

**Fortalecimiento de la indagación aplicando actividades de aula: Enseñanza de la fitorremediación en la remoción de Ni (II) con Acordeón de agua (*Salvinia mínima Baker*)**

**Maria Alejandra Monroy Tovar**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL  
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA  
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LA QUÍMICA  
BOGOTÁ D.C.  
2022**

**Fortalecimiento de la indagación aplicando actividades de aula: Enseñanza de la fitorremediación en la remoción de Ni (II) con Acordeón de agua (*Salvinia mínima Baker*)**

**Maria Alejandra Monroy Tovar**

**Tesis de grado para optar por el título de  
MAGISTER EN DOCENCIA DE LA QUÍMICA**

**DIRECTORA: DORA LUZ GÓMEZ AGUILAR  
Doctora en Desarrollo Sostenible**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL  
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA  
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LA QUÍMICA  
BOGOTÁ D.C.**

**2022**

**Nota De Aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

**Dr. Pedro Nel Zapata Castañeda**

**Evaluador Interno**

---

**Dr. Awdry Feisser Miquelin**

**Evaluador Externo**

---

**Dra. Dora Luz Gómez Aguilar**

**Directora**

**Bogotá D.C., marzo de 2023**

## **Dedicatoria**

A mis padres William Alberto Monroy Cortes y Ana Milena Tovar Diaz, a ustedes que son mi motor de vida, todo siempre por y para ustedes; a mi chiquitina Carolina Reyes Martínez, quien sin pensarlo y sin quererlo me salvo la vida y a ti, que al cerrar los ojos te encuentro, al mirar el cielo, la luna, las estrellas, te siento un poquito más cerca, a ti, que me diste el impulso para seguir.

Pronto estaremos a treinta.

Para ti papá.

## **Agradecimientos**

Primero quiero agradecerle a Dios por permitirme cumplir este sueño, este objetivo, este logro tan importante, por no dejarme desfallecer cuando el camino se puso difícil. A mis padres William Alberto Monroy Cortes y Ana Milena Tovar Diaz, por su infinito apoyo en mi carrera como docente, a mis hermanos William Y Daniela Monroy por darme la osadía para continuar.

Gracias a mi directora de tesis Dora Luz Gómez Aguilar, por su guía y fortaleza en estos años; a los docentes Leonardo Fabio Martínez Pérez y Pedro Nel Zapata Castañeda, por sus consejos y orientación en esta investigación; al grupo de biólogas que me impulsaron a continuar y me motivaron día a día en mi rol docente; a Laura Cárdenas y Alexandra Muñoz, por sus consejos y amistad en estos diez años y a mis estudiantes, que sin ellas mi proceso como docente no tendría significado.

A todos quienes en mi camino se cruzaron y me impulsaron en este proceso, infinitas gracias.


*Maria Alejandra Monroy Tovar*

**"Para todos los efectos, declaro que el presente trabajo es original y de mi total autoría; en aquellos casos en los cuales he requerido del trabajo de otros autores o investigadores, he dado los respectivos créditos"**

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>RECONOCIENDO LA DIVERSIDAD</small>	<b>FORMATO</b>	
	<b>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</b>	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 1 de 9	


1. Información General	
<b>Tipo de documento</b>	Tesis de Maestría de investigación
<b>Acceso al documento</b>	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
<b>Título del documento</b>	Fortalecimiento de la indagación aplicando actividades de aula: Enseñanza de la fitorremediación en la remoción de Ni (II) con Acordeón de agua ( <i>Salvinia minima Baker</i> )
<b>Autor(es)</b>	Monroy Tovar, Maria Alejandra
<b>Director</b>	Gómez Aguilar, Dora Luz
<b>Publicación</b>	Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional, 2022, 153 p.
<b>Unidad Patrocinante</b>	Universidad Pedagógica Nacional
<b>Palabras Claves</b>	Actividades de aula, indagación, fitorremediación, níquel, <i>Salvinia minima Baker</i> .

2. Descripción
<p>Las habilidades científicas se reconocen por su capacidad para estructurar la ciencia, a partir de una metodología, un proceso y un resultado, que implica la adquisición de conocimientos, como lo plantea el MEN (1998), estas habilidades hacen parte de la vida y se van desarrollando a partir de la primera infancia y en el aula, se centra en el descubrimiento y conocimiento del entorno del estudiante, donde se le permita el descubrir su propia realidad. A su vez el proceso de enseñanza y aprendizaje en el aula ha involucrado cambios en las metodologías y estrategias didácticas en pro de los procesos cognitivos de los estudiantes, buscando la relación contexto y saberes en el aula para fortalecer la indagación en el estudiante. Desde la UNESCO (1997) se menciona que existen 4 pilares en la educación y uno de ellos es "Aprender a hacer a fin de adquirir no sólo una calificación profesional sino, más generalmente, una competencia que capacite al individuo para hacer frente a gran número de situaciones y a trabajar en equipo"; con base en esto es necesario generar en los estudiantes la capacidad de resolver situaciones que se presenten en su contexto a partir de la indagación, teniendo en cuenta los dos años de pandemia que tuvieron una incidencia fuerte en esta habilidad.</p> <p>En la actualidad existen diferentes procesos industriales que han expuesto al hombre al riesgo de contacto de metales pesados, como es el caso del níquel, un metal pesado que según Alomá et al. (2013) es "un elemento bastante abundante, constituye cerca del 0,008 % de la corteza terrestre y 0,01 % de las rocas ígneas", este metal como otros, en concentraciones mínimas no representa ningún riesgo, sin embargo en concentraciones altas puede llegar a ser mortal; según lo mencionado por Alomá et al. (2013) "Aumenta las posibilidades de desarrollar cáncer de pulmón, nariz, laringe y próstata. Es desencadenante también de embolias, fallos respiratorios, desórdenes del corazón, así como reacciones alérgicas (erupciones cutáneas), en menor grado"; esto implica que al no tratar los desechos que contienen níquel de forma adecuada se está en un riesgo latente para el ser humano.</p> <p>Es así como desde el proceso de fitorremediación con la especie vegetal Acordeón de agua (<i>Salvinia minima Baker</i>), se busca remediar aguas residuales sintéticas con concentraciones conocidas de níquel, estudiando y analizando su efectividad y viabilidad en el proceso de fitorremediación.</p> <p>Desde este punto de vista es necesario fomentar en los estudiantes la indagación, que permita la relación entre el saber científico y su contexto, desde la aplicación de actividades de aula que evalúen la viabilidad del proceso de fitorremediación, analizando el metabolismo de la especie, la concentración del contaminante, los beneficios y los limitantes que pueda presentar el proceso y lleve a cada uno de los estudiantes a una relación contexto-ciencia.</p>

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>REPOSICIÓN DE CALIDAD</small>	<b>FORMATO</b>	
	<b>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</b>	
<b>Código: FOR020GIB</b>	<b>Versión: 01</b>	
<b>Fecha de Aprobación: 10-10-2012</b>	<b>Página 2 de 9</b>	

<b>3. Fuentes</b>
<p>Agreda E. (2004). Guía de investigación cualitativa interpretativa. <a href="http://repositorio.unicesmag.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/65">http://repositorio.unicesmag.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/65</a></p> <p>Aloma et al. (2013). Panorama general en torno a la contaminación del agua por níquel. La biosorción como tecnología de tratamiento. <i>Revista Cubana de química</i>, 3 (1); 266-280. <a href="https://www.redalyc.org/pdf/4435/443543736002.pdf">https://www.redalyc.org/pdf/4435/443543736002.pdf</a></p> <p>Aguilar A. y Aguilar H. (2017). Sistema piloto de fitorremediación para el tratamiento de aguas ácidas de los pasivos ambientales mineros de la quebrada mesa de Plata – Hualgayoc [Tesis profesional, Universidad privada Antonio Guillermo Urrelo]. Repositorio institucional UPAGU. <a href="http://repositorio.upagu.edu.pe/bitstream/handle/UPAGU/363/Alejandro%20y%20Homero.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y">http://repositorio.upagu.edu.pe/bitstream/handle/UPAGU/363/Alejandro%20y%20Homero.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y</a></p> <p>Amezcuza A. V.; Acosta E. H. y Días P. (2020). Fitorremediación de residuos de minas contaminados con metales pesados. <i>Revista Iberoamericana de Ciencias</i>, 7 (1); 79-91. <a href="https://www.researchgate.net/profile/Elizabeth-Acosta-2/publication/343380921_Fitorremediacion_de_residuos_de_minas_contaminados_con_metales_pesados/links/5f46bf9ba6fdcc14c5c755d7/Fitorremediacion-de-residuos-de-minas-contaminados-con-metales-pesados.pdf">https://www.researchgate.net/profile/Elizabeth-Acosta-2/publication/343380921_Fitorremediacion_de_residuos_de_minas_contaminados_con_metales_pesados/links/5f46bf9ba6fdcc14c5c755d7/Fitorremediacion-de-residuos-de-minas-contaminados-con-metales-pesados.pdf</a></p> <p>Anderson R. (2019). Consolidation and appraisal of science meta-analyses. <i>Journal of Research in Science Teaching</i>, 20(5), 497-509.</p> <p>Arango N.; Chavez M. y Feinsinger P. (2020). Enseñanza de ecología en el patio de la escuela EEPE. Guía Metodológica para la enseñanza de Ecología en el Patio de la Escuela.</p> <p>ATSDR (2005). Resumen de salud pública Níquel. ATSDR. <a href="https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs15.pdf">https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs15.pdf</a></p> <p>Ayala M.; Pernía B. y Cornejo X. (2019). Determinación de la capacidad de remoción de cadmio por <i>Salvinia auriculata</i> Aubl. en agua contaminada. <i>Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales</i>, 13 (2); 73-83. <a href="https://www.revistas.ug.edu.ec/index.php/cna/article/download/1191/1041">https://www.revistas.ug.edu.ec/index.php/cna/article/download/1191/1041</a></p> <p>Ayala M. (2019). Determinación de la capacidad de remoción de cadmio por la especie <i>salvinia auriculata</i> aubl. en agua contaminada [Tesis profesional, Universidad de Guayaquil]. Repositorio institucional de la Universidad de Guayaquil. <a href="http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/44728">http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/44728</a></p> <p>Banet E. y Núñez F. (1996). Actividades en el aula para la reestructuración de ideas: un ejemplo relacionado con la nutrición humana. <i>Investigación en la escuela</i>, 28 (1); 37-58. <a href="https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/59700/Actividades%20en%20el%20aula%20para%20la%20reestructuraci%3b3n%20de%20ideas%20un%20ejemplo%20relacionado%20con%20la%20nutrici%3b3n%20humana.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y">https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/59700/Actividades%20en%20el%20aula%20para%20la%20reestructuraci%3b3n%20de%20ideas%20un%20ejemplo%20relacionado%20con%20la%20nutrici%3b3n%20humana.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y</a></p> <p>Barrow L. (2006). A Brief History of Inquiry: From Dewey to Standards. <i>Journal of Science Teacher Education</i>, 17, 265-278.</p> <p>Benito M. y Díaz I. (2017). La relación de los niños y las niñas con el saber: una mirada desde el análisis de las prácticas de aula a través de actividades lúdico-pedagógicas. Recuperado de: <a href="http://hdl.handle.net/20.500.12209/17314">http://hdl.handle.net/20.500.12209/17314</a>.</p> <p>Bernal J. (2015). Evaluación de <i>eichhornia crassipes</i>. en el tratamiento de las aguas residuales provenientes del campus de la universidad nacional de Colombia, sede Orinoquia. [Tesis profesional, Universidad Santo Tomás]. Repositorio institucional USTA. <a href="https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/19130/2015%20Jenifer%20Bernal.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y">https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/19130/2015%20Jenifer%20Bernal.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y</a></p> <p>Berrio M. (2020). La experimentación con robótica: una propuesta para el desarrollo de habilidades científicas. [Tesis profesional, Universidad de Antioquia]. Repositorio institucional UdeA. <a href="http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/14988/3/BerrioMeisy_2020_Experimentaci%3b3nCo nRob%3b3tica.pdf">http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/14988/3/BerrioMeisy_2020_Experimentaci%3b3nCo nRob%3b3tica.pdf</a></p> <p>Brown P.; Abell S.; Demir A. y Schmidt F. (2006). College science teachers' views of classrooms inquiri. <i>Science Education</i>, 90(5), 784-802.</p> <p>Bustamante G. y Reyes V. (2018). Evaluación fisicoquímica y microbiológica asociada al tratamiento</p>



 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>REPOSITORIO INSTITUCIONAL</small>	<b>FORMATO</b>	
	<b>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</b>	
<b>Código: FOR020GIB</b>	<b>Versión: 01</b>	
<b>Fecha de Aprobación: 10-10-2012</b>	<b>Página 3 de 9</b>	

biológico de un reactor anaerobio para su aplicación en la remoción de níquel en aguas residuales industriales. [Tesis profesional, Universidad de Sonora]. Repositorio institucional UNISON. <http://148.225.114.120/bitstream/unison/2761/1/bustamantenoriegaguadalupel.pdf>

Buck L.; Bretz S. y Towns M. (2008). Characterizing the level of inquiry in the undergraduate laboratory. *Journal of College Science Teaching*, 38(4), 52-56.

Bybee R. (2000). Teaching science as inquiry. J. Inquiring into inquiry learning and teaching in science. American Association for the Advancement of Science. 20-46.

Cárdenas C. (2016). Diseño y construcción de un prototipo de comunicación para las personas con limitación auditiva, aplicado en actividades deportivas basado en ayudas aumentativas. <http://hdl.handle.net/20.500.12209/1982>.

Castillo A. (2020). Desarrollo de habilidades científicas en quinto de primaria mediante experiencias de laboratorio. [Tesis de grado, Universidad Pedagógica Nacional]. Repositorio Institucional UPN. <http://repositorio.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/11535/TO-23770.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Caviedes D.; Delgado D. y Amaya A. (2016). Remoción de metales pesados comúnmente generados por la actividad industrial, empleando macrófitas neotropicales. *Revista producción + limpia*, 11 (2). [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1909-04552016000200012](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552016000200012)

Cifuentes, R. (2011). Diseño de proyectos de investigación cualitativa. Buenos Aires. Argentina: Noveduc.

