	59	50,0	4,40	4,29	4,62	291	293	297
5	80	57,0	4,40	4,13	4,23	291	293	297
6	117	59,0	4,39	4,08	4,5	291	293	297

Para realizar los cálculos concernientes a las isotermas de adsorción, se desarrolló una nueva curva de calibración, lo que permitió seguir la cinética de bioadsorción

de Plomo II, que como se mencionó anteriormente sigue el modelo de pseudo segundo orden de HO y MACKEY.

A continuación, se estimó la concentración de Plomo II (C_e) en los patrones y la carga (Q_e) de este en el *Aloe vera* una vez sea alcanzado el equilibrio como se observa en el Anexo 21. El estudio de los valores C_e y Q_e permiten modelar la naturaleza del proceso de bioadsorción, ajustando a isothermas tipo LANGMUIR, FREUNDLICH y DUBININ-RADUSKEVICH-KAGANER. A continuación, se observa la gráfica correspondiente a la linealización de la isoterma de LANGMUIR, la cual evidencia un mejor ajuste, con un porcentaje de desviación de un 3% y un coeficiente de correlación de 0,92 en comparación con FREUNDLICH y DUBININ-RADUSKEVICH-KAGANER, las mayores desviaciones se presentan en los puntos donde se realizaron mayores diluciones, para efectos de un ajuste más fino, se recomienda usar concentraciones más altas (Anexo 21).

Gráfica 16 Linealización isoterma de Langmuir



Gráfica 16 isoterma de Langmuir

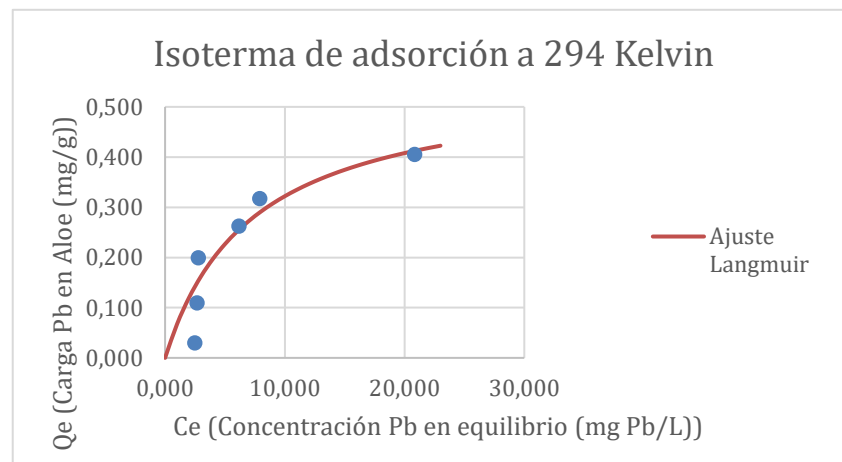


Tabla 13 Consolidado isotermas de adsorción

LANGMUIR				FREUNDLICH				MODELO DE DUBININ-RADUSKEVICH-KAGANER			
q_{max} (mg g ⁻¹)	K (L/mg)	r ²	%DE SV	kf	1/n	r ²	%DE SV	Q _{mDRK}	E _s	R ²	%DESV
0,556	23,504	0,917	2,916	0,041	0,857	0,570	14,718	8,101	20,385	0,571	12,854

A partir del ajuste de la isoterma de adsorción de LANGMUIR, fue posible estimar la tasa máxima de adsorción de Plomo II, que para esta especie vegetal es de 0,556 mg de Pb/ g de *Aloe vera*.

Un estudio similar realizado por (Palomino Amorín, Vargas Parker, & Visitación Figueroa, 2016) muestra que la tasa máxima de adsorción para pelambre vacuno es de 321 mg de Pb/ g de pelambre; que en principio es superior al hallado en *Aloe vera*. A partir del ajuste de la isoterma de adsorción de LANGMUIR, fue posible estimar la tasa máxima de adsorción de Plomo II, que para esta especie vegetal es de 0,556 mg de Pb/ g de *Aloe vera*.

Adicionalmente la constante de afinidad encontrada para el Plomo II en *Aloe vera* es de 23,504 L/mg de Pb, la cual supera al menos en dos órdenes de magnitud la constante encontrada en pelambre vacuno por Amorín y otros (0,0576 L/mg de Pb).

La comparación de estos valores indica la favorabilidad de esta especie vegetal para la adsorción de Plomo II y el porcentaje de desviación

8.2.2 Fase Dos

Actividad N°1:

La actividad consistió en dos conferencias relacionadas con el modelo pedagógico y el abordaje inicial del tópico (Anexos, diapositivas 1 y 2).

Cómo evaluación de la primera actividad, los estudiantes realizaron un mapa mental con los conceptos trabajados en las conferencias de tal forma que los estudiantes relacionaran los conceptos aprendidos.

Imagen 13 Mapa mental con poca ramificación, colores y manejo de sentido de lectura

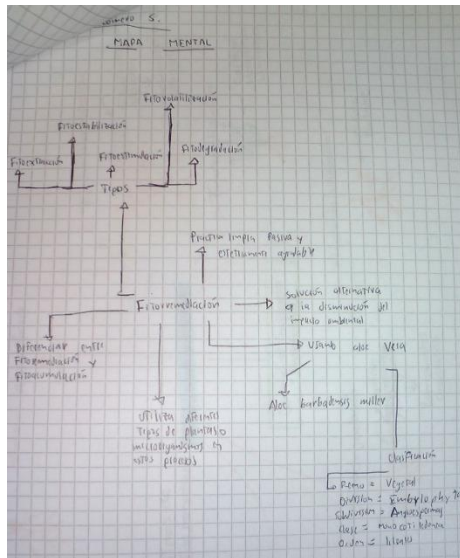
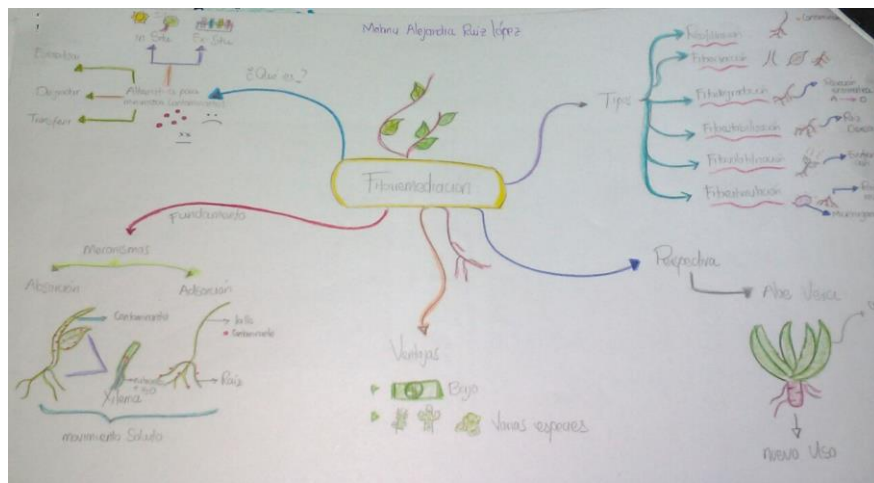


Imagen 14 Mapa mental buena jerarquización, colores y lectura del tópic trabajado



Para clasificar dichas respuestas, se realizó una rúbrica (Anexo 9) y se categorizaron las respuestas en Muy bueno, bueno, suficiente e insuficiente según cada criterio como se muestra a continuación.

Tabla 14 Resultados criterio 1 Actividad 1

CRITERIO 1	
N° Palabras, coherencia	
Categoría	# de Grupos
Muy Bueno	6
Bueno	9
Suficiente	1
Insuficiente	0

Gráfica 17: Resultados criterio 1 Actividad 1

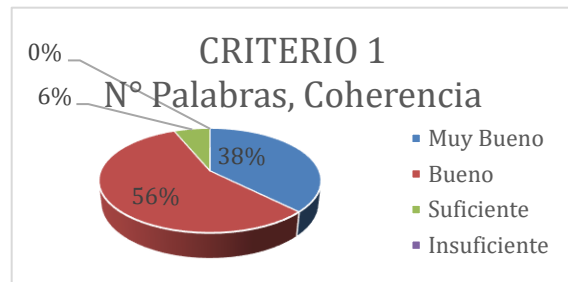


Tabla 15 Resultados criterio 2 Actividad 1

CRITERIO 2	
Idea central, centro de la hoja	
Categoría	# de Grupos
Muy Bueno	15
Bueno	0
Suficiente	1
Insuficiente	0

Gráfica 18 Resultados criterio 2 Actividad 1

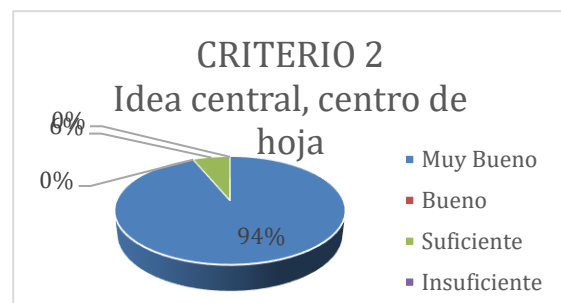


Tabla 16 Resultados Criterio 3 Actividad 1

CRITERIO 3	
Enlace de ramas para ideas y colores	
Categoría	# de Grupos
Muy Bueno	12
Bueno	4
Suficiente	0
Insuficiente	0

Gráfica 20: Resultados Criterio 3 Actividad 1

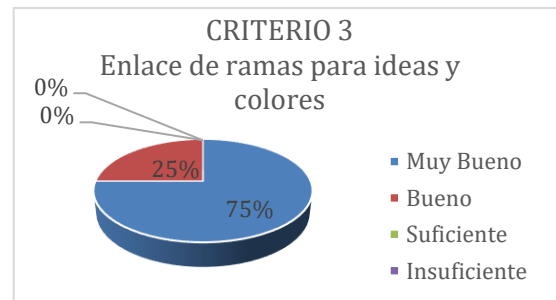


Tabla 17 Resultados Criterio 4 Actividad 1

CRITERIO 4	
Distribución del espacio	
Categoría	# de Grupos
Muy Bueno	10
Bueno	5
Suficiente	1
Insuficiente	0

Gráfica 21: Resultados Criterio 4 Actividad 1

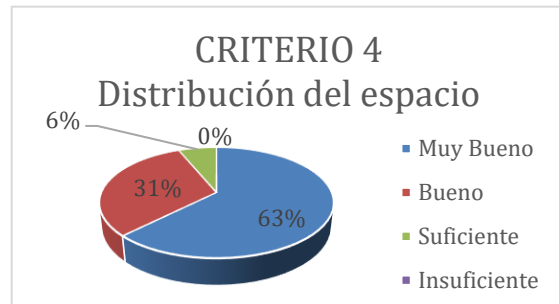


Tabla 18 Resultados Criterio 5 Actividad 1

CRITERIO 5	
Flechas e íconos visuales para ideas claras	
Categoría	# de Grupos
Muy Bueno	13
Bueno	2
Suficiente	1
Insuficiente	0

Gráfica 22: Resultados Criterio 5 Actividad 1

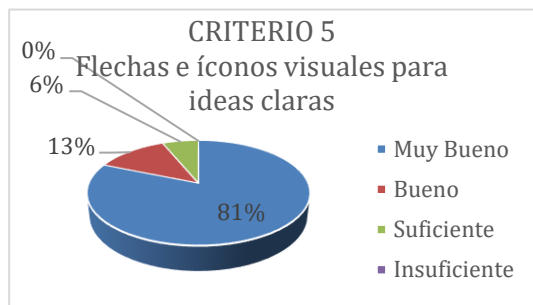
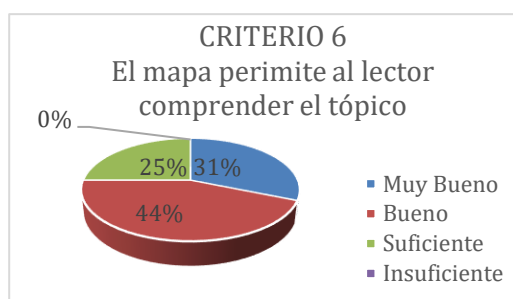


Tabla 19 Resultados Criterio 6 Actividad 1

CRITERIO 6	
El mapa permite al lector comprender el tópico	
Categoría	# de Grupos
Muy Bueno	5
Bueno	7
Suficiente	4
Insuficiente	0

Gráfica 29 Resultados Criterio 6 Actividad 1



El objetivo de la actividad 1, se basaba en acercar la temática a los estudiantes y enterarlos de cómo se llevaría a cabo la aplicación del trabajo, en las conferencias se aclaró el modelo pedagógico a trabajar y la metodología de trabajo, cada una de las actividades con sus respectivas guías de apoyo contaban con el tópico, la meta, el desempeño y la evaluación a realizar para que los estudiantes fueran tuvieron un buen desempeño del proceso que se estaba realizando.

Para esta primera actividad se planteó un mapa mental como evaluación, siendo la principal constante en la rúbrica identificar si los seguían instrucciones, es decir se evaluaron criterios de forma, siendo esta parte una de las principales para determinar cómo se debían guiar las demás actividades, así como un reconocimiento de comprensión inicial del tópico.

Para el siguiente análisis, se tienen en cuenta las concepciones según (Aldana Cruz & Miranda , 2013, pág. 56) donde se resalta la importancia de la implementación didáctica del diseño de mapas mentales, que permiten optimizar el proceso de lectura por parte de los estudiantes; a su vez la implementación de esta actividad permite el desarrollo y la ejecución de habilidades cognitivas con el fin de comprender el contenido desde otra perspectiva.

Teniendo en cuenta lo anterior las tablas 14 a 18 y las gráficas 18 a 22 respectivamente, dan cuenta de qué tanto los estudiantes siguen instrucciones sencillas para la realización del mapa mental, destacando que del criterio 2 al

criterio 5 se clasifican en *muy bueno* más del 50% de los estudiantes, es decir que más de la mitad se caracterizó por seguir instrucciones apropiadamente, en cuanto al criterio 1, este da cuenta que a los estudiantes no se les facilita del todo el proceso de síntesis ya que en su mayoría utilizaron más de las palabras establecidas.

El último criterio da cuenta del aspecto de fondo, es decir la comprensión total del tópico del mapa, si para el lector era lo suficientemente claro o no, demostrando un mayor porcentaje de *bueno* (44%), y no en *muy bueno* como los otros porcentajes en la misma categoría, lo que revela el mismo inconveniente en la capacidad de síntesis.

Actividad N°2

La actividad consistió en una conferencia sobre el Plomo y sus efectos en la salud (Anexo, diapositivas 3), la socialización por parte de los estudiantes de su postura respecto al caso de estudio “Un malestar asesino”, caso que fue entregado previamente para su debida lectura y respectiva “investigación y análisis de defunción de la víctima” (Anexo 3).



Imagen 15 Conferencia por parte de Autoras



Imagen 16 Conferencia por parte de Autoras

La evaluación para esta actividad consistió en una exposición de 6 grupos conformados por cerca de tres o cuatro personas cada uno, evaluada con su respectiva rúbrica (Anexo 10), junto con un informe escrito acerca del caso de estudio, detallando causa de muerte, exámenes a realizar pruebas “reales” y proceso metabólico de la intoxicación, junto con una estrategia pedagógica para transmitir dicha información en el rol de médico forense a la familia de la víctima, evaluado de la misma forma (Anexo 11).

Se evidenció durante la exposición compromiso por parte de los estudiantes ya que se notó su buena disposición y su acertado dictamen del caso. A continuación, se presentan las correspondientes gráficas con los criterios evaluados tanto en la parte oral como en la escrita.

Resultados Actividad 2, Evaluación Oral

Tabla 20 Resultados criterio 1 Actividad 2 Oral

CRITERIO 1	
Habla claramente y tono de voz	
Categoría	# de Grupos
Muy Bueno	3
Bueno	3
Suficiente	0
Insuficiente	0

Gráfica 10 Resultados Criterio1 Actividad 2 Oral

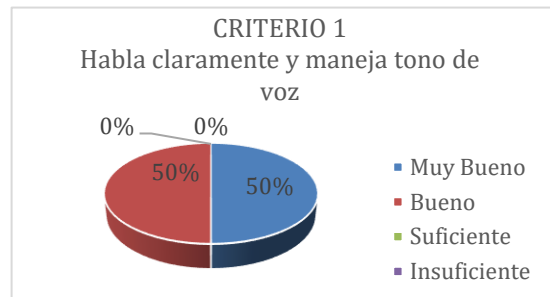


Tabla 21 Resultados Criterio 2 Actividad 2 Oral

CRITERIO 2	
Comprensión	
Categoría	# de Grupos
Muy Bueno	3
Bueno	2
Suficiente	1
Insuficiente	0

Gráfica 25 Resultados Criterio 2 Actividad 2 Oral

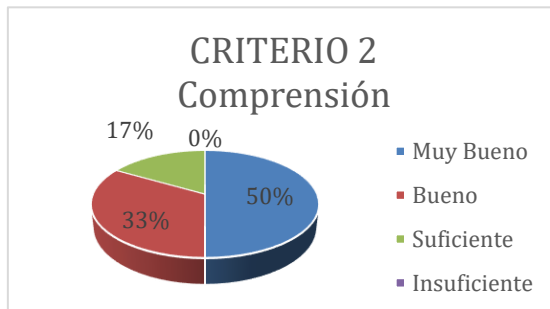


Tabla 22 Resultados Criterio 3 Actividad 2 Oral

CRITERIO 3	
Postura del Cuerpo y Contacto Visual	
Categoría	# de Grupos
Muy Bueno	3
Bueno	2
Suficiente	1
Insuficiente	0

Gráfica 26 Resultado Criterio 3 Actividad 2 Oral

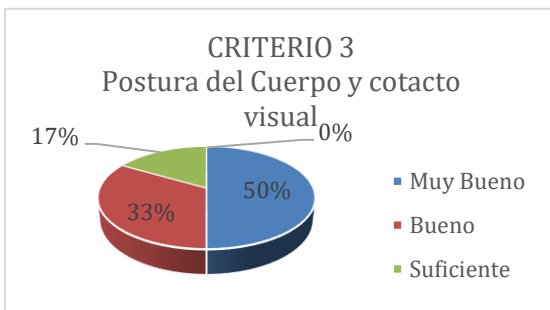


Tabla 23 Resultados Criterio 4 Actividad 2 Oral

CRITERIO 4	
Seguimiento del tema-tiempo	
Categoría	# de Grupos
Muy Bueno	3
Bueno	3
Suficiente	0
Insuficiente	0

Gráfica 27 Resultados Criterio 4 Actividad 2 Oral

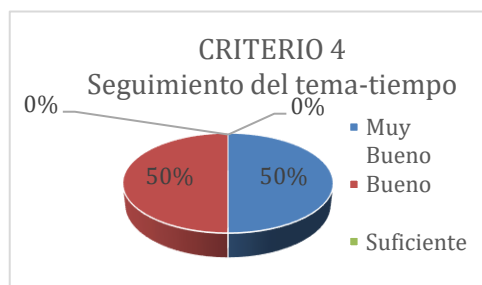
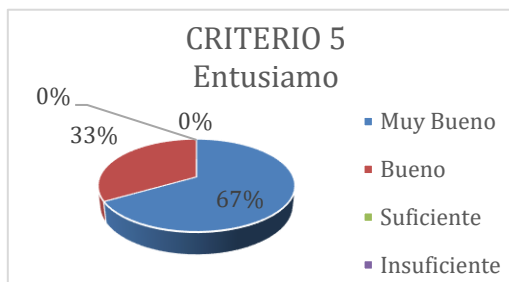


Tabla 24 Resultados Criterio 5 Actividad 2 Oral

CRITERIO 5	
Entusiasmo	
Categoría	# de Grupos
Muy Bueno	4
Bueno	2
Suficiente	0
Insuficiente	0

Gráfica 28 Resultados Criterio 5 Actividad 2 Oral



La actividad 2, destacó y reconoció la habilidad como docentes en formación del discurso que han venido construyendo, así como el dominio de público y por supuesto el carácter investigativo que caracteriza a los docentes en ciencia, las tablas 20 a 24 y sus respectivas gráficas de las 24 a la 28 resaltan resultados positivos, es decir a partir del 50% de los estudiantes en adelante estuvieron dentro de la categoría bueno y muy bueno.