Correa F. y Martín J. (2014). La investigación, una estrategia pedagógica para el desarrollo de habilidades científicas hacia la conservación de quirópteros en el grupo Inducencias de la IED Técnico Industrial. [Tesis de grado, Universidad Pedagógica Nacional]. Repositorio Institucional UPN. <http://repositorio.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/1809/TE-17018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Covarrubias S. A. y Peña J. J. (2017). Contaminación ambiental por metales pesados en México: problemática y estrategias de fitorremediación. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 33 (1); 7-21. <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/RICA.2017.33.esp01.01/46640>

CRU (2018). Níquel. Caracterización y Análisis del Mercado Internacional de Metales en el Corto, Mediano, y Largo Plazo con Vigencia al Año 2035. [http://www1.upme.gov.co/simco/CifrasSectoriales/Datos/mercadointer/Producto2\\_Niquel\\_FINAL\\_12DIC2018.pdf](http://www1.upme.gov.co/simco/CifrasSectoriales/Datos/mercadointer/Producto2_Niquel_FINAL_12DIC2018.pdf)

Dávila D. y Sosa J. (2019). Sosa, J. A., & Dávila, D. T. (2019). La enseñanza por indagación en el desarrollo de habilidades científicas. *Educación y Ciencia*, (23), 605-624. [https://revistas.uptc.edu.co/index.php/educacion\\_y\\_ciencia/article/view/10275/8480](https://revistas.uptc.edu.co/index.php/educacion_y_ciencia/article/view/10275/8480)

Di Mauro, M. F., Furman, M., y Bravo, B. (2015). Las habilidades científicas en la escuela primaria: un estudio del nivel de desempeño en niños de 4to año. *Revista electrónica de investigación en educación en ciencias*, 10(2), 1-11. <https://www.redalyc.org/pdf/2733/273343069001.pdf>

Domènec J. y Marbà A. (2022). Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, (42), 81-98. <https://ojs.uv.es/index.php/dces/article/view/21070/pdf>


Espinosa j.; Garritz A.; Labastida D. y Padilla K. (2010). Indagación. Las habilidades para desarrollarla y promover el aprendizaje: Parte II. El cuestionario y su aplicación. *Educación química*, 21(3), 190-196. Recuperado en 04 de febrero de 2022, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-893X2010000300001&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2010000300001&lng=es&tlng=es).

FACSA (2017). Metales pesados. FACSA Ciclo integral del agua. <https://www.facsa.com/metales-pesados/>

Facione P. (1990). *Critical thinking: A statement of expert consensus for purposes of educational assessment and instruction*. Millbrae, CA: The California Academic Press.

Fernández-Marchesi, N. (2018). Actividades prácticas de laboratorio e indagación en el aula. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 44, 203-218

Ferrés C.; Marbà A y Sanmartí N. (2010). Trabajos de indagación de los alumnos: instrumentos de evaluación e identificación de dificultades. *Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* - 2015, 12 (1), 22-37. [https://rodin.uca.es/bitstream/handle/10498/16922/02-696-Ferres\\_et\\_al.pdf?sequence=6&isAllowed=y](https://rodin.uca.es/bitstream/handle/10498/16922/02-696-Ferres_et_al.pdf?sequence=6&isAllowed=y)

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>EFECTUANDO SU CALIDAD</small>	<b>FORMATO</b>	
	<b>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</b>	
<b>Código: FOR020GIB</b>	<b>Versión: 01</b>	
<b>Fecha de Aprobación: 10-10-2012</b>	<b>Página 4 de 9</b>	

Franco A.; Prieto J.; Cárdenas D. y Bernal M. (2016). Implementación de un sistema de fitorremediación en zona aledaña a reserva forestal protectora El Malmo, Boyacá, Colombia. *Revista DE INVESTIGACIÓN Agraria y Ambiental*, 7 (1). <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/1540/1839>

Garriz, A. (2010). Indagación: las habilidades para desarrollarla y promover el aprendizaje. *Educación química*, 21(2), 106-110.

Gómez L. y Salas A. (2021). Diseño e implementación de una propuesta pedagógica basada en actividades artísticas, para desarrollar la Interdependencia y la Autodeterminación positiva en los participantes de Aula Húmeda. <http://hdl.handle.net/20.500.12209/16729>.

Gowin D. y Novak J. (1988). Aprender a Aprender. Diapositivas. <http://www.marcelinotrujillo.com>

Herbario Nacional Colombiano (2016). COL000343474 - *Salvinia auriculata* Aubl. – Salviniaceae. Universidad Nacional de Colombia. <http://www.biovirtual.unal.edu.co/es/coleccion/detall/2204/>

IDEAM. (2015). Demanda de agua. [http://www.ideam.gov.co/web/siac/demandaagua#:~:text=El%20sector%20que%20m%C3%A1s%20demanda,4%20\(8%2C%25\)](http://www.ideam.gov.co/web/siac/demandaagua#:~:text=El%20sector%20que%20m%C3%A1s%20demanda,4%20(8%2C%25)).

Jaramillo M.; Marín Y. y Ocampo D. (2018). Efectos en el nivel fotosintético en tres especies de plantas acuáticas sometidas a un tratamiento con agua residual de origen minero. *Boletín Científico. Centro de Museos*, 22 (1). <https://revistasoj.s.ucaldas.edu.co/index.php/boletincentifico/article/view/2726>

Jaramillo M.; Buitrago D.; Henao S. y Galvis J. (2016). Manejo de macrófitas acuáticas en la acumulación y transformación de cianuro producto del beneficio del oro en la mina La Coqueta. *Boletín Científico. Centro de Museos*, 20 (1), 63-77. <https://revistasoj.s.ucaldas.edu.co/index.php/boletincentifico/article/view/3847>

Lederman, N. (2017). Hand book of Research on Science Education. 808-830.

León R. (2017). Inventario de plantas recomendadas para fitorremediación de coliformes fecales en aguas negras [Tesis profesional, Universidad de Guayaquil]. Repositorio institucional de la Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/17560>

Londoño L.; Londoño P. y Muñoz F. (2016). Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Bio. Agro*, 14 (2), 145-153. [https://doi.org/10.18684/BSAA\(14\)145-153](https://doi.org/10.18684/BSAA(14)145-153).

López G. (2012). Pensamiento crítico en el aula. *Docencia e Investigación*, 22, 41-60. Cuernavaca: Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

López D. y Obando N. (2018). Habilidades de pensamiento científico en estudiantes de primer grado. *Revista de la asociación colombiana de ciencias biológicas*, 1(30), 52-62. <https://revistaaccb.org/r/index.php/accb/article/view/165>


Martin J. (2021). Diseño de actividades de aula basadas en la tricerebralidad, para potenciar el cerebro y mejorar el desempeño académico y las relaciones sociales entre pares, de los estudiantes de grado sexto de la Institución Educativa Departamental Monseñor Agustín Gutiérrez del municipio de Tibirita Cundinamarca. [Tesis profesional, Universidad Cooperativa de Colombia]. Repositorio institucional Cooperativa de Colombia. [http://www.knowledgcap.bigstarcreative.com/bitstream/20.500.12494/35370/6/2021\\_Martin\\_potenciar\\_tricerebralidad\\_electronica.pdf](http://www.knowledgcap.bigstarcreative.com/bitstream/20.500.12494/35370/6/2021_Martin_potenciar_tricerebralidad_electronica.pdf)

Martínez, R. D., Montero, Y. H. y Pedrosa, M. E. (2001). La computadora y las actividades del aula: Algunas perspectivas en la educación general básica de la provincia de Buenos Aires. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 3 (2). <http://redie.ens.uabc.mx/vol3no2/contenido-vidal.html>

Mendoza Y.; Castro F.; Marín J. y Behling E. (2016). Fitorremediación como alternativa de tratamiento para aguas residuales domésticas de la ciudad de Riohacha (Colombia). *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*, 39 (2). [http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0254-07702016000200004&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0254-07702016000200004&script=sci_arttext&tlng=pt)

Ministerio de Educación Nacional de la República de Colombia. (1998). Lineamientos curriculares en Ciencias Naturales y Educación Ambiental. Colombia.

Monroy, M.; Muñoz, A. (2017). Aplicación del modelo enseñanza para la comprensión: fitorremediación para la remoción de Plomo II con Aloe Vera (*Aloe barbadensis miller*). [Tesis de grado, Universidad Pedagógica Nacional]. Repositorio Institucional UPN. <http://repositorio.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/9774/TE->

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>REPOSITORIO INSTITUCIONAL</small>	<b>FORMATO</b>	
	<b>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</b>	
<b>Código: FOR020GIB</b>	<b>Versión: 01</b>	
<b>Fecha de Aprobación: 10-10-2012</b>	<b>Página 5 de 9</b>	

21904.pdf?sequence=1&isAllowed=y  
 Monroy, M. (2022). Video práctica real. [Video]. YouTube. [https://youtu.be/Blqq\\_HJhLM](https://youtu.be/Blqq_HJhLM)

Morera L. (2015). Evaluación de la eficiencia de humedales subsuperficiales para la remoción de cromo total y níquel (II) en aguas residuales industriales. [Tesis profesional, Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas]. Repositorio institucional UCLV. <https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/7337/Luis%20Ernesto%20Morera%20Hern%20c3%a1ndez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Muñoz C. y Novoa S. (2018). El humedal artificial como material educativo para la enseñanza de la fitorremediación con Buchón de Agua (*Eichhornia crassipes*) en sistemas acuáticos dirigido a los maestros de biología del Distrito. [Tesis de grado, Universidad Pedagógica Nacional]. Repositorio Institucional UPN. <http://repositorio.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/10509/TE-22718.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Naula L. y Zúñiga P. (2021). Remoción de metales pesados (cromo, zinc, aluminio, arsénico, níquel y cobre) en aguas industriales utilizando algas coimmobilizadas con alginato de sodio. [Tesis profesional, Universidad de Cuenca]. Repositorio institucional UCUENCA. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/36637/1/Trabajo%20de%20Titulaci%C3%B3n.pdf>

Navarro J.; Aguilár A.; y López J. (2007). Aspectos bioquímicos y genéticos de la tolerancia y acumulación de metales pesados en plantas. *Ecosistemas*, 16(2). <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/125>

Paul R. y Elder L. (2003). La mini-guía para el Pensamiento crítico Conceptos y herramientas. Fundación para el pensamiento crítico. <http://www.criticalthinking.org/PDF/SP-ConceptsTools.pdf>

Poveda R. (2014). 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 profesional, Universidad técnica de Ambato]. Repositorio institucional UTA. <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/8455/1/BQ%2056%20.pdf>

Pulido G. y Romero Y. (2015). Incidencia de las rutinas de pensamiento en el fortalecimiento de habilidades científicas: observar y preguntar en los estudiantes de grado cuarto, ciclo II del Colegio Rural José Celestino Mutis IED. Universidad de La Sabana, Chía-Cundinamarca. <https://core.ac.uk/download/pdf/326433743.pdf>

Quintero J. (2017). Microproyectos texto auténtico para la cualificación de la escritura. [Tesis de grado, Universidad Pedagógica Nacional]. Repositorio Institucional UPN. <http://repositorio.pedagogica.edu.co/handle/20.500.12209/3171>

Reyes D. y García Y. (2014). Desarrollo de habilidades científicas en la formación inicial de profesores de ciencias y matemática. *Educación y educadores*, 17 (2). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5450685>

Rojas G, P. J.; Vergel C., R. (2018). Iniciación al álgebra y pensamiento algebraico temprano: actividades para orientar el trabajo en el aula. *RECME-Revista Colombiana de Matemática Educativa*. 3(1), 19-30.


Romero J. y Yomayusa W. (2015). Club de ciencias para el desarrollo de habilidades científicas desde la Educación Ambiental. [Tesis de grado, Universidad Pedagógica Nacional]. Repositorio Institucional UPN. <http://upnblib.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/10681/TE-18250.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ruiz A. (2014). Habilidades científico-investigativas a través de la investigación formativa en estudiantes de educación secundaria. *UCV-HACER. Revista de Investigación y Cultura*, 3(1), 16-30. <https://www.redalyc.org/pdf/5217/521751975002.pdf>

Ruiz, F. (2007). Modelos didácticos para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (Colombia)*, 3 (2), 41-60. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=134112600004>

Saiz C. y Rivas S. (2008). Evaluación en pensamiento crítico: una propuesta para diferenciar formas de pensar. *ERGO, Nueva Época*. <https://bit.ly/2QrWAlu/s>

Sánchez J. (2016). Diseño e implementación de una secuencia didáctica sobre la fitorremediación de Cromo (VI) orientada al desarrollo de competencias científicas investigativas. [Tesis de grado, Universidad Pedagógica Nacional]. Repositorio Institucional UPN.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>REACTIVANDO LA EDUCACIÓN</small>	<b>FORMATO</b>	
	<b>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</b>	
<b>Código: FOR020GIB</b>	<b>Versión: 01</b>	
<b>Fecha de Aprobación: 10-10-2012</b>	<b>Página 6 de 9</b>	

<http://repositorio.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/278/TO-19287.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sembramos (s.f.). Plantas de exterior. Sembramos amor por las plantas. <https://sembramos.com.co/planta-oreja-de-ron.html>

Tejada C.; Herrera A. y Ruiz E. (2016). Utilización de biosorbentes para la remoción de níquel y plomo en sistemas binarios. *Ciencia En Desarrollo*, 7 (1), 31–36. <https://doi.org/10.19053/01217488.4228>

Tejada C.; Villabona A. y Ruiz E. (2016). Adsorción de Ni (II) por cáscaras de ñame (*Dioscorea rotundata*) y bagazo de palma (*Elaeis guineensis*) pretratadas. *Revista Luna Azul*, 42 (1), 30 - 43. <https://revistasojs.ucaldas.edu.co/index.php/unazul/article/view/1606>

Tembladera, C. y García, H. (2013). La indagación científica para la enseñanza de las ciencias. *Horizonte de la Ciencia*, 3(5), 99-104.

Torres N. y Beltrán M. (2010). Desarrollo de habilidades cognitivas a través de un programa de intervención en química. *QURRICULUM*, 24 (1), 117-140. [https://riull.uil.es/xmlui/bitstream/handle/915/10688/Q\\_24\\_%282011%29\\_07.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://riull.uil.es/xmlui/bitstream/handle/915/10688/Q_24_%282011%29_07.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

UNESCO (1997) *La educación encierra un tesoro*; informe de la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la educación para el siglo XXI presidida por Jacques Delors, Santillana Ediciones UNESCO.