Los dos criterios más acertados fueron seguimiento del tema- tiempo y el entusiasmo-disposición con que se realizó la actividad, características muy importantes que consienten un ambiente de enseñanza-aprendizaje más agradable, permitiendo la asimilación del tópic y la participación activa de los estudiantes garantizando la comprensión y la trasmisión del tema, propiciando la habilidad de usar su propio conocimiento para desarrollarlo, transformarlo y manejarlo de manera flexible e innovadora, cumpliendo el objetivo del modelo pedagógico en cuestión, corroborando lo trabajado con el siguiente apartado realizado por un estudio de maestría de la universidad nacional de Colombia "...se espera que contribuya a acercar al estudiante al conocimiento, al situarlo en un contexto real, del cual aprende mediante el desarrollo de procesos de investigación y el análisis de casos" (Andramunio Acero, 2014), resaltando que el caso de estudio aquí implementado fue tomado y modificado de casos reales investigados por el FBI.



Imagen 17 Presentación oral. Actividad 2



Imagen 18 Presentación oral. Actividad 2

Resultados Actividad 2, Evaluación escrito

Tabla 25 Resultados Criterio 1 Actividad 2 Escrito

CRITERIO 1	
Conceptos científicos, relacionados con intoxicación con Plomo en el hombre	
Categoría	# de Grupos
Muy Bueno	3
Bueno	1
Suficiente	2
Insuficiente	0

Gráfica 29 Resultados Criterio 1 Actividad 2 Escrito

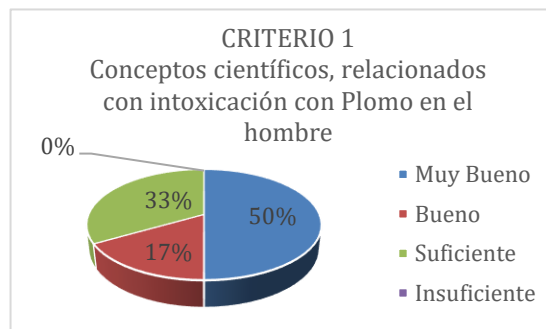


Tabla 26 Resultado Criterio 2 Actividad 2 Escrito

CRITERIO 2	
Fuentes de consulta y antecedentes, con apoyo bibliográfico	
Categoría	# de Grupos
Muy Bueno	3
Bueno	1
Suficiente	2
Insuficiente	0

Gráfica 30 Resultado Criterio 2 Actividad 2 Escrito

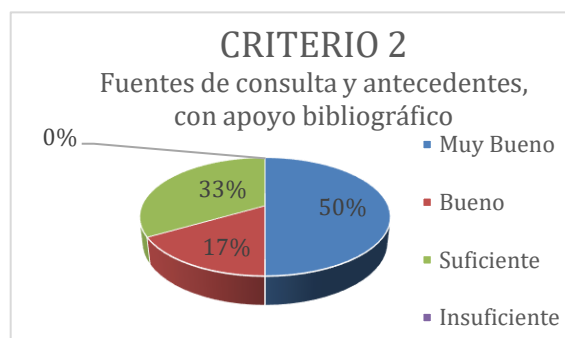


Tabla 27 Resultado Criterio 3 Actividad 2 Escrito

CRITERIO 3	
Análisis	
Categoría	# de Grupos
Muy Bueno	3
Bueno	1
Suficiente	2
Insuficiente	0

Gráfica 31 Resultado Criterio 3 Actividad 2 Escrito

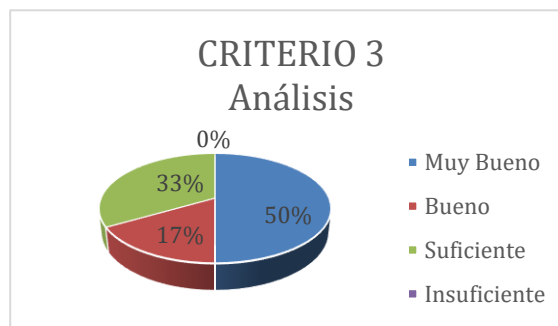


Tabla 28 Resultado Criterio 4 Actividad 2 Escrito

CRITERIO 4	
Apariencia	
Categoría	# de Grupos
Muy Bueno	5
Bueno	1
Suficiente	0
Insuficiente	0

Gráfica 32 Resultado Criterio 4 Actividad 2 Escrito

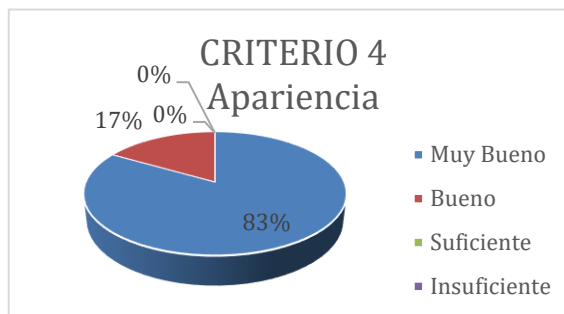
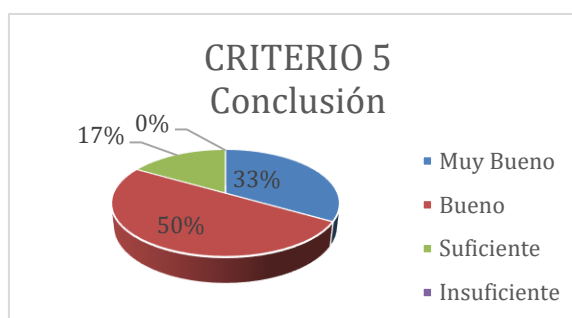


Tabla 29 Resultado Criterio 5 Actividad 2 Escrito

CRITERIO 5	
Conclusión	
Categoría	# de Grupos
Muy Bueno	2
Bueno	3
Suficiente	1
Insuficiente	0

Gráfica 33 Resultado Criterio 5 Actividad 2 Escrito



Para la parte escrita se evaluaron criterios que tenían que ver con el aspecto del informe, y por su puesto la postura en cuanto a la parte conceptual, se destacó nuevamente un buen porcentaje (50%) de estudiantes que se encuentran en todos los criterios dentro de las categorías *muy bueno* y *bueno*, siendo el criterio con mayor reconocimiento el de apariencia, lo que indica que los estudiantes tienen en cuenta la presentación de sus informes y manejan con claridad las normas APA. Seguido de la presentación lo que los estudiantes más tienen en cuenta a la hora de entregar un informe es el Análisis, se evidenció en las entregas la relación entre los datos suministrados en el caso, las pruebas “realizadas” de tal forma que permitió un dictamen coherente, enfatizando el proceso de intoxicación por Plomo y toda su ruta metabólica, su posible solución y estrategia pedagógica para dirigir la información a la familia del afectado, respaldándose de fuentes bibliográficas confiables, autores de gran trayectoria y material didáctico apropiado para la situación, coincidiendo con la siguiente cita en un estudio realizado por la universidad autónoma de Madrid “Como los estudios de casos se generan a partir de experiencias y prácticas reales, pueden vincularse con la acción y contribuir a cambiar la práctica. De hecho, un estudio de casos puede ser un subconjunto de un proyecto de investigación-acción más amplio” (Madera Payeta, y otros, 2010), donde resalta la complementación del tipo de investigación trabajado en el presente

proyecto de investigación y la influencia disciplinar y didáctica que los casos de estudio generan para la comprensión del tópico.

Actividad N°3

El nombre de este juego es “niños con plomo en sangre”, donde se trabajó por los grupos de laboratorio (6 Grupos); durante el desarrollo de esta actividad se observó que la mayoría de las estudiantes se sentían atraídos y emocionados por la sesión, ya que los roles trabajados en el juego implicaban una revisión y estudio del caso vivido en Cerro de Pasco (Perú).

A cada grupo se le entrego la guía del juego (Anexo 4), donde se hacía una introducción a la situación y a los diferentes roles. Así mismo se les envió por correo electrónico un video (Video 1) en el que hablan diferentes familias afectadas por la problemática ambiental en Cerro de Pasco; con el fin de que los estudiantes se percataran y conocieran más sobre esta problemática

Al inicio de la sesión a manera de introducción se visualizó un documental con el nombre: “Pasco si existe”; luego el grupo de la empresa Cerro de Pasco Cooper Corporation, realizó una introducción sobre la investigación que se elaboró y se efectuaron preguntas tales como:

- ¿Qué sintomatología presentaba la población?
- ¿Cuántos años ha venido trabajando la empresa en este lugar?
- ¿Con que permisos contaba la empresa para trabajar?
- ¿Cuáles exámenes se le realizaron a la población?
- ¿Cuáles fueron los resultados de los exámenes?
- ¿Qué tipo de tratamientos utilizaba a empresa para no contaminar?
- ¿Cómo la alcaldía iba a intervenir en esta problemática?
- ¿Qué registros y como se pronunciaban los ingenieros ambientales sobre la contaminación en el lugar? Entre otras.

Cada vez que alguno de los grupos trataba de responder alguna pregunta, surgía una pregunta nueva, lo que permitió desarrollar la actividad de forma dinámica.



Imagen 19 Desarrollo Actividad 3



Imagen 20 Desarrollo Actividad 3

Para la evaluación de la actividad se diseñó una rúbrica (Anexo12), con la cual se iba evaluando la participación del grupo y el discurso con el que hacían valer su postura dependiendo de su rol; A continuación, se encuentra la tabla 23, donde se pueden observar los siete criterios que se tuvieron en cuenta y las valoraciones por cada uno de los grupos.

Tabla 30 Resultados Rúbrica, Juego de Roles Actividad 3

Grupo	Habla Claramente y Tono de voz	Comprensión	Postura del Cuerpo y Contacto Visual	Seguimiento del Tema – Tiempo	Entusiasmo	Investiga	Argumenta con validez
1	3,6	3,6	3,6	3,7	4,5	3,5	3,0
2	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
3	3,0	3,5	3,0	4,0	4,0	3,0	3,0
4	4,5	5,0	4,5	5,0	5,0	4,5	4,5
5	4,5	4,5	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
6	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0

Así mismo para realizar un análisis más apropiado, se diseñó una tabla de convenciones, en la cual se establecieron 4 criterios de forma cualitativa con su respectiva valoración cuantitativa, como se evidencia en la tabla 24. De esta forma, se realiza una tabla con los criterios cualitativos con una gráfica grupal que permite observar las diferencias que se evidenciaron entre los grupos.

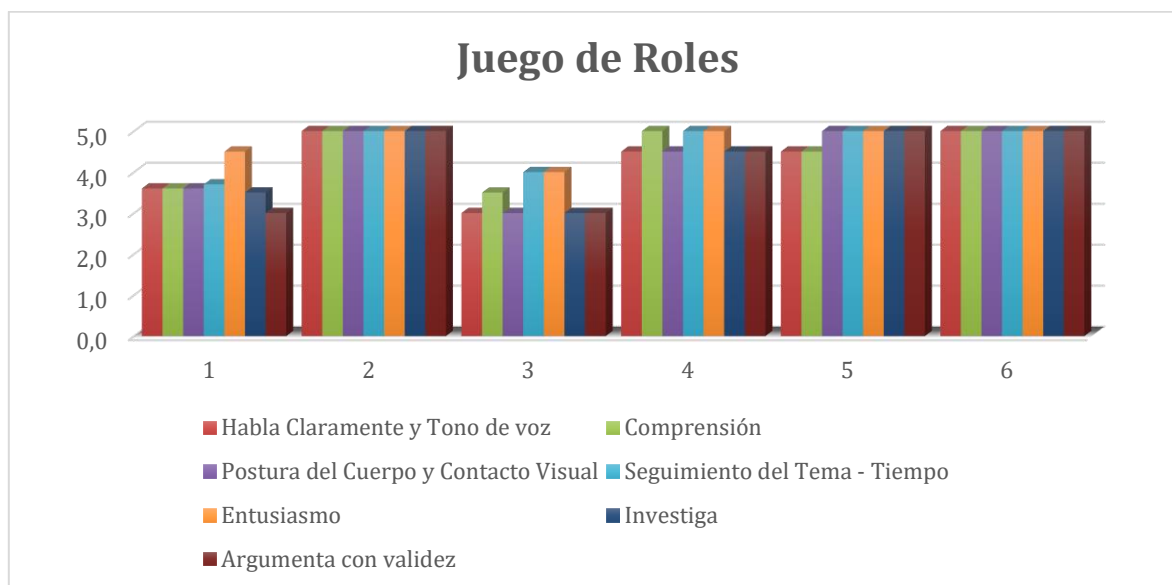
Tabla 31 Convenciones Resultados Juego de Roles Actividad 3

Muy Bueno	4,6-5,0
Bueno	3,6-4,5
Suficiente	3,5-3,0
Insuficiente	-3,0

Tabla 32 Resultados Rúbrica Juego de Roles para diagrama, Actividad 3

Grupo	Habla Claramente y Tono de voz	Comprensión	Postura del Cuerpo y Contacto Visual	Seguimiento del Tema - Tiempo	Entusiasmo	Investiga	Argumenta con validez
1	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	suficiente	Suficiente
2	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno
3	Suficiente	Suficiente	Suficiente	Bueno	Bueno	suficiente	Suficiente
4	Bueno	Muy Bueno	Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Bueno	Bueno
5	Bueno	Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno
6	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno

Gráfica 34 Resultados Rúbrica Juego de Roles por grupos. Actividad 3.



Como se puede observar en grafica 27, los estudiantes de los grupos 2, 4, 5 y 6, tuvieron valoraciones buenas en los diferentes criterios, ya que se observó durante sus discursos que cada uno de los participantes habían investigado más sobre la situación problema y tenían un discurso valido para defender cada una de sus posturas.

En los grupos 1 y 3, se observaron algunas falencias, ya en algunos momentos del juego se quedaban sin discurso, no sabían cómo responder a algunas preguntas de los otros grupos y se evidenciaba que no habían consultado más a parte de lo que se les había dado inicialmente. Así mismo al no saber que decir o como defenderse ante los demás grupos, se les veía una actitud mediana ante la actividad.

De igual forma a partir de los resultados encontrados por (Arias Vargas, 2012), en el diseño y aplicación de un juego de roles como estrategia para el aprendizaje basado en problemas, se resalta la motivación de los estudiantes en las situaciones problemas que se trabajan; en este caso la problemática encontrada en Cerro de Pasco (Perú), donde se observa como los grupos 2, 5 y 6 presentaron, analizaron y sustentaron su rol, bajo diferentes criterios, demostrando interés hacia la problemática.

Actividad N°4

Para esta actividad se realizó un taller de cinética, con el fin de acercar a los estudiantes a los procedimientos y datos que se encontrarían durante el laboratorio, como se observan en los anexos 5, 6 y 7.



Imagen 23 Especies trabajadas sumergidas en soluciones con concentraciones de Pb conocidas

Con los datos obtenidos a partir de las absorbancias tomadas hasta 420 minutos y la curva de calibración con los patrones de Plomo (II), los estudiantes realizaban los cálculos para obtener la cinética de absorción, el tipo de Fitorremediación, el proceso de desorción y las isothermas de adsorción de cada una de las especies.

Cabe aclarar que los cálculos realizados por las autoras para las tres especies se encuentran en el Anexo 17, así mismo en los Anexos 18 y 19 se encuentran dos de los informes entregados por los estudiantes.

En los informes de laboratorio que los estudiantes realizaron, se observaron varias semejanzas entre informes, así como algunos errores que no permitieron un desarrollo pleno de la actividad. Para el análisis y evaluación de la actividad se diseñó una rúbrica con siete criterios como se observa en el Anexo 13.

Tabla 33 Resultados Rúbrica, Informe de Laboratorio Actividad 4.

Grupo	Conceptos Científicos	Procedimientos	Análisis	Cálculos	Apariencia/Organización	Fuentes de Antecedentes	Conclusión	Total
1	4,8	4,5	5,0	4,8	4,8	5,0	4,5	4,8
2	5,0	4,5	4,6	4,0	5,0	4,5	4,5	4,6
3	4,5	4,8	5,0	5,0	5,0	4,5	4,5	4,8
4	4,5	4,5	4,3	3,0	4,0	4,0	4,0	4,0
5	4,5	4,5	4,5	4,0	4,5	4,0	4,5	4,4

6	4,0	3,5	4,0	4,0	3,0	4,0	4,0	3,8
---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Igual que en las actividades anteriores se diseñó un cuadro de convenciones con el cual se trabajó una calificación cuantitativa como cualitativa en el proceso de evaluación, de la siguiente forma:

Tabla 34 Convenciones Resultados Informe de Laboratorio Actividad 4.

Muy Bueno	4,6-5,0
Bueno	3,6-4,5
Suficiente	3,5-3,0
Insuficiente	-3,0

Así pues, se analiza por cada uno de los ocho criterios establecidos, para ver gráficamente los avances de cada uno de los grupos.

Tabla 35 Resultado Criterio 1. Actividad 4

CRITERIO 1	
Conceptos Científicos	
Categoría	# de Grupos
Muy Bueno	2
Bueno	4
Suficiente	0
Insuficiente	0

Gráfica 35 Resultado Criterio 1. Actividad 4

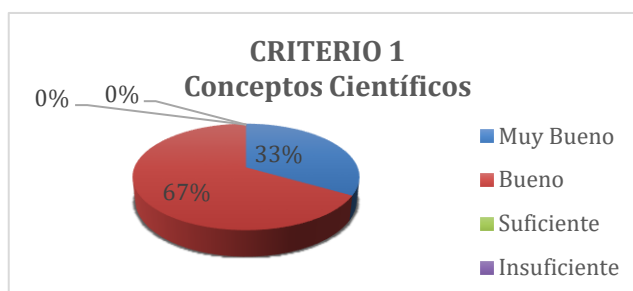


Tabla 36 Resultado Criterio 2. Actividad 4

CRITERIO 2	
Procedimientos	
Categoría	# de Grupos
Muy Bueno	1
Bueno	4
Suficiente	1
Insuficiente	0

Gráfica 36 Resultado Criterio 2. Actividad 4

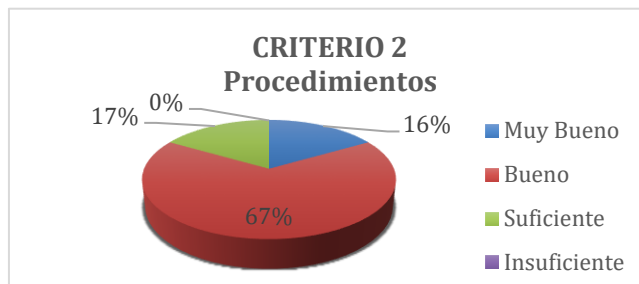


Tabla 37 Resultado Criterio 3. Actividad 4

CRITERIO 3	
Análisis	
Categoría	# de Grupos
Muy Bueno	3
Bueno	3
Suficiente	0
Insuficiente	0

Gráfica 37 Resultado Criterio 3. Actividad 4

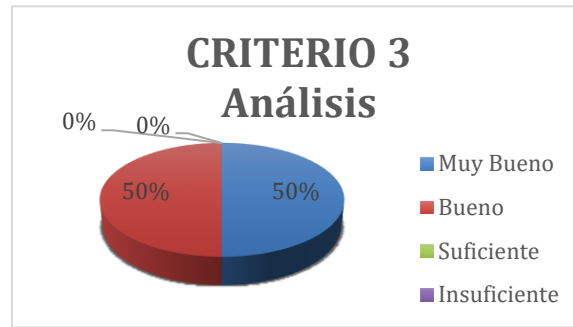


Tabla 38 Resultado Criterio 4. Actividad 4

CRITERIO 4	
Cálculos	
Categoría	# de Grupos
Muy Bueno	2
Bueno	3
Suficiente	1
Insuficiente	0