Velásquez J. (2017) Contaminación de suelos y aguas por hidrocarburos en Colombia. Análisis de la fitorremediación como estrategia biotecnológica de recuperación. *Revista DE INVESTIGACIÓN Agraria y Ambiental*, 8 (1). <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/1846/2065>

Vidal M. y Rivera N. (2007). Investigación-acción. *Educación Médica Superior*, 21(4). [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S086421412007000400012&lng=es&lng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S086421412007000400012&lng=es&lng=es).

Zimic, C. (2016). Las plantas y su capacidad para remediar sitios contaminados. <https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/48535/Las%20Plantas%20y%20su%20capacidad%20para%20remediar%20sitios%20contaminados.pdf?sequence=5&isAllowed=y>

#### 4. Contenidos

El presente documento se encuentra dividido en 11 apartados, el primero hace referencia a la introducción a las diferentes temáticas de la investigación, teniendo en cuenta la indagación, la fitorremediación, actividades de aula y la especie vegetal trabajada *Salvinia minima Baker*, para lograr el fortalecimiento de la indagación como habilidad científica, donde se observe un análisis y justificación del proceso de fitorremediación en el Instituto Clara Fey ubicado en Colombia – Bogotá D.C., en la localidad de Kennedy, con estudiantes de grados octavo y noveno, en el taller integrado Químexperia.

En el segundo apartado se retoman los aspectos más relevantes de 39 antecedentes bajo las temáticas y palabras claves: actividades de aula, habilidades científicas, fitorremediación, *Salvinia minima Baker* y remoción de níquel en aguas, se tienen en cuenta diferentes tesis, trabajos de grado y artículos, que permiten un apoyo a este proyecto de investigación.

En el tercer apartado se menciona la justificación de la investigación, desde el proceso de enseñanza y aprendizaje en el aula ha involucrado cambios en las metodologías y estrategias didácticas en pro de los procesos cognitivos de los estudiantes, buscando la relación contexto y saberes en el aula para fortalecer la indagación en el estudiante. Desde la UNESCO (1997) se menciona que existen 4 pilares en la educación y uno de ellos es “Aprender a hacer a fin de adquirir no sólo una calificación profesional sino, más generalmente, una competencia que capacite al individuo para hacer frente a gran número de situaciones y a trabajar en equipo”; con base en esto es necesario generar en los estudiantes la capacidad de resolver situaciones que se presenten en su contexto a partir de la indagación, teniendo en cuenta los dos años de pandemia que tuvieron una incidencia fuerte en esta habilidad; observando la necesidad de fomentar en los estudiantes la indagación, que permita la relación entre el saber científico y su contexto, desde la aplicación de actividades de aula que evalúen la viabilidad del proceso de fitorremediación, analizando el metabolismo de la especie, la concentración del contaminante, los beneficios y los limitantes que pueda presentar el proceso y lleve a cada uno de los estudiantes a una relación contexto-ciencia.

En el cuarto apartado, se delimita el problema, donde surge la pregunta problema de investigación: ¿Qué

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>INSTITUTO DE INVESTIGACIONES PEDAGÓGICAS</small>	<b>FORMATO</b>	
	<b>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</b>	
<b>Código: FOR020GIB</b>	<b>Versión: 01</b>	
<b>Fecha de Aprobación: 10-10-2012</b>	<b>Página 7 de 9</b>	

habilidades de indagación se fortalecen en las estudiantes del taller integrado Químexperia del Instituto Clara Fey cuando reconocen, aplican y sustentan el proceso de fitorremediación con la especie vegetal Acordeón de agua (*Salvinia minima Baker*), a partir del análisis de remoción de patrones con concentraciones conocidas de Ni (II) por medio del diseño e implementación de actividades de aula? En el quinto apartado se delimitan los objetivos de la investigación:

#### Objetivo general

Fortalecer la indagación a partir de la implementación de actividades de aula con estudiantes de grado octavo y noveno del taller integrado Químexperia del Instituto Clara Fey, mediante la fitorremediación con Acordeón de agua (*Salvinia minima Baker*) para la remoción de Ni (II) en aguas residuales sintéticas.

#### Objetivos específicos

- Identificar el nivel de indagación en las estudiantes del taller integrado Químexperia por medio de una prueba pretest.
- Implementar actividades de aula para el fortalecimiento de la habilidad de indagación centradas en la problemática de contaminación hídrica y su mitigación utilizando la fitorremediación.
- Evaluar el nivel de indagación adquirido en las estudiantes mediante la aplicación de una prueba postest.

En el sexto apartado se encuentra el marco teórico, donde se habla de la habilidad de indagación, UVE heurística de Gowin, metales pesados, en específico el níquel, fitorremediación y la especie vegetal *Salvinia minima Baker*.

El séptimo apartado describe la metodología de la investigación desde la exploración cualitativa interpretativa, desde un enfoque mixto, en la aplicación de actividades de aula con un grupo de 19 estudiantes; bajo tres fases metodológicas que implican la construcción de instrumentos, validación, aplicación y ejecución de actividades de aula, para el fortalecimiento de la indagación.


En el octavo apartado se hace un análisis cualitativo y cuantitativo de los resultados que se obtuvieron en cada una de las fases metodológicas, encontrando resultados favorables luego de la aplicación de las diferentes actividades, para el fortalecimiento de los elementos de análisis teóricos establecidos para la indagación; a su vez reconociendo la viabilidad del proceso de fitorremediación con la especie vegetal mencionada y el proceso de Fitolatilización que logra efectuar.

En el apartado noveno se encuentran las conclusiones de la investigación, resaltando:

- Es posible reconocer a partir del pretest, que las estudiantes presentaron un nivel bajo en argumentación, análisis de datos e identificación de variables en procesos científicos.
- El involucrar a estudiantes en problemas socio ambientales desde actividades de aula, implicó una reflexión activa por parte de estas, para buscar soluciones que antes no imaginaban para el proceso de descontaminación, como el proceso de fitorremediación y la importancia de este como un proceso de biorremediación como un desarrollo científico que debe ser controlado.
- El fortalecimiento de la indagación en cada una de las actividades de aula ejecutadas, a partir de los cinco elementos o categorías de análisis planteados desde el inicio de la investigación, dio resultados óptimos, reconociendo las fortalezas en la planificación de procesos, procesamiento de datos, el análisis de datos y la argumentación.

En el décimo apartado se encuentran algunas sugerencias para próximas investigaciones, resaltando las siguientes:

- Para ejecutar un mejor proceso de actividades de aula, es indispensable contar con el tiempo adecuado y un seguimiento de las actividades continuas, ya que actividades extracurriculares interfieren en la continuidad del proceso.
- Desde los DBA (Derechos básicos de aprendizaje) se puede abordar la fitorremediación como estrategia para explicar desde los inicios de la escolaridad los procesos metabólicos de las especies vegetales y la contaminación.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>EFECTUANDO SU CALIDAD</small>	<b>FORMATO</b>	
	<b>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</b>	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 8 de 9	

- Es indispensable utilizar recursos como herramientas didácticas cuando no se pueda contar con el permiso e implementos de seguridad para el uso de sustancias tóxicas en el laboratorio con las estudiantes, puesto que es importante en el proceso para el fortalecimiento de la indagación, un acercamiento asertivo en el laboratorio físico o digital.

En el undécimo apartado se encuentran las referencias bibliográficas citadas durante el documento; y en el último apartado los diferentes anexos de instrumentos diseñados, validados y ejecutados en la investigación.

### 5. Metodología

La investigación se realiza bajo exploración cualitativa interpretativa, la cual según lo expuesto por Agreda E. (2004) una investigación de este tipo, permite hacer referencia a la indagación de fenómenos del entorno donde se permita motiva la curiosidad de la persona que desea investigar, partiendo de un diagnóstico inicial de la población de estudio, una participación activa y reflexiva; Cifuentes (2011) menciona que el conocimiento válido se genera en la acción, con base en ello, se plantea la ejecución de actividades de aula, donde se involucre la participación de las estudiantes, llevando a la reflexión y fortalecimiento de habilidades de indagación.

Trabajando a su vez un enfoque mixto, algunos autores afirman que este diseño permite la obtención de una mejor evidencia y comprensión de los fenómenos, facilitando el fortalecimiento de los conocimientos teóricos y prácticos (Pereira, 2011); este enfoque permitirá a la investigación hacer apreciaciones de tipo cualitativo y cuantitativo durante el desarrollo de las actividades de aula diseñadas.


Desde este enfoque se planea validar los resultados desde datos cuantitativos y cualitativos, desarrollando instrumentos pretest y posttest para la recolección de datos cualitativos y evaluando instrumentos que permitan la recolección de datos cuantitativos sobre el proceso de fitorremediación de la especie vegetal desde la parte experimental.

A partir de este enfoque, se utilizan actividades de aula con las cuales se busca fomentar la indagación en las estudiantes, estableciendo categorías teóricas a evaluar durante el proceso; esta estrategia permite la reflexión y construcción de saberes de forma colectiva, permitiendo al docente sortear dificultades en el aula, desde los conocimientos que van adquiriendo las estudiantes.

Para la recolección y análisis de la información se utilizan el análisis de contenido de cada uno de los instrumentos diseñados y aplicados en el proceso, exportando las respuestas de las estudiantes y evaluando la eficacia del proceso investigativo para el fortalecimiento de la indagación en cada una de las estudiantes participantes del proceso.

### 6. Conclusiones

- Es posible reconocer a partir del pretest, que las estudiantes presentaron un nivel bajo en argumentación, análisis de datos e identificación de variables en procesos científicos.
- El involucrar a estudiantes en problemas socio ambientales desde actividades de aula, implicó una reflexión activa por parte de estas, para buscar soluciones que antes no imaginaban para el proceso de descontaminación, como el proceso de fitorremediación y la importancia de este como un proceso de biorremediación como un desarrollo científico que debe ser controlado.
- El fortalecimiento de la indagación en cada una de las actividades de aula ejecutadas, a partir de los cinco elementos o categorías de análisis planteados desde el inicio de la investigación, dio resultados óptimos, reconociendo las fortalezas en la planificación de procesos, procesamiento de datos, el análisis de datos y la argumentación.
- Se observó a partir de las actividades de aula una motivación y fortalecimiento del trabajo cooperativo en el aula, permitiendo llevar a las estudiantes a un contexto cercano donde lograran indagar, buscar y proponer soluciones al problema.
- La especie vegetal *Salvinia mínima* Baker alcanzó resultados favorables para el proceso de fitorremediación, cada una de las masas trabajadas alcanzó un porcentaje de remoción mayor al

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>RECTORÍA DE CALIDAD</small>	<b>FORMATO</b>	
	<b>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</b>	
<b>Código: FOR020GIB</b>	<b>Versión: 01</b>	
<b>Fecha de Aprobación: 10-10-2012</b>	<b>Página 9 de 9</b>	

<p>70% en la primera hora de contacto con aguas residuales sintéticas en concentraciones de 1, 2, 3, 4 y 5 mg Ni (II)*L-1.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El proceso de fitorremediación que realizó la especie <i>Salvinia mínima Baker</i>, es un proceso de Fitovolatilización, ya que, una vez finalizado el proceso, no se encuentra presencia de níquel en sus raíces u hojas, reconociendo que el contaminante fue transportado por su proceso metabólico y liberado a la atmósfera en sustancias menos tóxicas.</li> <li>• La cinética que mejor se ajusta en el proceso, es la del modelo de pseudo segundo orden de Ho y Mackey, encontrando una regresión lineal próxima al 0,99 para todas las masas valoradas en el proceso.</li> </ul>
--

<b>Elaborado por:</b>	Monroy Tovar, María Alejandra
<b>Revisado por:</b>	Gómez Aguilar, Dora Luz

<b>Fecha de elaboración del Resumen:</b>	17	02	2023
--	----	----	------

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	24
1.1. INTERNACIONALES	26
1.2. NACIONALES	29
1.3. LOCALES	32
2. JUSTIFICACIÓN	34
3. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	36
4. OBJETIVOS	37
4.1. OBJETIVO GENERAL	37
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	37
5. MARCO TEÓRICO	38
5.1. HABILIDADES CIENTÍFICAS (INDAGACIÓN)	38
5.2. UVE HEURÍSTICA DE GOWIN	39
5.3. METALES PESADOS	41
5.3.1. NÍQUEL	41
5.4. FITORREMEDIACIÓN	43
5.5. <i>SALVINIA MÍNIMA BAKER</i>	45
6. METODOLOGÍA	47
6.1. CARACTERIZACIÓN DE LA POBLACIÓN	47
6.2. FASES METODOLÓGICAS DE LA INVESTIGACIÓN	48
6.2.1. Fase 1	49
6.2.2. Fase 2	49
6.2.3. Fase 3	50
7. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	51
7.1. FASE 1	51
7.1.1. <i>Estructuración De grupo Químexperia</i>	51
7.1.2. <i>Diseño y validación de instrumentos</i>	52
7.1.3. <i>Estudios de análisis previos de aguas y soluciones patrones con Ni (II).</i>	53
7.2. FASE 2	60
	16



7.2.1.	<i>Aplicación de pretest</i>	60
7.2.2.	<i>Ejecución actividad 1</i>	66
7.2.3.	<i>Experimentación por parte de las estudiantes.</i>	79
7.2.4.	Ejecución de la V Heurística de Gowin	83
7.3.	FASE 3	95
7.3.1.	<i>Análisis de resultados experimentación real</i>	95
7.3.1.1.	Especie 1.	95
7.3.1.2.	Especie 2.	96
7.3.1.3.	Especie 3.	97
7.3.1.4.	Especie 4.	98
7.3.1.5.	Especie 5.	100
7.3.1.6.	Especie 6.	101
7.3.1.7.	Cinética de adsorción	103
7.3.2.	Aplicación de postest	106
		107
8.	CONCLUSIONES	114
9.	SUGERENCIAS	115
10.	REFERENCIAS	116
11.	ANEXOS	124
11.1.	Anexo 1. Pretest	124
11.2.	Anexo 2. Actividad 1.	127
11.3.	Anexo 3. V heurística.	132
11.4.	Anexo 4. Guía laboratorio.	134
11.5.	Anexo 5. Postest.	135
11.6.	Anexo 6. Consentimiento informado.	138
11.7.	Anexo 7. Validación de expertos.	140
11.7.1.	Pretest.	140
11.7.2.	Actividad 1.	143
11.7.3.	V heurística.	146
11.7.4.	Guía de laboratorio.	149
		17