Gráfica 38 Resultado Criterio 4. Actividad 4

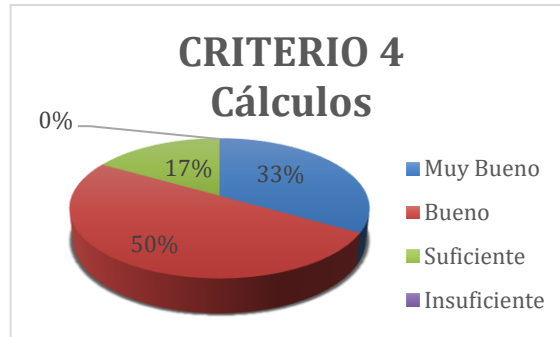


Tabla 39 Resultado Criterio 5. Actividad 4

CRITERIO 5	
Apariencia/Organización	
Categoría	# de Grupos
Muy Bueno	3
Bueno	2
Suficiente	1
Insuficiente	0

Gráfica 39 Resultado Criterio 5. Actividad 4

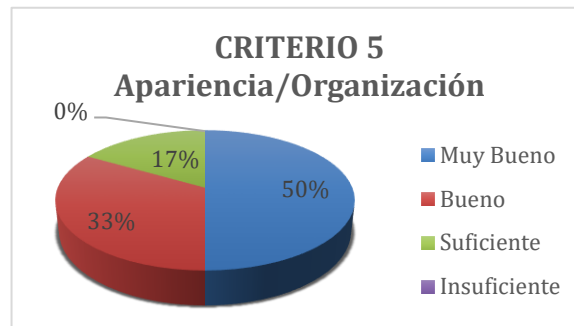


Tabla 40 Resultado Criterio 6. Actividad 4

CRITERIO 6	
Fuentes de Antecedentes	
Categoría	# de Grupos
Muy Bueno	1
Bueno	5
Suficiente	0
Insuficiente	0

Gráfica 40 Resultado Criterio 6. Actividad 4

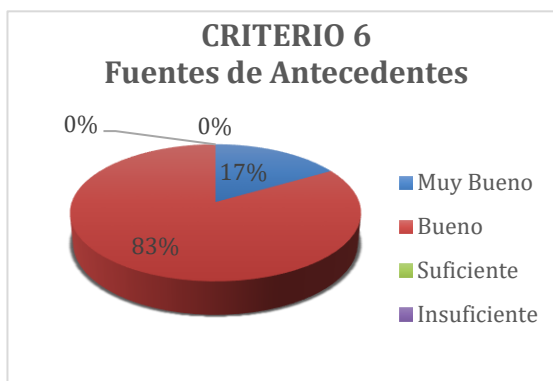
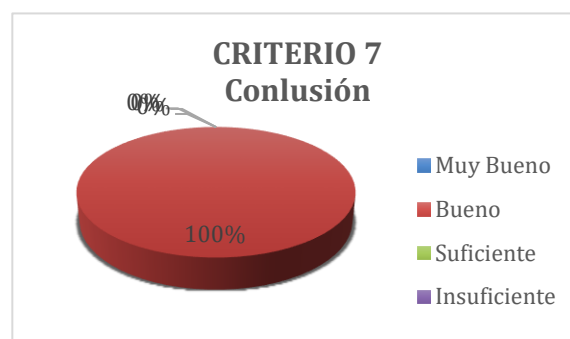


Tabla 41 Resultado Criterio 7. Actividad 4

CRITERIO 7	
Conclusión	
Categoría	# de Grupos
Muy Bueno	0
Bueno	6
Suficiente	0
Insuficiente	0

Gráfica 41 Resultado Criterio 7. Actividad 4



Como se observa en la Gráfica 35, en el criterio 1 de conceptos científicos, la mayoría de los trabajos realizados en el aula se representaron con un preciso y minucioso entendimiento de los conceptos científicos esenciales en el laboratorio, donde argumentaba de forma precisa conceptos como fitorremediación y cinética de adsorción.

Así mismo, como se observa en la Gráfica 37, en el criterio 3 de análisis, se observa como la mayoría de los estudiantes lograron valoraciones de bueno y muy bueno, ya que, realizados los cálculos, se encontraron relaciones entre las variables es discutida y analizada lógicamente. Las predicciones fueron planteadas sobre lo que podría pasar si parte del laboratorio fuese cambiado o cómo podría ser cambiado el diseño experimental.

Otro criterio donde se puede observar una valoración buena y muy buena es en el criterio 6, como se observa en la Gráfica 40, varias fuentes de antecedentes de renombre son usados y citados correctamente. El material es traducido en las propias palabras de los estudiantes y son registrados correctamente por cada uno de los grupos.

En la Gráfica 41 para el criterio de conclusión, se observa como 100% obtuvo resultados buenos, ya que cada una de las conclusiones incluían los

descubrimientos que apoyaban las hipótesis de cada grupo y lo que se aprendió de la práctica.

Para el criterio 2 de procedimientos, se observa cómo el 17% de la población tuvo un rendimiento suficiente, ya que en el informe no se encontraban completos los diagramas de los procedimientos, lo cual hacía difícil su lectura; sin embargo, en la mayoría de los informes se encontraban buenos diagramas que permitían una lectura adecuada.

En el criterio 4 cálculos, se observaron algunas diferencias entre los grupos, ya que, aunque todos tenían datos iguales, uno de los grupos realizó los cálculos con algunas diferencias en los datos, lo que hacía que sus resultados eran diferentes a los demás e incluso a los cálculos realizados por las autoras.

En el criterio 5 de apariencia/ organización, se observó cómo el 17% de la población entregó un informe de laboratorio donde la organización no permitía una adecuada visualización del documento, por lo que era difícil hacer un seguimiento adecuado, así mismo la mayoría de los grupos tuvieron un desarrollo bueno y muy bueno, permitiendo una lectura adecuada del informe.

La experimentación en el laboratorio permitió acercar a los estudiantes a la comprensión del tópico ya que la propia intervención del alumnado garantiza una experiencia personal mejorando el proceso metacognitivo tanto de lo procedimental como de lo conceptual corroborando con lo que se menciona en el siguiente trabajo de maestría realizado en la universidad Nacional de Colombia “De esta manera las prácticas de laboratorio se convierten en una estrategia didáctica que promueve el acercamiento de los estudiantes a las ciencias naturales y favorece el aprendizaje significativo de sus teorías y conceptos” (Durango Usuga, 2015)

8.3 Aplicación de la prueba de salida posterior a la aplicación de la secuencia de actividades.

Para esta prueba, se modificaron las preguntas que se realizaron para la prueba de entrada, ya que es necesario confirmar el avance del conocimiento en los estudiantes; de esta forma se encuentran 10 preguntas relacionadas con todas las actividades realizadas. (Anexo 8)

Como se observó en el Anexo 8, las preguntas se realizaron de forma abierta, pero cada una tenía su respuesta correcta es decir que después de leer cada una de las respuestas de los estudiantes, se diseñó una tabla de convenciones que permitió dividir las respuestas de los estudiantes en tres afirmaciones, como se muestra a continuación:

Tabla 42 Convenciones prueba de salida.

Domina	1
Baja comprensión en la temática	2
No domina	3

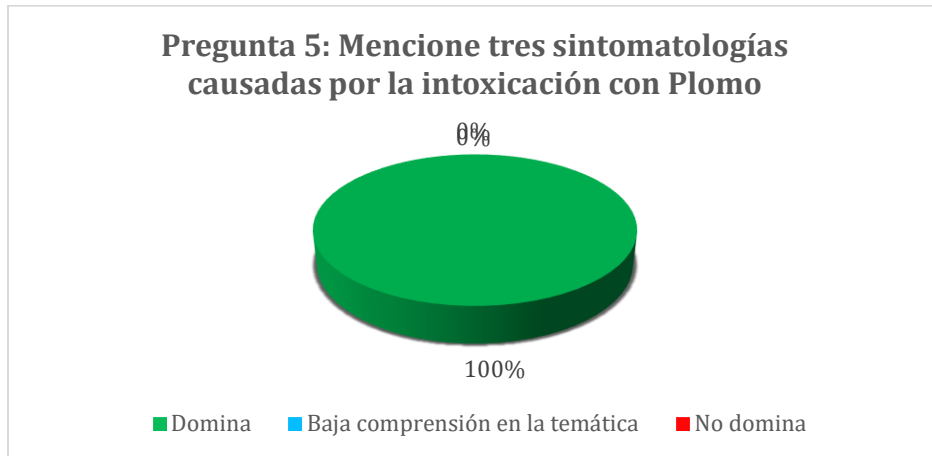
Con la tabla de convenciones se vuelven a leer cada una de las respuestas para tabularlas respectivamente de forma cuantitativa para su respectiva tabulación y gráfico.

Tabla 43 Tabulación de respuestas prueba de salida

Pregunta	# de personas		
	1	2	3
1	11	5	0
2	14	2	3
3	11	5	0
4	16	0	0
5	16	0	0
6	9	1	6
7	14	1	1
8	12	3	1
9	3	10	3
10	10	6	0

Como se observa en la Gráfica 42 de respuestas para la pregunta 5, todos los estudiantes contestaron de forma acertada, dando diferentes sintomatologías que se presentan en el ser humano al estar intoxicado con Plomo; así mismo se puede observar como en la prueba de entrada la mitad de los estudiantes no identificaban los síntomas y como posterior a la aplicación de la secuencia de actividades las respuestas de los individuos cambian considerablemente.

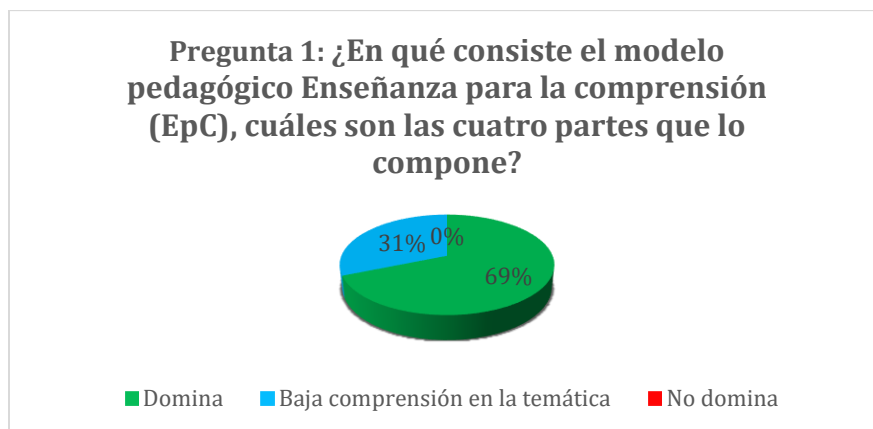
Gráfica 42 Resultados pregunta 5. Prueba de salida



Como se observa en las preguntas 1, 3 y 10, no se encontraron respuestas erróneas, más sin embargo una tercera parte de los estudiantes en cada pregunta contestó de forma vaga, así como con respuestas incompletas.