11.7.5.	Posttest.	151
		152
11.8.	Anexo 8. Identificación taxonómica especie vegetal.	154

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Tipos de fitorremediación. ....	44
<b>Tabla 2.</b> Clasificación taxonómica <i>Salvinia mínima Baker</i> . ....	45
<b>Tabla 3.</b> Características <i>Salvinia mínima Baker</i> . ....	46
<b>Tabla 4.</b> Remoción y acumulación de contaminantes especie <i>Salvinia mínima Baker</i> . ....	46
<b>Tabla 5.</b> Fases metodológicas de investigación.....	48
<b>Tabla 6.</b> Categorías teóricas indagación.....	50
<b>Tabla 7.</b> Estudiantes que integran el grupo de investigación.....	51
<b>Tabla 8.</b> Algunas sugerencias validación de expertos.....	52
<b>Tabla 9.</b> Resultados aguas sintéticas contaminadas con 1 mg Ni (II)*L <sup>-1</sup> .....	58
<b>Tabla 10.</b> Resultados aguas sintéticas contaminadas con 2 mg Ni (II)*L <sup>-1</sup> .....	58
<b>Tabla 11.</b> Resultados aguas sintéticas contaminadas con 5 mg Ni (II)*L <sup>-1</sup> .....	59
<b>Tabla 12.</b> Resultados aguas sintéticas contaminadas con 10 mg Ni (II)*L <sup>-1</sup> .....	59
<b>Tabla 13.</b> Resultados aguas sintéticas contaminadas con 15 mg Ni (II)*L <sup>-1</sup> .....	59
<b>Tabla 14.</b> Clasificación de preguntas según categorías indagación. ....	60
<b>Tabla 15.</b> Resultados pregunta 8 Veo, Pienso, me pregunto - Pretest. ....	63
<b>Tabla 16.</b> Temas de análisis pregunta 8- Pretest.....	65
<b>Tabla 17.</b> Resultados pregunta 1. Actividad 1. ....	67
<b>Tabla 18.</b> Temas de análisis pregunta 1. Actividad 1.....	69
<b>Tabla 19.</b> Algunos resultados pregunta 2 (Raíz). Actividad 1. ....	71
<b>Tabla 20.</b> Algunos resultados pregunta 2 (Hojas). Actividad 1. ....	72
<b>Tabla 21.</b> Resultados pregunta 5. Actividad 1. ....	76
<b>Tabla 22.</b> Temas de análisis pregunta 5. Actividad 1.....	76
<b>Tabla 23.</b> Resultados pregunta 6. Actividad 1. ....	77
<b>Tabla 24.</b> Temas de análisis pregunta 6. Actividad 1.....	78
<b>Tabla 25.</b> Categorización V Heurística de Gowin.....	84
<b>Tabla 26.</b> Resultados V heurística de Gowin.....	85
<b>Tabla 27.</b> Absorbancias y concentración de níquel - Especie1. ....	95
<b>Tabla 28.</b> Resultados especie 2. ....	96
<b>Tabla 29.</b> [Ni] Raíz y hojas - Especie 2. ....	97
<b>Tabla 30.</b> Resultados especie 3. ....	97
<b>Tabla 31.</b> [Ni] Raíz y hojas - Especie 3. ....	98
<b>Tabla 32.</b> Resultados especie 4. ....	99
<b>Tabla 33.</b> [Ni] Raíz y hojas - Especie 4. ....	100
<b>Tabla 34.</b> Resultados especie 5. ....	100
<b>Tabla 35.</b> [Ni] Raíz y hojas - Especie 5. ....	101
<b>Tabla 36.</b> Resultados especie 6. ....	102
<b>Tabla 37.</b> [Ni] Raíz y hojas - Especie 6. ....	103
<b>Tabla 38.</b> Resultados pregunta 8 Veo, Pienso, me pregunto - Postest.....	109

<b>Tabla 39.</b> Temas de análisis pregunta 8- Postest. ....	111
--	-----

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Esquema de la V de Gowin. ....	40
<b>Figura 2.</b> Salvinia mínima Baker. ....	45
<b>Figura 3.</b> Aplicación pretest.....	61
<b>Figura 4.</b> <i>Pregunta 8 Pretest</i> .....	62
<b>Figura 5.</b> Algunos resultados pregunta 1. Actividad 1. ....	70
<b>Figura 6.</b> Algunos resultados pregunta 3 y 4. Actividad 1. ....	75
<b>Figura 7.</b> Formación de grupos de laboratorio estudiantes. ....	80
<b>Figura 8.</b> Proceso experimental estudiantes. ....	81
<b>Figura 9.</b> Parte experimental real, soluciones sintéticas de Ni (II). ....	83
<b>Figura 10.</b> Ejecución V heurística de Gowin grupo 3. ....	87
<b>Figura 11.</b> Ejecución V heurística de Gowin grupo 5. ....	88
<b>Figura 12.</b> Descriptores cualitativos pregunta V heurística. ....	89
<b>Figura 13.</b> Descriptores cualitativos evento/acontecimiento, conceptos y principios. ....	89
<b>Figura 14.</b> Solución V Heurística.....	90
<b>Figura 15.</b> Visualización de resultados absorbancias. ....	91
<b>Figura 16.</b> Ejecución guía de laboratorio por parte de estudiantes.....	91
<b>Figura 17.</b> Algunos resultados guía de laboratorio.....	92
<b>Figura 18.</b> Resultados grupo 1. ....	92
<b>Figura 19.</b> Resultados grupo 2.....	93
<b>Figura 20.</b> Resultados grupo 3.....	93
<b>Figura 21.</b> Resultados grupo 4.....	94
<b>Figura 22.</b> Resultados grupo 5.....	94
<b>Figura 23.</b> Solución de postest por estudiantes. ....	107
<b>Figura 24.</b> Pregunta 8 Postest. ....	109

## Lista de Gráficas

<b>Gráfica 1.</b> Rango de edad población de estudio.....	48
<b>Gráfica 2.</b> Curva de calibración análisis previos. ....	58
<b>Gráfica 3.</b> Resultados preguntas cerradas pretest. ....	61
<b>Gráfica 4.</b> Resultados temas de análisis pregunta 8, pretest. ....	65
<b>Gráfica 5.</b> Resultados pregunta 5. Actividad 1. ....	77
<b>Gráfica 6.</b> Resultados pregunta 6. Actividad 1. ....	79
<b>Gráfica 7.</b> Cinética de adsorción 1 mg Ni (II)*L <sup>-1</sup> .....	96
<b>Gráfica 8.</b> Cinética de adsorción 2 mg Ni (II)*L <sup>-1</sup> .....	98
<b>Gráfica 9.</b> Cinética de adsorción 3 mg Ni (II)*L <sup>-1</sup> .....	99
<b>Gráfica 10.</b> Cinética de adsorción 4 mg Ni (II)*L <sup>-1</sup> .....	101
<b>Gráfica 11.</b> [Ni] Vs t (5ppm).....	102
<b>Gráfica 12.</b> Curva de calibración. ....	103
<b>Gráfica 13.</b> Modelo de pseudo segundo orden de HO y MACKEY - Especie 2 [1 ppm Ni] .....	104
<b>Gráfica 14.</b> Modelo de pseudo segundo orden de HO y MACKEY - Especie 3 [2 ppm Ni] .....	105
<b>Gráfica 15.</b> Modelo de pseudo segundo orden de HO y MACKEY - Especie 4 [3 ppm Ni] .....	105
<b>Gráfica 16.</b> Modelo de pseudo segundo orden de HO y MACKEY - Especie 5 [4 ppm Ni] .....	106
<b>Gráfica 17.</b> Modelo de pseudo segundo orden de HO y MACKEY - Especie 6 [5 ppm Ni] .....	106
<b>Gráfica 18.</b> Resultados preguntas cerradas posttest. ....	107
<b>Gráfica 19.</b> Resultados temas de análisis pregunta 8, posttest .....	112
<b>Gráfica 20.</b> Comparación de resultados Pretest - Posttest (Preguntas 1-7).....	113

## LISTA DE DIAGRAMAS

<b>Diagrama 1.</b> Preparación solución madre 100 mg Ni (II)*L <sup>-1</sup> .....	53
<b>Diagrama 2.</b> Preparación de patrones diluidos de Ni (II) a partir de la solución madre. ....	54
<b>Diagrama 3.</b> Masa especies Salvinia mínima Baker. ....	55
<b>Diagrama 4.</b> Preparación soluciones sintéticas de Ni (II). ....	55
<b>Diagrama 5.</b> Sumergir especies vegetales en soluciones de Ni. ....	56
<b>Diagrama 6.</b> Determinación de cinética de adsorción.....	56
<b>Diagrama 7.</b> Lectura C. ....	57
<b>Diagrama 8.</b> Especies Salvinia mínima Baker (Estudio estudiantes).....	80
<b>Diagrama 9.</b> Especies trabajo experimental real. ....	82
<b>Diagrama 10.</b> Paso a paso tipo de fitorremediación. ....	83

## INTRODUCCIÓN

Las habilidades científicas se reconocen por su capacidad para estructurar la ciencia, a partir de una metodología, un proceso y un resultado, que implica la adquisición de conocimientos, como lo plantea el MEN (1998), estas habilidades hacen parte de la vida y se van desarrollando a partir de la primera infancia y en el aula, se de centrar en el descubrimiento y conocimiento del entorno del estudiante, donde se le permita el descubrir su propia realidad.

Después de la emergencia sanitaria presente en los años 2020 y 2021 por el SARS-CoV-2 (COVID-19), es de suma importancia retomar procesos que involucren al estudiante al fortalecimiento de sus habilidades científicas.

Pretende el desarrollo de habilidades científicas que les permitan a las personas desenvolverse en un mundo que cada vez tiene más adelantos científicos y tecnológicos, por ello la capacidad de formular preguntas, analizar datos, diseñar investigaciones para responder interrogantes de interpretar y crear modelos explicativos; son considerados como habilidades fundamentales. (López y Obando, 2018)

Desde este punto de vista, es importante reconocer el nivel de las habilidades que tienen los estudiantes después de dos años de educación remota y reforzar estas, para su proceso de aprendizaje a nivel académico y social.

Esta investigación se emprende desde una metodología cualitativa interpretativa, teniendo como base la modalidad de actividades de aula, para lograr el fortalecimiento de la indagación como habilidad científica, donde se observe un análisis y justificación del proceso de fitorremediación en el Instituto Clara Fey ubicado en Colombia – Bogotá D.C., en la localidad de Kennedy, con estudiantes de grados octavo y noveno, en el taller integrado Químexperia.

En el Instituto Clara Fey se realizan actividades de tiempo libre, las cuales llevan por nombre talleres integrados, los cuales son planeados por los docentes y durante dos horas a la semana se realizan estas actividades con estudiantes de grado primero a noveno; en el taller Químexperia las estudiantes realizan actividades de aula y trabajo práctico en el laboratorio simuladorio, que les permitirá acercarse un poco más a la ciencia y fortalecer habilidades científicas, específicamente la indagación.

Ahora bien, esta exploración se ve suscitada por evidenciar el poder de algunas especies vegetales para remediar aguas contaminadas, como lo describe Zimicz, C. (2016) donde Lavoisier con ayuda de otros científicos hace aproximadamente más de 300 años demostró la capacidad que tienen las plantas para descontaminar la atmósfera, siendo este el punto de partida para el desarrollo de estudios bajo diferentes variables fisicoquímicas, que han permitido reconocer la efectividad del proceso, y la evolución de este.



Como lo menciona Monroy, M. y Muñoz, A. (2017) “la fitorremediación es un proceso que utiliza especies vegetales para remover, transferir y reducir contaminantes tanto orgánicos como inorgánicos en suelos, aguas y sedimentos”; viendo la importancia de recuperar nuestro medio ambiente y de motivar, educar y promover tecnologías limpias para este proceso, como la fitorremediación.

Para el presente trabajo se utilizará la especie vegetal Acordeón de agua (*Salvinia mínima Baker*), la cual es una planta acuática que se presenta en diferentes países, pero en Colombia, se distribuye por la cordillera de los Andes, pasando por diferentes departamentos, como Cundinamarca, Norte de Santander, Boyacá, entre otros; se encuentra presente en diferentes humedales de Bogotá, como en el humedal Tibanica, ubicado en la localidad de Bosa; es una especie vegetal utilizada en acuarios, estanques.

Se ha investigado su viabilidad en procesos de tratamiento de aguas residuales, como lo menciona Ayala M.; Pernía B. y Cornejo X. (2019), quienes demuestran la técnica de descontaminación de aguas con contaminantes como: Nitrógeno, coliformes fecales, entre otros; sin embargo, la presente investigación es innovadora, ya que para el proceso de remoción de níquel en aguas no se ha encontrado información de tratamiento con la especie vegetal mencionada.

A su vez es necesario reconocer en este momento al níquel como un metal pesado, cuya toxicidad según la ATSDR (2005) la exposición al níquel implica reacciones alérgicas en la piel y pulmones, afectando seriamente ellos, hasta tener casos graves de bronquitis crónica y disminución pulmonar, entre otros problemas respiratorios y de contacto, en mayor o menor nivel dependiendo de la concentración; por esto, es importante reconocer los riesgos y buscar alternativas para remediar, reducir o eliminar este contaminante.

## 1. ANTECEDENTES

A continuación, se retoman los aspectos más relevantes de 39 antecedentes bajo las temáticas y palabras claves: actividades de aula, habilidades científicas, fitorremediación, *Salvinia mínima Baker* y remoción de níquel en aguas, se tienen en cuenta diferentes tesis, trabajos de grado y artículos, que permiten un apoyo a este proyecto de investigación.

Este proceso se realizó en 4 bases de datos: Repositorio digital de la Universidad Pedagógica Nacional, ERIC, Scopus y Scielo; para las palabras claves ya mencionadas, se encontraron artículos de revistas y documentos importantes para el proceso de la investigación, algunos internacionales, nacionales y locales, de cada uno de ellos se tomaron las conclusiones más importantes y los aspectos relevantes para el presente trabajo y sus aportes a la investigación.

### 1.1. INTERNACIONALES

#### Actividades de aula

Doménech J. y Marbá A. (2022), presentan la viabilidad de actividades de aula “epistemizadas”, utilizando estrategias en la modificación de actividades preexistentes, resaltando la importancia de fomentar la competencia científica desde el principio de la escolarización e incorporando la cultura epistémica en todos los actores presentes en la educación haciendo una participación en cada uno de ellos.

Martínez, R. D., Montero, Y. H. y Pedrosa, M. E. (2001), a partir de los datos que encontraron en su investigación resaltan el planteamiento de problemas en el aula como un sustituto a la exposición dominante en el desarrollo de clases, a su vez, actividades de aula que implique la construcción de mapas mentales como estrategia para el desarrollo de la metacognición en los estudiantes, resaltando la reflexión y el debate en el proceso.

Banet E. y Núñez F. (1991), identifican como las actividades de aula deben tener en cuenta los conocimientos iniciales de los alumnos teniendo relevancia con las temáticas a trabajar y coincidiendo con la motivación de la adquisición del conocimiento; a su vez reflejan como la metodología constructivista puede producir aprendizajes que se mantengan a corto y mediano plazo, influyendo en el interés de los estudiantes hacia las clases de ciencia en el aula.

#### Habilidades científicas

Di Mauro M.; Furman M. y Bravo B. (2015), reconocen como los estudiantes se proponen encontrar respuestas a las preguntas planteadas en el proceso desde el inicio, fortaleciendo habilidades analíticas y experimentales en los estudiantes; donde a partir de la interpretación de datos se observa una heterogeneidad en los niveles evaluados; a partir de este proceso, es indispensable

tener en cuenta la motivación de los estudiantes y el contexto para desarrollar con asertividad el fortalecimiento de las habilidades de los estudiantes.

Reyes D. y García Y. (2014), encuentra a partir de la observación de estudiantes en formación como docentes de ciencias y matemáticas como a partir de actividades de robótica se fortalecen habilidades como la exploración, la planificación, entre otras; desde este punto de vista es importante resaltar cómo a partir de actividades que involucren al estudiante en conocimientos prácticos llamativos, se logra motivar y desarrollar habilidades científicas en actividades propias de la ciencia.

Ruiz A. (2014), demuestra como a partir de un trabajo de investigación los estudiantes logran desarrollar habilidades científicas investigativas que concuerdan con el trabajo explorado, resaltando la autonomía y la responsabilidad durante el proceso; desde este punto de vista, es importante tener presente que durante las actividades investigativas se desarrollan habilidades en los estudiantes que son importantes en el ambiente escolar y en su vida personal.

#### Fitorremediación

Amezcu A. V.; Acosta E. H. y Días P. (2020), identifican como varía la capacidad de remoción de metales pesados con la adición de composta en el jal de mina con *L. perenne* y *P. pratensis*, dicha capacidad varía dependiendo el tratamiento y la especie utilizada; desde este punto de vista es importante reconocer los diferentes tipos de fitorremediación que existen y como varían dependiendo la especie vegetal y su proceso metabólico.

Covarrubias S. A. y Peña J. J. (2017), reconocen la importancia del incremento de estudios de la aplicación de la biorremediación en México, específicamente la fitorremediación asistida por microorganismos como una alternativa para mejorar la eficacia en los tratamientos para la remoción de metales pesados; este artículo fortalece la investigación ya que identifica la capacidad de remoción de algunas especies vegetales y microorganismos en el proceso de fitorremediación, teniendo en cuenta los límites máximos permisibles de los diferentes metales pesados desde diferentes referentes bibliográficos.

Aguilar A. y Aguilar H. (2017), reconocen al proceso de fitorremediación como una estrategia eficaz para el control de la contaminación existente en efluentes ácidos, gracias a las diferentes capacidades de las especies vegetales, construyendo un sistema piloto que reconoce la viabilidad de este proceso; esto alude la viabilidad de poder ejecutar el proceso de fitorremediación como una estrategia de biorremediación de suelos y aguas en diferentes contextos y locaciones.

#### *Salvinia mínima Baker*

Ayala M.; Pernía B. y Cornejo X. (2019) encontraron en su estudio que la *S. auriculata* presentó afectaciones en su biomasa, crecimiento, tolerancia y morfología en función de la concentración de Cd a los que la especie era expuesta; considerando a la especie como hiperacumuladora de cadmio, ya que, su acumulación es mayor a 100 mg/ Kg PS y posee un FBC por encima de 1; esto da razón de

la efectividad de la especie en la remoción de metales pesados como el Cd y su proceso como hiperacumuladora.

León R. (2017), al probar la sinergia en la eliminación de coliformes fecales, encontró que la *S. auriculata* junto con otras especies vegetales utilizadas en el estudio presentan una buena tolerancia, adaptabilidad y nulo estrés en la capacidad de tratamiento de aguas negras; esta investigación es importante, ya que se tiene un estudio aproximado del proceso de remoción y la eficacia que presenta la *Salvinia auriculata*.

Poveda R. (2014), se realiza a descripción de la clasificación taxonómica de la especie *Salvinia*, donde reconocen su clasificación como macrófita y especie vegetal flotante, detallando sus características morfológicas; es importante conocer la morfología y la clasificación de la especie, para determinar las condiciones ambientales que se deben tener presentes en el análisis a realizar.

#### Remoción de Ni en aguas

Naula L. y Zúñiga P. (2021), encontraron que, al ensayar la remoción de níquel, cromo, zinc, aluminio y cobre a partir de soluciones con diferentes concentraciones, existe una diferencia en el porcentaje de disminución del contaminante entre perlas de alginato con y sin *Chlorella*. El *Alginato*, debido a su gran afinidad con los iones metálicos, también participa en su remoción, pues se obtuvieron porcentajes de remoción significativos superiores al 70%; estos resultados son significativos, ya que el proceso de remoción de la especie con los diferentes metales pesados es un punto de partida para identificar la viabilidad del proceso de biorremediación de agua contaminada con Ni.

Bustamante G. y Reyes V. (2018), encontraron que en el tratamiento anaeróbico de aguas residuales es una opción viable para la eliminación de Ni II, elemento principal en los desechos que se presentan en efluentes de aguas residuales de industrias galvánicas; en este proceso hallaron que mediante el proceso mencionado la eliminación del Ni permitía la recuperación de metano; esto es importante, ya que en ocasiones el Ni no es visto como un contaminante importante el cual se deba investigar y encontrar un proceso que permita su remoción, da pie para que en la actual investigación se tenga en cuenta el proceso de remoción de Ni en aguas.

Morera L. (2015), encontró que el diseño del humedal experimental mostró eficiencias de remoción mayores de 98% para Cr y Ni, tanto para las soluciones patrones como para el efluente, demostrando la capacidad de remoción de estos dos metales pesados a partir de la experimentación con plantas, evaluando este desde el modelo cinético de saturación; desde allí es importante para la investigación actual demostrar la capacidad de remoción de la especie desde una cinética de adsorción y desorción de la especie con Ni.

Cada uno de los antecedentes mencionados aportan a la investigación actual desde la importancia de la participación de los estudiantes en las actividades de aula, la motivación y la reflexión que se ven involucradas en el momento de fortalecer la indagación como habilidad científica, recordando tener en cuenta los conocimientos iniciales de los estudiantes. Las actividades planeadas deben

involucrar al estudiante en temas prácticos, resaltando la autonomía y responsabilidad, donde se permita incentivar habilidades que aporten a nivel académico y personal.

A su vez, es importante reconocer la capacidad de las especies por descontaminar diferentes ambientes en el ecosistema actual y la variación de ellas, su viabilidad y eficacia del proceso de fitorremediación a nivel mundial. También es importante reconocer como diferentes especies provenientes de la familia *Salvinia* se han visto como hiperacumuladora en procesos de descontaminación de cadmio y resaltar la tolerancia y adaptación a aguas negras y como sus características morfológicas no se ven afectadas en el proceso remediador.

De igual importancia hay que reconocer que se han evaluado especies capaces de remover Ni como la *Chlorella* a más del 70%, esperando poder realizar una comparación con esta especie y poder encontrar un mayor porcentaje de remoción con la especie a trabajar.

## 1.2. NACIONALES

### Actividades de aula

Martin J. (2021), observo la potenciación de la tricerebralidad desde proyectos prácticos los cuales le permitieron la transversalización del conocimiento y la solución de problemas de su contexto desde la orientación del docente; a su vez logro una mejoría del rendimiento académico de la población investigada desde un análisis previo y posterior a las actividades trabajadas en el proceso.

Fernández-Marchesi, N. (2018), reconocen que las actividades prácticas de laboratorio involucran a los estudiantes en estrategias lógicas que ayuden a demostrar teorías y leyes científicas en el proceso, permite fortalecer habilidades científicas que no se desarrollan del mismo modo con actividades centradas solo en una respuesta sin ningún juicio de valor, toda actividad debe promover procesos cognitivos.

Rojas G. y Vergel C. (2018), encontraron que las actividades algebraicas presentan un significado contundente en la sensibilidad del proceso del alumnado, por lo cual es necesario ampliar la perspectiva de la algebra escolar, considerando importante los recursos cognitivos de los estudiantes cuando trabajan en ideas matemáticas.

### Habilidades científicas

Berrio M. (2020), resalta como el trabajo colaborativo en el estudiante le permite adquirir habilidades participativas activas que permiten la ejecución del trabajo de forma activa, así como anima a resolver problemas del contexto llevando al estudiante a desarrollar habilidades científicas durante el proceso y lo vuelve el agente más activo; en este sentido se debe tener en cuenta el contexto y las actividades diseñadas para fomentar el desarrollo de dichas habilidades en el aula.

Dávila D. y Sosa J. (2019), contemplan como los docentes de ciencias tienen una concepción vaga sobre las habilidades científicas a desarrollar en los estudiantes, a partir de ello se evidencia una valoración negativa por parte de los estudiantes a la ciencia y no le dan el valor o la importancia que debe tener en su contexto; a partir de ello es importante reconocer primero como docentes las habilidades que se quieren promover en los estudiantes, para así mismo planear actividades que permitan el desarrollo y fortalecimiento de habilidades científicas.

Pulido G. y Romero Y. (2015), reconocen como a partir de rutinas del pensamiento posibilitan el fortalecimiento de habilidades del pensamiento científico como observar y preguntar, siempre y cuando sean actividades organizadas y llevadas al contexto del estudiante; es indispensable reconocer como el uso de organizadores gráficos permite que los estudiantes puedan fortalecer habilidades de pensamiento científico y permiten a su vez motivar al estudiante en el ambiente escolar.

#### Fitorremediación

Velásquez J. (2017), se observan las ventajas de la fitorremediación por ser un método apropiado para descontaminar suelos y agua de forma natural, con la ayuda de procesos biológicos de los ecosistemas, sin la necesidad de adicionar sustancias químicas; es importante reconocer que para la investigación actual el proceso de fitorremediación presenta pros y contras, ya que aunque es un proceso amigable con el ambiente, también es un proceso que puede llegar a ser demorado por los procesos metabólicos de las diferentes especies involucradas.

Mendoza Y. et al. (2016), resaltan el proceso de fitorremediación como una alternativa eficiente y viable para el tratamiento de las aguas residuales domésticas de la ciudad de Riohacha (Colombia), mediante el uso de plantas acuáticas como *E. crassipes*, la cual permitió la remoción de bacterias coliformes fecales mayor al 99,9%; de nuevo se ve reflejado como la fitorremediación es una alternativa que permite la remoción de contaminantes en este caso orgánicos para la descontaminación de aguas en nuestro país.

Franco A. et al. (2016), encontraron que el proceso de fitorremediación a partir de humedales artificiales es eficiente la mitigación del impacto del vertimiento de aguas residuales en el ecosistema, también reconocen el bajo costo del método y su fácil implementación; para la investigación actual es importante el reconocimiento del proceso en nuestro país y las estrategias que se plantean para la descontaminación de aguas residuales.

#### *Salvinia mínima Baker*

Jaramillo M.; Marín Y. y Ocampo D. (2018), encontraron que la *Salvinia auriculata* se vio menos afectada por las condiciones de estrés, dando a entender una tolerancia de esta especie a cambios ambientales, obteniendo mejores resultados en comparación con otras especies del estudio; al igual que lo mencionado en los antecedentes internacionales, se observa como la *S. auriculata* es una especie acuática que por su metabolismo puede adaptarse fácilmente a procesos de fitorremediación.

Jaramillo M.; Buitrago D.; Henao S. y Galvis J. (2016), se establecen resultados experimentales frente a la presencia de glicósidos cianogénicos y alcaloides demostrando que *E. crassipes*, *S. auriculata* y *P. stratiotes* tienen dos vías metabólicas para asimilar cianuro, la primera por la acumulación de glicósidos cianogénicos y la segunda por la formación de alcaloides; esto implica que en cuanto al contaminante mencionado la *S. auriculata* presenta proceso de acumulación, lo cual podría ser identificado en la investigación actual.

Bernal J. (2015), resalta como el tiempo de vida de la *S. auriculata* fue bastante corto para la investigación, de aproximadamente 8 días y no permitió la evaluación del proceso de fitorremediación en aguas residuales; a partir de esto es indispensable para la investigación actual, corroborar los hallazgos del tiempo de vida de la especie para utilizarla en el proceso de fitorremediación.

#### Remoción de Ni en aguas

Tejada C.; Herrera A. y Ruiz E. (2016), resaltan el potencial de adsorción de plomo y níquel sobre los biomateriales estudiados, tanto por el modelo de Langmuir, como el de Freundlich, con lo cual se establece que el enlace de los metales se da por fuerzas físicas, estando inicialmente en todos los sitios disponibles; desde allí es importante conocer el proceso de remoción de Ni como un metal pesado y sus propiedades físicas y químicas en este proceso.

Caviedes D.; Delgado D. y Amaya A. (2016), identifican que el Ni es requerido en menor cantidad para los procesos metabólicos de las macrófitas, encontrando que concentraciones de más de 5 mg/Kg son venenosas, como resultado de la inhibición de la fotosíntesis y la reducción del crecimiento; desde allí es importante tener esto en cuenta para la investigación, realizar estudios previos con la especie vegetal e identificar el efecto del contaminante en ella.

Tejada C.; Villabona A. y Ruiz E. (2016), se demuestra como los experimentos de adsorción presentan eficacia del bagazo de palma africana y las cáscaras de ñame para la eliminación de Ni (II) a partir de soluciones acuosas, identificando la máxima adsorción de Ni (II) a un pH 6; desde allí es importante para la investigación adecuar el pH de las soluciones a estudiar para evitar afectaciones importantes en la especie vegetal y realizar un mejor proceso de adsorción y desorción.

Así mismo, los aportes de estos antecedentes a la investigación permiten tener presente la transversalización del conocimiento, que permite la mejora del rendimiento, desde el contexto del estudiante con actividades que promuevan procesos cognitivos; fortaleciendo así habilidades que permiten un trabajo activo, a su vez reconocer la importancia de tener claras las habilidades a promover por medio de rutinas del pensamiento que favorecen las habilidades científicas reflexivas.