Algunas de las respuestas encontradas en la pregunta 1 eran incompletas, ya que mencionaban las cuatro partes de forma incompleta y en algunos casos explicaban las cuatro partes de forma inconclusa (Anexo 22). Después del trabajo realizado como se observa en la Gráfica 43 la mayoría de las estudiantes identificaba el modelo pedagógico, en qué consistía y sus partes.

Gráfica 43 Resultados pregunta 1. Prueba de salida

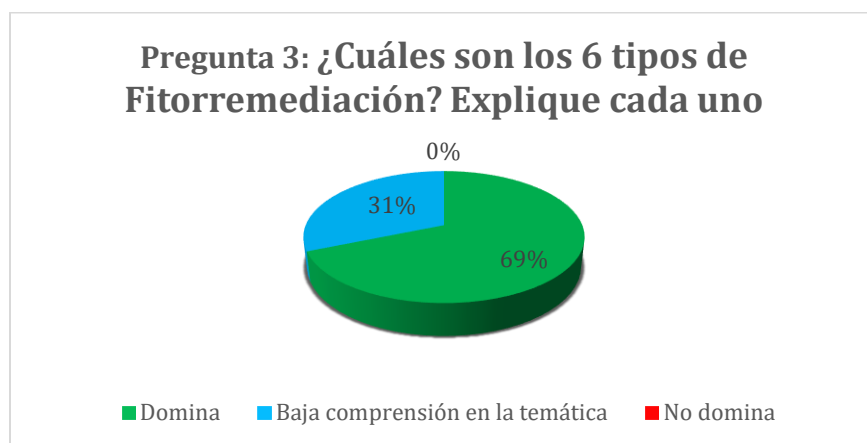


De igual forma para la pregunta 3 una parte pequeña de los estudiantes explicaba de forma inconclusa los seis tipos de fitorremediación, sin embargo, una gran parte de los estudiantes fue capaz de contestar acertadamente y con profundidad a cada uno de los tipos de fitorremediación.

Así mismo se ve una gran diferencia en las respuestas obtenidas en la prueba de entrada, ya que, al inicio de la secuencia, ninguno de los estudiantes tenía claro cuántos, cuáles y en qué consistían cada uno de los tipos de fitorremediación, y al

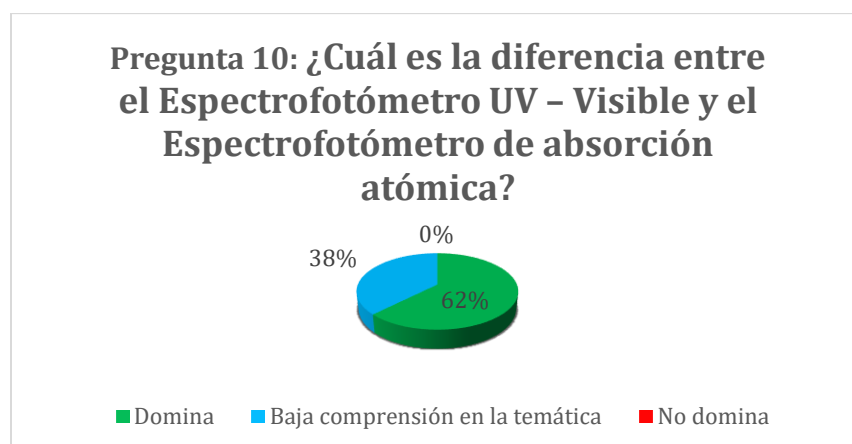
terminar la secuencia se puede observar en la Gráfica 44 que ya no hay ningún estudiante que no conozca los seis tipos de fitorremediación.

Gráfica 44 Resultados pregunta 3. Prueba de salida



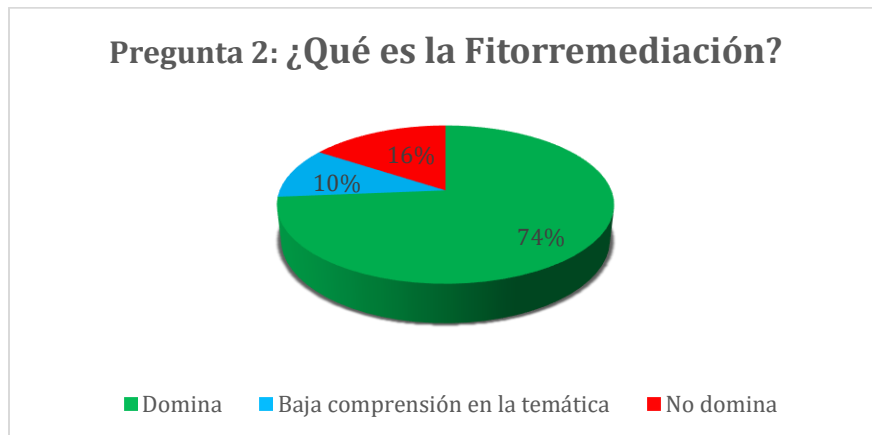
Para la pregunta 10, se observa como cada uno de los estudiantes cambia su percepción sobre los dos espectrofotómetros, ya que, al inicio del trabajo, algunas personas no identificaban las diferencias entre los dos equipos y no lograban responder acertadamente; mientras que como se observa en la Gráfica 45, una vez terminada la secuencia de actividades la mayoría de los estudiantes logra identificar las diferencias entre los dos equipos.

Gráfica 45 Resultados pregunta 10. Prueba de salida



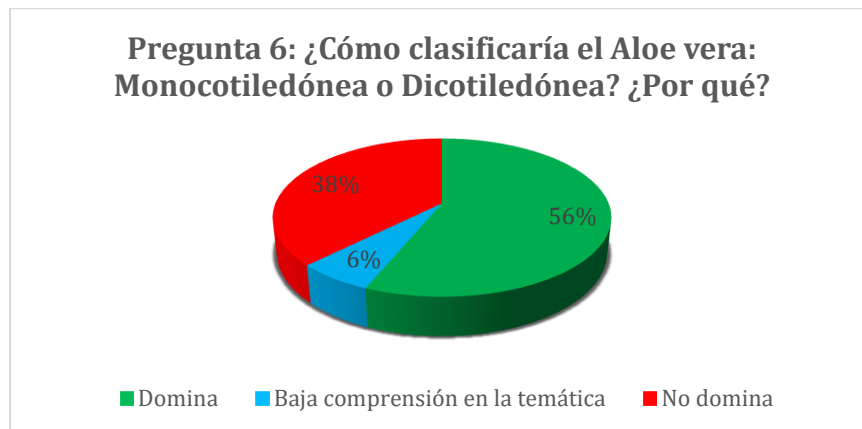
En la pregunta 2 se evidencia como la mayoría de los estudiantes después de aplicada la secuencia logran contestar de forma acertada en que consiste la fitorremediación; ya que como se observó en la Gráfica 46, en la prueba de entrada la mayoría de los estudiantes no tenían claro lo que significaba el término, ahora como se observa en el anexo 22, se encontraron respuestas que lograban llegar al significado del término y a sus características.

Gráfica 46 Resultados pregunta 2. Prueba de salida



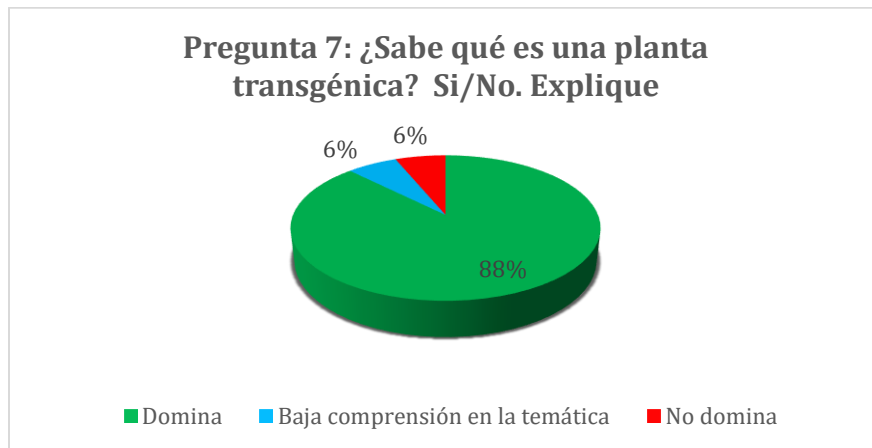
Para la pregunta 6, como se observa en la Gráfica 47, se evidencia que aún existen varias dificultades en identificar si el *Aloe vera* (*Aloe barbadensis miller*) es una especie Monocotiledónea o Dicotiledónea, ya que, aunque un poco más de la mitad (56%) respondió correctamente, gran parte de los estudiantes aún se encuentran confundidos con esta característica de la especie. Aun así, se observa una gran diferencia con la prueba de entrada, ya que la cantidad de estudiantes que contesto de forma acertada cambio considerablemente.