De igual forma, reconocer que la fitorremediación es un proceso biológico que no necesita ayuda de sustancias químicas, que llega a ser demorado pero viable y que se puede visualizar en humedales artificiales, para la descontaminación de vertimientos de aguas residuales. Así mismo, tener claro que la especie de la familia *Salvinia*, posee una tolerancia a cambios ambientales y se adapta fácilmente al proceso de fitorremediación, sin embargo, posee un tiempo de vida corto.

Por último, considerar como el níquel en concentraciones bajas para macrófitas es capaz de evitar el proceso de fotosíntesis de la especie, por lo cual se debe tener un seguimiento detallado del proceso y registrar los cambios morfológicos que se puedan evidenciar en la esta durante el proceso.

### 1.3. LOCALES

#### Actividades de aula

Gómez L. y Salas A. (2021), encontraron como a partir de la aplicación de actividades artísticas en el aula permitieron generar y fomentar una interdependencia y una autodeterminación positiva entre los participantes del proceso, la generación de habilidades como la participación propia y la toma de decisiones, aportaron en el trabajo cooperativo, eliminando barreras entre pares y entre docentes.

Benito M. y Díaz I. (2017), demostraron como a partir de prácticas pedagógicas planeadas y estructuradas en el aula de clase se favorece el desarrollo integral de los estudiantes, desde actividades lúdicas fundamentales de acuerdo con el contexto en el que se desarrollan y la adquisición de conocimientos de forma vivencial, acercándolos a la conexión del saber con la realidad; a su vez la importancia de fomentar espacios de dialogo y resolución de problemas dentro y fuera del aula.

Cárdenas C. (2016), reconoce la importancia de realizar acercamientos donde se evidencie la exclusión orientando el conocimiento a la solución de esta problemática en los estudiantes, así como, identificar los diferentes actores del proceso y optimizar actividades que permitan la adquisición del conocimiento secuencial en actividades deportivas.

#### Habilidades científicas

Castillo A. (2020), registra como a partir de prácticas de laboratorio se logran desarrollar habilidades como la observación, clasificación, formulación de preguntas, diseño y planificación de una investigación, entre otras habilidades que permiten fortalecer el área de ciencias en el aula; es importante resaltar que en esta investigación se trabajó con estudiantes de primaria, reconociendo la importancia de fortalecer estas habilidades científicas desde los primeros niveles.

Romero J. y Yomayusa W. (2015), demostraron como desde el club de ciencias y sus actividades se logró un aporte en la enseñanza ya que encontraron un avance en el dialogo de saberes entre docente y estudiante y fomento el desarrollo de habilidades científicas desde la experimentación e investigación de problemáticas ambientales; de esta forma se resalta la importancia de llevar al estudiante a un contexto llamativo para el estudiante que permita poner en juego sus habilidades y fortalecer cada una de ellas desde diferentes aportes, siempre teniendo en cuenta que el rol principal es el del estudiante.



Correa F. y Martín J. (2014), reconocen como a partir de la inmersión en un contexto específico cercano a los estudiantes, estos se ven capaces en determinar problemáticas y plantear soluciones que permiten a su vez el desarrollo de habilidades científicas que motivaron a los estudiantes a cuidar su fauna aledaña; desde este punto de vista es importante que los estudiantes se vean atraídos por la situación problema que se planea resolver y que sean ellos quienes empiecen la indagación de recursos para la solución y desarrollen habilidades concretas de la investigación científica.

#### Fitorremediación

Muñoz C. y Novoa S. (2018), desarrollan el diseño de un humedal artificial como material educativo para la enseñanza de la fitorremediación con *Eichhornia c.* en sistemas acuáticos presenta viabilidad, fomentando la importancia en las aulas de los recursos hídricos de Bogotá, permitiendo la unión de la teoría con la práctica en la escuela; para la investigación actual es importante el reconocimiento del proceso de fitorremediación desde las aulas, para dar a las estudiantes estrategias para la remediación del medio ambiente.

Monroy, M. y Muñoz, A. (2017), demostraron que el Aloe vera (*Aloe barbadensis Miller*) es una especie fitorremediadora, que se postula como una posible planta metalofita con tipo de fitorremediación denominado fitoextracción para la remoción de Pb (II); es importante para la investigación actual tener en cuenta el proceso llevado a cabo en el laboratorio para el estudio del proceso y su estrategia en la evaluación de la viabilidad de la especie.

Sánchez J. (2016), refleja como la secuencia didáctica diseñada y ejecutada favoreció al desarrollo de competencias científicas investigativas en docentes en formación, las actividades implementadas permitieron que los estudiantes se apropiaran de un proyecto de investigación en aula sobre la fitorremediación de metales pesados; es importante reconocer como las concepciones previas de los estudiantes cambian a partir del proceso realizado, lo cual es lo que se espera a nivel de secundaria con la demostración del proceso de fitorremediación.

#### *Salvinia mínima Baker* y Remoción de Ni en aguas

Para la especie a investigar y para el proceso de remoción de Ni aún no se encuentran resultados de trabajos de grado o artículos propios de la Universidad Pedagógica Nacional en ninguna fecha, ya que para esta consulta bibliográfica no se colocó un límite de tiempo.

Se debe reconocer por consiguiente para la investigación, la importancia de la participación propia y toma de decisiones por parte de los estudiantes, lo cual permite un desarrollo integral y la investigación y formulación de ideas para dar solución a una problemática; contemplar a su vez la trascendencia de las prácticas de laboratorio, como una herramienta para la formulación de preguntas, el avance en el diálogo de saberes y la inmersión en el contexto específico al estudiante, permitiendo que se vean atraídos por el problema y desarrollen habilidades de investigación.

## 2. JUSTIFICACIÓN

El proceso de enseñanza y aprendizaje en el aula ha involucrado cambios en las metodologías y estrategias didácticas en pro de los procesos cognitivos de los estudiantes, buscando la relación contexto y saberes en el aula para fortalecer la indagación en el estudiante. Desde la UNESCO (1997) se menciona que existen 4 pilares en la educación y uno de ellos es “Aprender a hacer a fin de adquirir no sólo una calificación profesional sino, más generalmente, una competencia que capacite al individuo para hacer frente a gran número de situaciones y a trabajar en equipo”. Con base en esto, es necesario generar en los estudiantes la capacidad de resolver situaciones que se presenten en su contexto a partir de la indagación, teniendo en cuenta que durante los años 2020 y 2021 de la emergencia sanitaria por COVID-19, algunas de estas habilidades se pudieron ver afectadas.

A su vez, es indispensable reconocer que en Colombia se tiene una oferta de agua en 4 tipos diferentes según el IDEAM (2015), estas son agua superficial, subterránea, marino costera y glaciar; aproximadamente se cuenta con 2.132 kilómetros cúbicos de agua, ahora bien, de este cantidad de agua, hay una buen porcentaje contaminada o no apta para el consumo, lo cual presenta un problema que es importante resolver; en la actualidad se hace un tratamiento de alguna de estas aguas dependiendo del departamento y las capacidades económicas que este tenga para llevar a cabo el proceso.

De esta forma, si se centra la atención en esta problemática, en algunos años no se tendrán recursos hídricos naturales viables para el consumo humano, es entonces, donde el proceso de fitorremediación surge como alternativa para la recuperación de este recurso; por medio de especies vegetales se busca la recuperación de suelos, aguas o aire, ya que, desde el metabolismo propio de las diferentes especies, algunas cuentan con la capacidad de remover, reducir, degradar, transportar o transformar contaminantes orgánicos o inorgánicos.

En la actualidad existen diferentes procesos industriales que han expuesto al hombre al riesgo de contacto de metales pesados, como es el caso del níquel, un metal pesado que según Alomá et al. (2013) es “un elemento bastante abundante, constituye cerca del 0,008 % de la corteza terrestre y 0,01 % de las rocas ígneas”, este metal como otros, en concentraciones mínimas no representa ningún riesgo, sin embargo, como lo menciona ATSDR (2005) en agua potable no se puede exceder el 0,1 mg Ni (II)\*L<sup>-1</sup> ya que puede llegar a ser mortal.

Según lo mencionado por Alomá et al. (2013) “Aumenta las posibilidades de desarrollar cáncer de pulmón, nariz, y laringe. Es desencadenante también de embolias, fallos respiratorios, desórdenes del corazón, así como reacciones alérgicas (erupciones cutáneas), en menor grado”; esto implica que al no tratar los desechos que contienen níquel de forma adecuada se está en un riesgo latente para el ser humano.

Es así como desde el proceso de fitorremediación con la especie vegetal Acordeón de agua (*Salvinia mínima Baker*), se busca remediar aguas residuales sintéticas con concentraciones conocidas de

níquel, estudiando y analizando su mecanismo de adsorción, efectividad y viabilidad en el proceso de fitorremediación.

Desde este punto de vista, es necesario fomentar en los estudiantes la indagación, que permita la relación entre el saber científico y su contexto, desde la aplicación de actividades de aula que evalúen la viabilidad del proceso de fitorremediación, analizando el metabolismo de la especie, la concentración del contaminante, los beneficios y los limitantes que pueda presentar el proceso y lleve a cada uno de los estudiantes a una relación contexto-ciencia.

### 3. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

Colombia es uno de los países con mayores recursos hídricos a nivel mundial, durante cada segundo recorren aproximadamente 58 litros de agua por kilómetro cuadrado, este contenido de agua se observa en quebradas, ríos, pozos, lagos, estanques naturales, etc.; donde según IDEAM. (2015) el 5% de la oferta natural de agua a nivel mundial se encuentra en nuestro país, y un gran porcentaje de estas se encuentran contaminadas ya sea por contaminantes inorgánicos u orgánicos, procedentes del ser humano a nivel industrial.

Estas acciones se incrementan diariamente, debido al crecimiento de la población y de las actividades económicas, siendo necesario un monitoreo y control constante que permita tomar las acciones necesarias para abordar esta problemática con el fin de disminuir su impacto en los procesos naturales y sociales, especialmente en la salud humana (SIAC, s.f.); el proceso de biorremediación, más centrado a la fitorremediación, implica el uso de fuentes naturales para el proceso de descontaminación.

La fitorremediación en aguas contaminadas permite mitigar el nivel de contaminación que se presenta en nuestro país, ya que, a parte de la problemática, actualmente se cuenta con especies vegetales propias que no han sido estudiadas en el proceso y que pueden tener un buen desempeño en la biorremediación.

También es importante reconocer que durante los años de contingencia sanitaria COVID 19 vivida en los años 2020 y 2021 y la educación remota que se vivió a nivel mundial, se pudieron ver afectadas habilidades científicas, de aula, de enseñanza y aprendizaje; por ello es importante reconocer la importancia de fortalecer habilidades como la indagación en el aula, que permita avanzar en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las estudiantes.

Por esta razón, es indispensable enseñar y practicar este método de descontaminación para el beneficio social y cultural de nuestra ciudad, país y porque no del planeta. Por ello es importante, utilizar actividades de aula para conocer y fomentar el proceso de fitorremediación hacia la remoción de contaminantes inorgánicos en aguas, fortaleciendo en las estudiantes categorías propias de la habilidad de indagación. Por lo anterior, se plantea la siguiente pregunta problema:

¿Qué habilidades de indagación se fortalecen en las estudiantes del taller integrado Químexperia del Instituto Clara Fey cuando reconocen, aplican y sustentan el proceso de fitorremediación con la especie vegetal Acordeón de agua (*Salvinia mínima Baker*), a partir del análisis de remoción de Ni (II) en aguas residuales sintéticas por medio del diseño e implementación de actividades de aula?

## 4. OBJETIVOS

### 4.1. OBJETIVO GENERAL

Fortalecer la indagación a partir de la implementación de actividades de aula con estudiantes de grado octavo y noveno del taller integrado Químexperia del Instituto Clara Fey, mediante la fitorremediación con Acordeón de agua (*Salvinia mínima Baker*) para la remoción de Ni (II) en aguas residuales sintéticas.

### 4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar el nivel de indagación en las estudiantes del taller integrado Químexperia por medio de una prueba pretest.
- Implementar actividades de aula para el fortalecimiento de la habilidad de indagación centradas en la problemática de contaminación hídrica y su mitigación utilizando la fitorremediación.
- Evaluar el nivel de indagación adquirido en las estudiantes mediante la aplicación de una prueba postest.

## 5. MARCO TEÓRICO

### 5.1. HABILIDADES CIENTÍFICAS (INDAGACIÓN)

Desde que somos niños estamos en ese proceso de indagar para conocer el mundo a nuestro alrededor, este proceso nos ha llevado a plantearnos preguntas que merecen nuestra propia explicación, como ¿Por qué llueve?, ¿Qué pasa si tocamos el fuego?, entre otras preguntas que nos surgen a diario y no podemos quedarnos con la inconformidad de no resolverlas; según Bybee (2000), considera que el proceso de indagación se cumple cuando “sabemos algo que no sabíamos cuando empezamos la investigación”. Incluso cuando nuestra investigación falla en encontrar la respuesta; “al menos la indagación nos permitirá tener un mayor entendimiento sobre los factores involucrados en alcanzar la solución”.

La investigación científica se refiere a las diversas formas en que los científicos procesan el conocimiento natural y desarrollan explicaciones basadas en la evidencia obtenida de su trabajo (NRC, 1996; p. 23). Como señaló Schwab (2019), la indagación también se refiere a las actividades de los estudiantes en las que se desarrollan el conocimiento y la comprensión de las ideas científicas. Gordon (2020) lo ha definido como "un método de enseñanza que combina actividades prácticas con la discusión centrada en el estudiante y el descubrimiento conceptual". De acuerdo con los Estándares Nacionales de Educación en Ciencias (NSES), la indagación se define como un conjunto de actividades porque nos dicen que es:

Una actividad multifacética que implica la observación, hacer preguntas, examinar libros y otras fuentes de información en busca de información conocida, planificar investigaciones, revisar lo que se sabe hoy en día en función de la evidencia experimental, usar herramientas para recopilar, analizar e interpretar datos, generar respuestas y explicaciones. y pronósticos, y comunicar resultados (NRC, 1996; p. 23).