Gráfica 47 Resultados pregunta 6. Prueba de salida



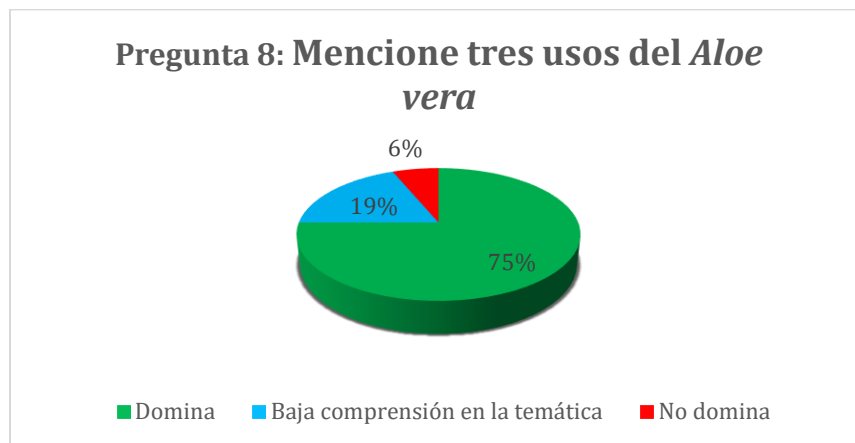
En la pregunta 7, como se observa en la Gráfica 48, se observa un cambio considerable con las respuestas obtenidas en la prueba de entrada, ya que la mayoría de las estudiantes antes del desarrollo de actividades respondieron con una baja comprensión, no sabían claramente a que hacía referencia una planta transgénica, mientras que después del desarrollo de actividades la mayoría de los estudiantes lograban contestar de forma acertada a la pregunta. A su vez se observa, como solo un 12%, tiene una baja comprensión y no domina lo que es una planta transgénica.

Gráfica 48 Resultados pregunta 7. Prueba de salida



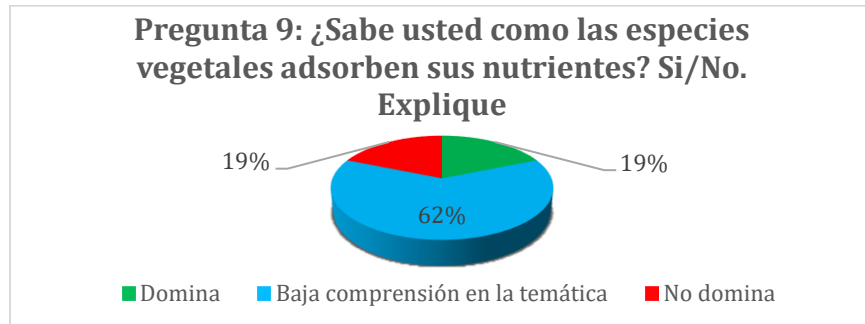
Durante la secuencia de actividades, se habló bastante sobre el *Aloe vera* (*Aloe barbadensis miller*), para que los estudiantes no solo vieran esta especie como algo que solo utilizan las personas mayores; como se observa en la Gráfica 49, la mayoría de los estudiantes concede diferentes usos y características a la especie vegetal, logrando identificar usos medicinales, estéticos y así como en procesos de fitorremediación.

Gráfica 49 Resultados pregunta 8. Prueba de salida



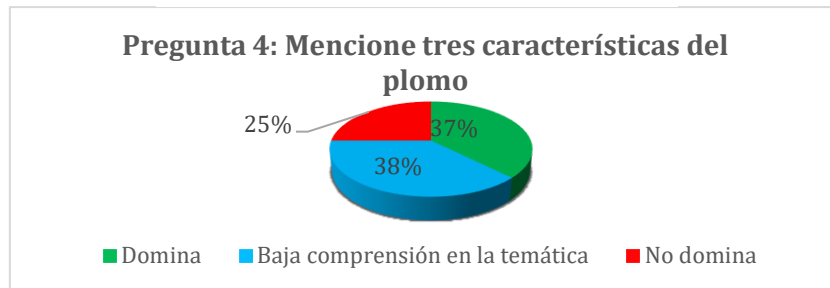
Para la pregunta 9, se observa en varias respuestas, como los estudiantes no logran identificar de forma acertada el proceso de adsorción de los nutrientes en las especies vegetales; cabe aclarar que se puede observar como el porcentaje de No domina antes y después del desarrollo de la secuencia cambia considerablemente, más sin embargo como se observa en la Gráfica 50, la mayoría de las respuestas son demasiado vagas en la prueba de salida.

Gráfica 50 Resultados pregunta 9. Prueba de salida



Para la pregunta 4 como se observa en la Gráfica 51, no se encuentran cambios en las respuestas, en porcentajes existen la misma cantidad de respuestas acertadas y la misma cantidad de baja comprensión, donde se observan como los estudiantes contestaban de forma incompleta.

Gráfica 51 Resultados pregunta 4. Prueba de salida



La prueba de salida, permitió reconocer la efectividad de la implementación de la secuencia de actividades lo que reflejó el dominio de los conceptos propuestos para cada una de las actividades, examinando que la complementación de las dos pruebas fortalece el reconocer el marcado progreso por parte de los estudiantes alcanzando la comprensión del tópico como lo manifiesta el trabajo de grado de maestría relacionado con la importancia de la implementación de casos de estudio para el aprendizaje de la herencia, en donde se realizó prueba diagnóstica y prueba de salida para verificar el aprendizaje de los estudiantes para el concepto de genética “Partir de un diagnóstico de las ideas previas de los estudiantes, es la base fundamental para estructurar una propuesta didáctica, que responda a las necesidades de los educandos y que permita alcanzar procesos de Metacognición” (Andramunio Acero, 2014).

9. CONCLUSIONES

- El estudio preliminar permitió la implementación de la secuencia a partir de las metas de comprensión y desempeños de comprensión para el tópico fitorremediación, observando durante la secuencia de actividades avances constantes en la comprensión del tópico.
- El desarrollo de una evaluación diagnóstica continua, permitió una reflexión y un avance progresivo por parte de los estudiantes, incentivando la comprensión del tópico.
- La prueba de salida demostró que el 69% de los estudiantes alcanzó la comprensión del tópico en la categoría “Domina”, así mismo se resalta el constante desempeño durante la implementación de la secuencia de actividades de los grupos 2,5 y 6.
- Para el proceso fitorremediador del *Aloe vera*, el comportamiento de la cinética de adsorción fue del modelo de pseudo segundo orden de Ho y Mackey, con una respectiva linealización del modelo de Langmuir. Se encontró que para el *Aloe vera* la capacidad máxima de adsorción de Plomo II fue de 0,556 mg de Pb/ g de *Aloe vera*, lo que quiere decir que por un gramo de planta es posible absorber 0,556 miligramos del contaminante plomo, estimando también una constante de afinidad de 23,504 L/mg de Pb, la cual se define como la “facilidad” que tiene la planta para absorber el plomo; a su vez se observó un porcentaje de remoción del 100% en solo 5 horas y un porcentaje de desorción de 32,3% en EDTA 0,01 M en 48 horas.
- El *Aloe vera* (*Aloe barbadensis miller*) es una especie fitorremediadora, que se postula como una posible planta metalofita con tipo de fitorremediación denominado fitoextracción, reconociendo que hasta la actualidad no se han encontrado estudios previos.
- El estudio preliminar ofrece una solución a la problemática ECO ambiental, en la implementación de la fitorremediación como una alternativa limpia en la remoción de Plomo II, con *Aloe vera* (*Aloe barbadensis miller*).

10. SUGERENCIAS

Una de las principales sugerencias para la continuación del trabajo, se trata de la ejecución experimental del proceso de cinética e isotermas de adsorción con concentraciones del metal pesado en cuestión más altas, tales como 100 ppm en adelante, conservar la semejanza de masas de la especie vegetal, mantener en agitación y temperatura constante durante el tiempo de la toma de muestras, así como realizar un estudio exhaustivo de más de 48 horas para incrementar la cinética y las probabilidades que se pudieren esperar en la implementación del proceso fitorremediador tal como la capacidad máxima de adsorción, proceso de desorción, entre otros.

En cuanto a la implementación del modelo pedagógico, se recomienda hacer un proceso de autoevaluación y coevaluación respecto a la secuencia de actividades, de tal forma que el estudiante tenga conocimiento del proceso que ha venido llevado y no pase por alto el avance de su proceso de comprensión del tópico, así como evaluar el proceso de implementación desde la perspectiva de los estudiantes.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Agudelo Betancur, L.M., Macias Mazo, K.I., & Suárez Mendoza, A. J. (01 de 01 de 2005). Revista Losallista de Investigación. Obtenido de Fitorremediación. La alternativa para absorber metales pesados de los biosólidos: <http://www.lasallista.edu.co/fxcu/media/pdf/Revista/vol2n1/fitorremediacion.pdf>
- Albert, L. A. (2010). Capitulo Siete: Plomo. En L. A. Albert, Curso básico de toxicología ambiental (págs. 105-121). Balderas: Limusa S.A de C.V.
- Aldana Cruz, M. P., & Miranda, O. (2013). Mapas mentales: una estrategia didáctica para el mejoramiento de la comprensión lectora de textos argumentativos. Bogotá.
- Andramunio Acero, Z. (2014). LA GENETICA HUMANA Y SU APLICACIÓN EN ESTUDIOS DE CASO, UNA ESTRATEGIA DE AULA PARA MEJORAR LA COMPRENSIÓN DE LA HERENCIA. Trabajo de grado Maestria, Bogotá. Obtenido de <http://www.bdigital.unal.edu.co/49044/1/tesis%20zamara%20andramunio%202015.pdf>
- Arias Martínez, S. A., Betancur Toro, F. M., Gómez Rojas, G., Salazar Giraldo, J. P., & Hernández Ángel, M. L. (19 de octubre de 2010). Fitorremediación con humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales porcinas. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3638734>
- Arias Vargas, N. M. (2012). Uso de un Juego de Rol como herramienta de motivación en la enseñanza de la química. Bogotá.
- Badillo, F. (2010). Capitulo Siete. Plomo. En L. A. Albert, Curso básico de toxicología ambiental (págs. 105-121). Balderas: Limusa S.A. de C.V.
- Baird, C. (2001). Metales tóxicos pesados. En *Química Ambiental*. Bogotá: Reverté S.A.
- B. C. (2001). *Química Ambiental*. Bogotá: Reverté S.A.
- Bello Espinosa, A., & Vásquez Mendoza, M. E. (2008). Calidad del sistema hídrico de Bogotá. Bogotá: Grupo op gráficas S.A.
- Canevaro, S. (2006). Aloe vera. Bogotá, Colombia: Panamericana editorial.
- Cárdenas, J, Guerrero, C, & Orozco, J. (2011). Alfabetización científica y tecnológica en torno al proceso de fitorremediación como técnica de descontaminación y su implementación con estudiantes de IED Isla del sol desde el enfoque CTSA (tesis de pregrado). Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, Colombia.

- Cárdenas Morales, J. J., Guerrero Patiño, C. C., & Orozco Orozco, J. (2011). Alfabetización científica y tecnológica en torno al proceso de fitorremediación como técnica de descontaminación y su implementación con estudiantes de IED Isla del sol desde el enfoque CTSA. Universidad Pedagógica Nacional.
- Carreño, U., & Granada, C. Diseño, desarrollo y evaluación de una tecnología de fitorremediación a escala de laboratorio utilizando la eichhornia crassipes para el tratamiento aguas contaminadas con cromo (tesis de pregrado). Universidad de Manizales, Manizales, Colombia.
- Carreño Sayago, U. F., & Granada Torres, C. A. (s.f.)
- Castaño, J. (06 de marzo de 2015). EL UNIVERSAL. Obtenido de Colombia, el tercer país que más agua tiene en el mundo: <http://www.eluniversal.com.co/ambiente/colombia-el-tercer-pais-que-mas-agua-tiene-en-el-mundo-186844>
- Charris, V., Guerrero, A., & Barrera, C. (2011). Intoxicación por plomo secundaria a alojamiento de esquilas en el cuerpo. Acta Médica Colombiana, 200-203.
- Córdoba, D. (2006). 41: Plomo. En D. Córdoba, Toxicología (págs. 337-345). México: El manual moderno (S.A de C.V.).
- Cubillos, J. Evaluación de la fitorremediación como alternativa de tratamiento de aguas contaminadas con hidrocarburos (tesis de maestría en Ecotecnología). Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia.
- Dominguez Fernandez, R., Arzate Vasquez, i., Chanona Perez, J., Welti Chanes, J., Alvarado Gonzales, J., Calderon Dominguez, G., Guitierrez López, G. (02 de 03 de 2011). Revista Mexicana de Ingenieria Química. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-27382012000100003
- Durango Usuga, P. (2015). LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO COMO UNA ESTRATEGIA DIDÁCTICA ALTERNATIVA PARA DESARROLLAR LAS COMPETENCIAS BÁSICAS EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LA QUÍMICA. tesis maestría, Bogotá.
- ECO Agricultura. (s.f.). Obtenido de propiedades medicinales y usos del Aloe vera o Sábila: <https://www.ecoagricultor.com/propiedades-y-usos-del-aloe-vera/>
- Ferraro, G. M. (2009). Revisión de la Aloe vera (Barbadensis Miller) en la dermatología actual. Obtenido de https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwi2tLOcu8bVAhWBcyYKHe7rBwEQFggIMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.scielo.org.ar%2Fscielo.php%3Fscript%3Dsci_a

rttext%26pid%3DS1851-
300X2009000400004&usg=AFQjCNGlie7D1TiRUOOjQ

- Figuroa, D., Moreno, A., & Hormaza, A. (12 de Diciembre de 2014). Equilibrio, termodinámica y modelos cinéticos. Revista Ingenierías Universidad de Medellín, 5-9. Recuperado el 6 de 12 de 2017, de <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v14n26/v14n26a08.pdf>
- Gamboa Velásquez, S. (2016). Diseño, implementación y resultados de una propuesta de enseñanza fundamentada desde el enfoque de la Enseñanza para la Comprensión para potenciar el aprendizaje del tópico generativo “cambios de estado de la materia”. Universidad Pedagógica Nacional.
- Gobierno de Navarra. (2012). Marco teórico de la evaluación diagnóstica continua.
- Gutiérrez, A., Martín, R., Revert, C., Lozano, G., & Hardisson, A. (2004). El plomo como contaminante alimentario. Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal, 73. Obtenido de <http://www.fmed.uba.ar/depto/toxico1/articulos/7.pdf>
- Gutiérrez, H. (1997). Contaminación del aire; riesgos para la salud. Santafé de Bogotá., Colombia, Editorial el manual moderno.
- Kelvingsong. (6 de Mayo de 2013). Archivo:A la estela.svg. Obtenido de https://wiki2.org/es/Archivo:A_la_estela_svg
- Lancheros, A., & Vera, G. (2011). La fitorremediación en el tratamiento de aguas residuales para la remoción de Cromo VI; aporte del trabajo experimental para la apropiación de lenguaje científico (tesis de pregrado). Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia.
- Llantoy, V. R. (2014). Estudio de los parámetros fisicoquímicos para la fitorremediación de cadmio (II) y mercurio (II) con la especie Eichhornia crossipies (Jacinto de agua). Obtenido de <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v80n3/a03v80n3.pdf>
- López, S., & Cuellar, W. (2009). Estrategia educativa, orientada al cambio de actividades frente a la contaminación del agua y cultivos por cadmio y plomo (tesis de pregrado). Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia.
- López luengo, M. (10 de 2004). Aloe vera Actividad farmacológica, indicaciones y reacciones adversas. Obtenido de <http://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-pdf-13067351-S300>
- Madera Payeta, A., Monasterio Martín, I., Jaraiz Lara, A., Cantador Gutiérrez, R., Sánchez Sánchez, J. C., & Varas Moreno, R. (2010). Estudio de Casos. Madrid.

- Mentaberry, A. (2011). Agrobiotecnología. Obtenido de http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/IQM_fitorremediacion_argentina_25620.pdf
- Milachay, Y. (12 de 09 de 2009). ¿pueden las plantas reparar los suelos contaminados? Obtenido de <https://cienciaescolar.wordpress.com/2009/09/12/recuperando-suelos-fitorremediacion/>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (12 de 2012). Dianóstico Nacional de Salud Ambiental. Obtenido de <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/INEC/IGUB/Diagnostico%20de%20salud%20Ambiental%20compilado.pdf>
- Muñoz Sanchez, V.Y. (2010). Facultad de ingeniería y Ciencias agropecuarias. Obtenido de: Tratamiento biológico combinado con filtración en tamices moleculares, de aguas contaminadas con hidrocarburos, afectadas por el derrame d la línea de flujo del pozo shushuqui 3, canton largo agrio, provincia de sucumbios, Ecuador: <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/2282/1/UDLA-EC-TIAM-2010-10.pdf>
- Oquendo, J. (2016). Evaluación de thypa latifolia en la absorción de plomo y propuesta de fitorremediación de aguas residuales con metales pesados en la laguna de yahuarcocha (tesis gestión ambiental en la industria), Ecuador.
- Palomino Amorín, C. C., Vargas Parker, R., & Visitación Figueroa, L. (2016). Aprovechamiento de pelos de vacuno del proceso de pelambre enzimático de las curtiembres en la remoción de plomo. Sociedad Química del Perú, 191.
- Paredes, J & Ñique, M. (2016). Optimización de la fitorremediación de mercurio en humedales de flujo continuo empleando eichhornia crassipes “jacinto de agua (tesis de pregrado), Perú.
- Parra Martinez, Y., & Balda Ayala, R. R. (08 de 2011). Visión General Sobre el Proceso de Fitorremediación en lodos provenientes de PTAR- Obtenido de <http://repository.unad.edu.co/handle/10596/6256>
- Poveda, R, &. Evaluación de especies acuáticas flotantes para la fitorremediación de aguas residuales industrial y de uso agrícola previamente caracterizadas en el cantón ambato, provincia de Tungurahua (tesis de pregrado). Universidad de Ecuador, Ecuador.
- Reyes, Y., Vergara, I., Torres, O., Díaz , M., & González, E. (Julio-Diciembre de 2016). Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. Revista Ingeniería, Investigación y

- Desarrollo, 67. Obtenido de
http://revistas.uptc.edu.co/index.php/ingenieria_sogamoso/article/view/5447
- Rittman. (2001). BIOTECNOLOGIA DEL MEDIO AMBIENTE. PRINCIPIOS Y APLICACIONES. La biotecnología del Plomo.
- Rodríguez, P, & Poveda, C. (2016). Diseño de un modelo costo-beneficio en la implementación de un sistema de fitorremediación de aguas residuales contaminadas con cromo en las curtiembres de san Benito sur de Bogotá (tesis de pregrado). Fundación universitaria Los Libertadores, Bogotá, Colombia
- Rodríguez Susa, M., Porras, L., Pérez Hoyos, A. P., Rodríguez Ruiz, L. M., & Medina Muñoz, S. (2011). Calidad del recurso hídrico de Bogotá (2009-2010). Bogotá: Ediciones Uniandes.
- Saffon Mejía, I. (24 de agosto de 2015). Universidad Católica de Manizales. Obtenido de REMOCIÓN DE HIDROCARBUROS EN AGUAS USANDO TECNOLOGÍAS DE FITORREMEDIACIÓN. Obtenido de <http://repositorio.ucm.edu.co:8080/jspui/handle/10839/1144?locale-attribute=en>
- Sánchez García, J. A. (2016). Diseño e implementación de una secuencia didáctica sobre la fitorremediación de cromo (VI) orientada al desarrollo de competencias científicas investigativas. Universidad Pedagógica Nacional.
- Santillana. (4 de Marzo de 2007). Evaluación inicial o diagnóstica. Obtenido de <http://ww2.educarchile.cl/UserFiles/P0001/File/Evaluación%20Inicial.pdf>
- Schwemmlin, D. S. (s.f.). Aloe Medical Group International (AMGI). Obtenido de <https://www.aloe-medical-group.com/es.html>
- Stone, Martha. La enseñanza para la comprensión. Vinculación entre la investigación y la práctica. ed Paidós. Buenos Aires. 1999. págs 95-126
- Valencia, U. d. (s.f.). Tema 7. Superficies sólidas: adsorción y catálisis heterogénea. Obtenido de https://www.uv.es/tunon/pdf_doc/Superficies_Solidas_A.pdf
- Vega, A., Ampuero, N., & Díaz, L. (03 de diciembre de 2005). EL ALOE VERA (ALOE BARBADENSIS MILLER) COMO COMPONENTE DE ALIMENTOS FUNCIONALES. Obtenido de http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182005000300005