Sin embargo, no da una definición operativa precisa de la enseñanza basada en la indagación; Anderson (1983) reveló lo mismo debido a la falta de definiciones precisas en su estudio de metaanálisis a gran escala. El mismo Anderson afirmó a fines de 2002 que, en cierto sentido, esto continúa hasta el día de hoy y que la indagación es definida de manera diferente por diferentes investigadores, lo que hace que el trabajo de aquellos que intentan sintetizar las percepciones sobre la enseñanza de la indagación sea anormalmente complejo. Esta amplia categoría incluye una gama tan amplia de métodos que se vuelve inespecífica y bastante vaga. Lisa Martin-Hansen (2002) define varios tipos de consultas:

- Indagación estructurada: esta es principalmente una consulta dirigida por un instructor que expone a los estudiantes a un punto final o producto específico.
- Indagación de acoplamiento: qué parejas abren y lideran la consulta.

- Indagación abierta: Utiliza un enfoque centrado en el estudiante, comenzando con una pregunta y tratando de responder a esa pregunta mediante el diseño y la realización de una encuesta o experimento y la comunicación de los resultados.
- Indagaciones guiadas: los maestros guían y ayudan a los estudiantes a realizar investigaciones en el salón de clases o en el laboratorio.

Para evaluar la habilidad de indagación existen diferentes instrumentos y test avalados, como el NPTAI, el cual fue diseñado con el objetivo de valorar las habilidades específicas relacionadas con la comprensión de los pasos de un proceso de indagación y se han reducido las veintiuna categorías del PTAI a siete; estas pruebas han permitido valorar la capacidad de los alumnos para comprender y aplicar actividades prácticas. Las categorías que evalúa en NPTAI como lo mencionan Ferres C. et al. (2014), son:

1. “Identificación de problemas o formulación de preguntas
2. Formulación de hipótesis
3. Identificación de variables
4. Planificación de la investigación
5. Recogida y procesamiento de datos
6. Análisis de datos y obtención de conclusiones argumentadas
7. Metarreflexión”

Desde este punto de vista la indagación es esencial en el proceso de aprendizaje en ciencias y se desarrolla en la práctica experimental, ya que desde la problemática expuesta a los estudiantes se busca el fomentar y desarrollar un razonamiento diferente, que permita generar nuevas habilidades cognitivas en ellas en pro de su futuro y contexto; como lo menciona Tembladera, C. y García, H. (2013), la indagación incentiva a los niños a preguntar, llevar a cabo investigaciones y hacer sus propios descubrimientos en el aula, colocando en juego sus cinco sentidos durante el proceso de aprendizaje y fomentando el trabajo cooperativo.

## 5.2. UVE HEURÍSTICA DE GOWIN

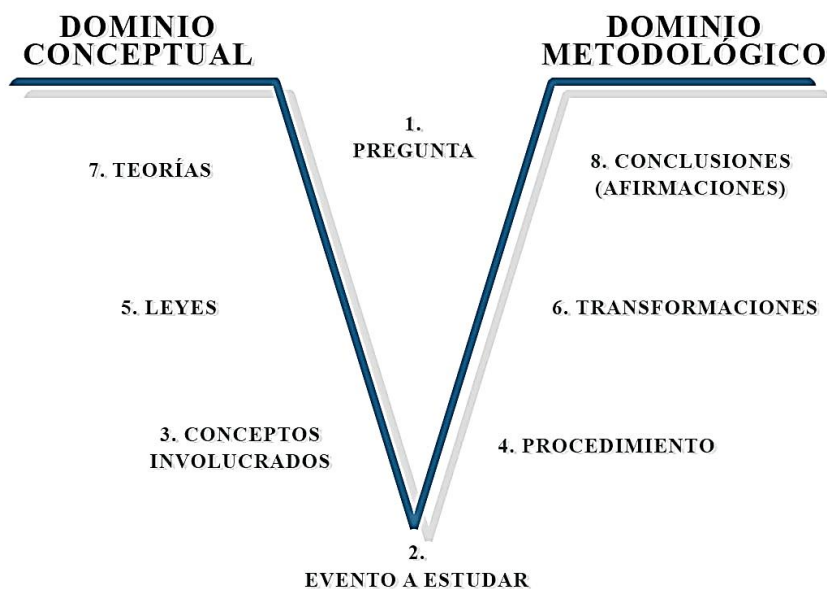
En la actualidad es importante reconocer las ayudas tecnológicas que se han adquirido en la educación, sobre todo, después de que el mundo se enfrentó a una educación netamente remota a consecuencia de la pandemia de COVID-19, sin embargo, es importante reconocer que aún existen estrategias metodológicas que pueden ser utilizadas de forma virtual o presencial que ayuden a obtener un aprendizaje eficaz en el aula.

Cuando el estudiante se encuentra en la adquisición de conocimientos nuevos, es necesario que relacione estos para que el proceso no se realice de forma arbitraria sino sustancial, necesitando de un material que sea relevante y lógico; por ello existen las UVE heurísticas, las cuales pueden ser

utilizadas en diferentes áreas de conocimiento, pero en ciencias, tienen una mayor relevancia por sus aportes.

La V heurística, según Gowin D. y Novak J. (1988), “permite establecer la interacción entre la teoría y la práctica, orientada a la planificación de una investigación, realizar trabajos o informes de laboratorio con mayores niveles de comprensión, logrando una ayuda visual global de todo el proceso de estudio y sirve de guía para la organización y entrega del documento final de una investigación, entre otras actividades”.

**Figura 1.** Esquema de la V de Gowin.



**Nota.** Tomado de <https://www.lifeder.com/wp-content/uploads/2021/05/V-de-Gowin.jpg>

La V heurística de Gowin es un método simple y adaptable que permite a estudiantes y docentes profundizar en la estructura y el significado de un conocimiento; Como se observa en la figura 1, es un diagrama que tiene forma de “V”, el cual cuenta con dos lados, donde según Gowin D. y Novak J. (1988 ) “las líneas que se interceptan en la base y que dan forma a la V epistemológica, ponen énfasis en la importancia de esos aspectos que han tomarse en consideración en el desarrollo de cualquier investigación científica.”



Esta herramienta para Gowin puede ser empleada para analizar críticamente un trabajo de investigación o entender un experimento en el laboratorio, por eso para las ciencias es una herramienta importante, que permite construir de forma ordenada y lógica el conocimiento práctico que se adquiere en el laboratorio.

### 5.3. METALES PESADOS

Según Londoño et al. (2016) un metal pesado “es un elemento químico con alta densidad (mayor a 4 g/cm<sup>3</sup>), masa y peso atómico por encima de 20, y son tóxicos en concentraciones bajas. Algunos de estos elementos son: aluminio (Al), bario (Ba), berilio (Be), cobalto (Co), cobre (Cu), estaño (Sn), hierro (Fe), manganeso (Mn), cadmio (Cd), mercurio (Hg), plomo (Pb), arsénico (As), cromo (Cr), molibdeno (Mo), níquel (Ni), plata (Ag), selenio (Se), talio (Tl), vanadio (Va), oro (Au) y zinc (Zn)”; algunos de estos elementos son importantes en la ingesta diaria, como el Fe o el Co, sin embargo, en concentraciones no aptas para el organismo, son altamente tóxicos.

Existen alrededor de 40 metales elementos considerados como metales pesados y se encuentran de forma natural principalmente en la corteza terrestre, como minares u otros compuestos, son difíciles de degradar o descomponer de forma natural o biológica, ya que no hacen parte de las funciones metabólicas de los seres vivos.

Para Navarro et al. (2017) estos elementos están “considerados como muy peligrosos para los seres vivos en general, pues poseen una gran toxicidad, en parte debido a su elevada tendencia a bioacumularse. La bioacumulación es un aumento de la concentración de un producto químico en un organismo biológico en un cierto plazo, de forma que llega a ser superior a la del producto químico en el ambiente”; esta toxicidad se agrava dependiendo del organismo involucrado y su proceso metabólico.

Al tener presentes estos elementos en la corteza terrestre, sus usos y explotación hacen considerable su estudio a nivel hídrico, ya que como se ha mencionado, la contaminación de aguas a nivel local, nacional e internacional es demasiado importante y está latente en todos los aspectos, por lo cual es importante que desde las aulas se empiece a enfatizar en el cuidado y las diferentes alternativas para descontaminar y proteger el medio ambiente.

#### 5.3.1. NÍQUEL

El níquel es un metal de transición ubicado en el bloque d de la tabla periódica, el cual tiene como número atómico el 28 y su símbolo es Ni, fue descubierto por Alex Friedrik Cronstedt en Suecia en el año 1751 en la niquelina, un mineral que contiene aproximadamente un 43,9% de níquel; tiene un aspecto lustroso y su estado natural es sólido.

El níquel hace parte del grupo de metales pesados, junto con el mercurio, cobre, plomo y cromo, cada uno de ellos tiene niveles tóxicos que afectan el organismo humano; estos difieren de

compuestos tóxicos orgánicos en que son totalmente no degradables, lo cual implica que se acumule en los sistemas ambientales, siendo así los últimos sumideros de los metales pesados los suelos y los sedimentos.

La mayor demanda de níquel es en el proceso de fabricación de acero inoxidable, también se utiliza en aleaciones de acero y aleaciones no ferrosas, en el proceso de galvanización, fundiciones, como catalizadores, acuñación de algunas monedas y en algunas baterías recargables; en este sentido y como protección y recuperación de nuestro medio ambiente es indispensable estudiar otros metales pesados que no se les ha dado mayor importancia en los últimos años, como lo es el caso del Ni.

Según CRU (2018) la demanda de níquel está “relacionada a la producción de acero inoxidable, sector responsable de un 71% de la demanda total en 2017. Los usos restantes del níquel corresponden a las aleaciones de acero y aleaciones no ferrosas, galvanizado, fundiciones, catalizadores, acuñación de monedas, químicos y baterías”; desde esta perspectiva es indispensable el tratamiento adecuado de los desechos de las plantas fabricantes de estos productos y en el proceso adecuado para sus residuos.

Una de las características de los metales pesados es que son bioacumulativos, lo que establece que el cuerpo humano no puede desechar de forma autónoma y esto provoca que se acumulen niveles tóxicos en él; en los procesos de diferentes fabricas estos metales pesados salen y se desechan en fuentes hídricas cercanas, y esta agua debe ser tratada para el consumo humano, desde allí el nivel permitido de níquel en agua, debe ser de 20 µg/L, si la concentración de Ni pasa este nivel, los riesgos para el ser humano son altamente peligrosos.

La agencia para sustancias toxicas y el registro de enfermedades, reconoce al níquel en el lugar número 24 de los elementos más abundantes, también contempla que el centro de la tierra está compuesto por 6% de níquel; según ATSDR (2005) el níquel es “liberado a la atmósfera cuando se mina y por industrias que fabrican o usan níquel, aleaciones de níquel o compuestos de níquel. Estas industrias también pueden desechar níquel en aguas residuales. El níquel también es liberado a la atmósfera por plantas de energía que queman petróleo o carbón y por incineradores de basura”.

El níquel es un contaminante poco estudiado porque los niveles encontrados en la actualidad no son tan altos como para merecer un registro adecuado, sin embargo, es indispensable reconocer los efectos que tiene este en el organismo; según lo expuesto por ATSDR (2005) “los alimentos son la principal fuente de exposición al níquel. Usted también puede estar expuesto al níquel al respirar aire, tomar agua o fumar tabaco que contienen níquel”, el vivir cerca a fabricas que procesen sus productos con níquel implica un mayor riesgo en la salud pública.

Para hablar de la contaminación de fuentes hídricas, desde el punto de vista de ATSDR (2005) “La concentración de níquel en el agua de ríos y lagos es muy baja, con el promedio siendo generalmente menor de 10 partes de níquel por billón de partes de agua (ppb). A menudo el nivel de níquel en el agua es tan bajo que no se puede medir a menos que se usen instrumentos muy

sensibles. La concentración promedio de níquel en el agua potable es entre 2 y 4.3 ppb”; aunque la concentración es baja es necesario reconocer la importancia de evaluar y controlar las concentraciones de este contaminante.

El níquel presenta riesgos en la salud, ya que concentraciones elevadas de este metal en el organismo puede presentar alergias, dificultades respiratorias, dermatitis, salpullido, ataques de asma, dolores de estómago, alteraciones en sangre y riñones; en casos más extremos puede llegar a provocar bronquitis crónica, disminución de la función pulmonar, cáncer en pulmones y senos nasales, a su vez ATSDR (2005) menciona que “la EPA ha determinado que el polvo de níquel de refinerías y el subsulfuro de níquel son carcinogénicos en seres humanos”; desde allí es importante reducir y remover concentraciones de Ni que se puedan encontrar en diferentes afluentes.

#### 5.4. FITORREMEDIACIÓN

La fitorremediación es considerada una tecnología alternativa y hace parte del grupo de Biotecnología, es una tecnología de bajo costo para la recuperación de ambientes y fuentes hídricas contaminadas. El proceso de fitorremediación se basa en el uso de plantas para remover, estabilizar y/o remediar contaminantes (orgánicos e inorgánicos) en suelos, lodos, aguas y sedimentos. 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 especies vegetales; así mismo este proceso es considerado una tecnología sustentable de la cual se han encontrado diferentes mecanismos, los cuales dependen de diferentes factores como:

- Especie vegetal: No todas las especies son iguales, cada una tiene su propio metabolismo.
- Medio: Las especies vegetales se pueden dar en suelo (fotomorfogénesis) o agua (Elodea).
- Contaminante: Puede ser orgánico o inorgánico y a sus concentraciones pueden variar.

Teniendo en cuenta los factores se han encontrado seis tipos de Fitorremediación: Fitodegradación, Fitoestimulación, Fitovolatilización, Fitoestabilización, Fitoextracción y Rizofiltración; cada uno de los aspectos importantes se pueden encontrar en la tabla 1 que se observa a continuación.

**Tabla 1.** Tipos de fitorremediación.

<b>Tipo de fitorremediación</b>	<b>Características generales</b>
Fitodegradación	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.
Fitoestimulación	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.
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.
Fitoestabilización	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.
Fitoextracción	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.
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.

**Nota.** Información tomada de Monroy, M. y Muñoz, A. (2017).

### 5.5. SALVINIA MÍNIMA BAKER

La especie *Salvinia mínima* Baker, también es conocida como Acordeón de agua, Oreja de ratón, Oreja de elefante, Oreja de agua, Acordeón o Helecho mariposa; es una especie, se puede encontrar en toda la zona del caribe y en la mayoría de los países de América del sur tropical, como Colombia, Ecuador, Paraguay, Venezuela, entre otros; es una especie acuática flotante en forma de acordeón que va creciendo de forma horizontal por medio de esporas, puede llegar a medir 10 cm de largo y 3 cm de ancho; como se observa en la figura 2, es una especie donde sus hojas son redondeadas, con un aspecto aterciopelado por los pelos que tienen para mantener la humedad sobre ellas, es de color verde entre pálido y fuerte.

**Figura 2.** *Salvinia mínima* Baker.



**Nota.** Fotografía propia.

Esta especie pertenece a la familia *Salviniaceae* Martinov, actualmente se conocen dos géneros de *Salvinia* que son: *Salvinia* y *Azolla*; la clasificación taxonómica de la especie es la siguiente:

**Tabla 2.** Clasificación taxonómica *Salvinia mínima* Baker.

<b>Dominio</b>	Eucaria
<b>Reino</b>	Plantae
<b>Phylum</b>	Pteridophyta
<b>Clase</b>	Polypodiopsida
<b>Orden</b>	Salviniales
<b>Familia</b>	Salviniaceae Martinov
<b>Genero</b>	<i>Salvinia</i>
<b>Epíteto específico</b>	<i>mínima</i> Baker

**Nota.** Datos tomados del Herbario Nacional Colombiano (2016).

Esta especie vegetal pertenece al grupo de macrófitas flotantes, especies que se pueden ver a simple vista en el agua, en este se pueden encontrar especies como la redondita de agua, el jacinto de agua, la lechuga de agua, entre otras; en la tabla 3 se resumen algunas características propias de la *Salvinia mínima Baker*.

**Tabla 3.** Características *Salvinia mínima Baker*.

Característica	Detalles
<b>Propagación</b>	División de la especie.
<b>Poda</b>	No es necesario la poda, solo se deben retirar las partes de color amarillo o café.
<b>Sustratos</b>	No requiere sustratos ya que los nutrientes necesarios los adquiere del agua.
<b>pH</b>	Agua blanda con un pH entre 5-9.
<b>Temperatura</b>	Requiere condiciones cálidas o templadas, con un mínimo de 10°C.
<b>Luz</b>	Moderada, no debe ser de forma directa.
<b>Hojas</b>	Son redondas, en forma de acordeón, de aspecto aterciopelado por los pelos pequeños que tienen.
<b>Tamaño</b>	Puede llegar a medir 10 cm de largo y 3 cm de ancho.
<b>Color</b>	Verde entre pálido y fuerte, en ocasiones puede presentar una tonalidad purpura que se observa en los tallos ramificados de las colonias.
<b>Uso</b>	Se utiliza en acuarios como refugio de huevos y peces pequeños, en ocasiones los peces se acercan a las raíces para alimentarse.

**Nota.** Datos tomados de Sembramos (s.f.)

La *Salvinia mínima Baker* se ha utilizado en algunos procesos de remoción de contaminantes presentes en las fuentes hídricas, ya que, al ser una planta flotante, se ha establecido una eficacia importante en el proceso de remoción, en la tabla 4 se observan los resultados de algunos de los procesos en los que se ha utilizado la especie.

**Tabla 4.** Remoción y acumulación de contaminantes especie *Salvinia mínima Baker*.

Contaminante	Porcentaje de remoción	Acumulación en peso seco	Referencias
<i>Escherichia coli</i> Coliformes fecales	100%	246 ng/g	León et al., 2018 Molisani et al., 2006, Petruccio & Esteves, 2005
Hg	100%		
N	100%		
P	100%		

**Nota.** Datos tomados de Ayala M.; Pernía B. y Cornejo X. (2019).

## 6. METODOLOGÍA

La investigación se realiza bajo exploración cualitativa interpretativa, la cual según lo expuesto por Agreda E. (2004) una investigación de este tipo, permite hacer referencia a la indagación de fenómenos del entorno donde se permita motiva la curiosidad de la persona que desea investigar, partiendo de un diagnóstico inicial de la población de estudio, una participación activa y reflexiva; Cifuentes (2011) menciona que el conocimiento válido se genera en la acción, con base en ello, se plantea la ejecución de actividades de aula, donde se involucre la participación de las estudiantes, llevando a la reflexión y fortalecimiento de habilidades de indagación.

Trabajando a su vez un enfoque mixto, algunos autores afirman que este diseño permite la obtención de una mejor evidencia y comprensión de los fenómenos, facilitando el fortalecimiento de los conocimientos teóricos y prácticos (Pereira, 2011); este enfoque permitirá a la investigación hacer apreciaciones de tipo cualitativo y cuantitativo durante el desarrollo de las actividades de aula diseñadas.

Desde este enfoque se planea validar los resultados desde datos cuantitativos y cualitativos, desarrollando instrumentos pretest y postest para la recolección de datos cualitativos y evaluando instrumentos que permitan la recolección de datos cuantitativos sobre el proceso de fitorremediación de la especie vegetal desde la parte experimental.

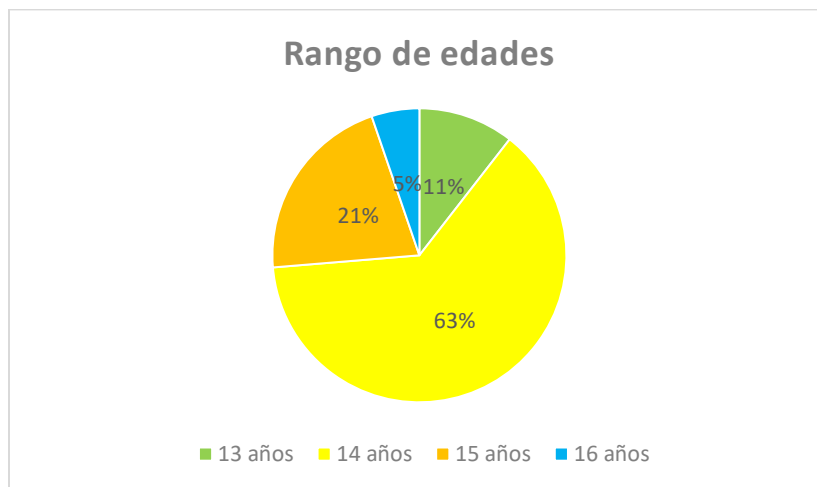
A partir de este enfoque, se utilizan actividades de aula con las cuales se busca fortalecer la indagación en las estudiantes, estableciendo categorías teóricas a evaluar durante el proceso; esta estrategia permite la reflexión y construcción de saberes de forma colectiva, permitiendo al docente sortear dificultades en el aula, desde los conocimientos que van adquiriendo las estudiantes.

Para la recolección y análisis de la información se utilizan el análisis de contenido de cada uno de los instrumentos diseñados y aplicados en el proceso, exportando las respuestas de las estudiantes y evaluando la eficacia del proceso investigativo para el fortalecimiento de la indagación en cada una de las estudiantes participantes del proceso.

### 6.1. CARACTERIZACIÓN DE LA POBLACIÓN

La investigación se llevará a cabo con un grupo de 19 estudiantes, quienes hacen parte del taller integrado “Químexperia” del colegio privado Instituto Clara Fey de Bogotá, ubicado en la localidad de Bosa, son estudiantes de grado octavo y noveno, que están en edades entre los 13 y 16 años, como se observa en la gráfica 1, quienes por iniciativa propia decidieron inscribirse en este taller desde el inicio del año escolar; para este taller se cuenta con la disponibilidad horaria cada viernes de 1:15 p.m. – 2:40 p.m.

**Gráfica 1.** Rango de edad población de estudio.



**Nota.** Fuente propia

## 6.2. FASES METODOLÓGICAS DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se ejecuta en tres fases metodológicas donde se tienen en cuenta los diferentes aspectos para el fortalecimiento de habilidades de indagación, desde el aprendizaje de la fitorremediación a partir de actividades desarrolladas bajo la estrategia de actividades de aula.

**Tabla 5.** Fases metodológicas de investigación.

Fase 1	Fase 2	Fase 3
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estructuración de grupo Químexperia.</li> <li>• Diseño y validación de instrumentos.</li> <li>• Estudios de análisis previos de aguas residuales sintéticas de Ni (II), por parte de la investigadora.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicación de pretest.</li> <li>• Ejecución actividad 1</li> <li>• Experimentación por parte de las estudiantes.</li> <li>• Ejecución de la V Heurística de Gowin.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis de resultados de experimentación.</li> <li>• Aplicación de postest.</li> </ul>

**Nota.** Fuente propia



### 6.2.1. Fase 1

Es el momento inicial de la investigación, donde se establece el grupo base de estudiantes teniendo en cuenta su interés por la ciencia, el medio ambiente y sus intenciones de conocer e investigar; para ello en la institución se permite que las estudiantes escojan el taller integrado que les permita establecer sus intereses y motivación.

Seguido a ellos se diseñan los instrumentos para ser aplicados en las actividades de aula, como lo son un pretest (Anexo 1), postest (Anexo 5), para validar la habilidad de indagación de las estudiantes, antes y después de la ejecución de las actividades. Seguido se diseñan 3 instrumentos, una actividad principal (Anexo 2), en la cual se observa una guía sobre fitorremediación, níquel, y la especie vegetal, con preguntas y actividades experimentales; seguido se realiza el proceso experimental de fitorremediación haciendo uso de la V heurística (Anexo 3) y un análisis de los resultados obtenidos en el proceso, mediante una guía e investigación para ejecutar cálculos matemáticos (Anexo 4).

De forma simultánea se realizan las pruebas principales por parte de la investigadora, ejecutando ensayos iniciales con la especie *Salvinia mínima Baker*, con aguas residuales sintéticas contaminadas con Ni (II) para estudiar la viabilidad del proceso con la especie y reconocer los pros y contras antes de ejecutar el procedimiento con las estudiantes, en este momento se encuentran dificultades para transportar las soluciones sintéticas contaminadas con níquel, fuera del laboratorio para hacer el proceso con las estudiantes, debido a los problemas de salud que implica trabajar con este metal.

### 6.2.2. Fase 2

Esta fase se divide en 4 sesiones, durante cada sesión se aplica una actividad de aula diferente, con el objetivo de fortalecer la habilidad de indagación, cada estudiante contesta el pretest de 8 preguntas planteadas desde la intención de evaluar diferentes categorías de la indagación. La segunda sesión implica la ejecución de la actividad 1, con información y preguntas para las estudiantes, implicando la indagación y motivación en cada proceso.

A su vez, las estudiantes empezarán el proceso de experimentación en el laboratorio y análisis de los resultados respectivos, teniendo de base una guía experimental donde podrán ir recolectando toda la información, el papel de la docente en este caso será de guía, incentivando al grupo a dar respuesta a esa pregunta orientadora que se establecieron en el inicio.

En esta fase, las estudiantes realizarán el diseño y ejecución de la V heurística de Gowin en los laboratorios, teniendo en cuenta la pregunta base planteada, permitiendo fortalecer la indagación, evaluando de forma cualitativa el proceso de cada estudiante en cada sesión, teniendo en cuenta

algunas de las categorías – habilidades propuestas en el test NPTAI, en la investigación se evaluarán las categorías teóricas que se observan en la tabla 6.

**Tabla 6.** *Categorías teóricas indagación.*

<b>Categorías / Elementos de análisis</b>
1. Formulación de preguntas.
2. Identificación de variables en el proceso.
3. Planificación del proceso.
4. Procesamiento de datos.
5. Análisis de datos y argumentación.

**Nota.** Fuente propia.

Como se observa a partir de las diferentes fases se busca identificar, fortalecer y reconocer como a partir de las diferentes categorías mencionadas, las estudiantes del grupo optimizaron sus procesos de indagación.

### 6.2.3. Fase 3

En esta fase se espera que las estudiantes den respuesta a su pregunta orientadora y a su vez dan a conocer los resultados de la investigación en el grupo, ya que cada uno de los grupos formados en la experimentación tenían masas de especies, concentraciones de níquel y resultados diferentes; desde este punto de vista, es importante la argumentación del proceso y el análisis de este, teniendo en cuenta los resultados conseguidos.

Se realiza un postest para verificar que las estudiantes se obtuvieron un conocimiento amplio de la problemática y temática a trabajar, donde se pueda comparar con el pretest y evaluar si las actividades de aula fueron aptas para fomentar la indagación en el proceso.

## 7. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

La ejecución de todas las fases establecidas en la investigación se ejecutan durante sesiones semanales de 90 minutos, las cuales se vieron afectadas por actividades extracurriculares, las cuales afectaron el seguimiento de la investigación, extendiendo la investigación durante todo el año 2022.

### 7.1. FASE 1

#### 7.1.1. Estructuración De grupo Químexperia

Durante esta fase de la investigación, se tuvo en cuenta el interés de las estudiantes por hacer parte del grupo y de la investigación; a partir de ello, se logra la conformación base del grupo con 19 estudiantes, quienes seleccionan el taller Químexperia y hacen parte del grupo de investigación, como se observa en la tabla 7; se le menciona a las estudiantes el trabajo que se realizara y se solicita la autorización de los padres de familia y/o acudientes, por medio de un consentimiento informado (Anexo 6).

**Tabla 7.** *Estudiantes que integran el grupo de investigación*

Estudiante	Edad	Grado
1	14	8°
2	13	8°
3	13	8°
4	14	8°
5	14	8°
6	14	8°
7	15	9°
8	15	9°
9	14	9°
10	14	9°
11	14	9°
12	14	9°
13	15	9°
14	14	9°
15	15	9°
16	16	9°
17	14	9°
18	14	9°
19	14	9°

**Nota.** Fuente propia.

### 7.1.2. *Diseño y validación de instrumentos*

Para este momento de la fase se diseñan cinco instrumentos, los cuales fueron diseñados por autoría propia y validados por pares evaluadores, cuatro docentes del área de ciencias naturales del Instituto Clara Fey, quienes a cada instrumento dieron las correcciones pertinentes para poder ser mejorados, aprobados y ejecutados por parte de la investigadora, el formato de validación de cada instrumento se puede encontrar en los anexos 7.

Observando sugerencias como ajustar la escritura binomial de la especie vegetal en los instrumentos, la redacción de las preguntas, la claridad de los objetivos en cada una de las actividades, para el conocimiento de las estudiantes y el ajuste de los diferentes ítems a trabajar con cada estudiante, teniendo en cuenta las categorías teóricas establecidas para la habilidad a evaluar; a continuación, se observan algunas de las sugerencias realizadas por los pares evaluadores.

**Tabla 8.** *Algunas sugerencias validación de expertos.*

Experto	Escolaridad	Sugerencias				
		Pretest	Actividad 1	Guía de laboratorio	V Heurística de Gowin	Posttest
1	Licenciada en Biología	Verificar nomenclatur a binomial.	Verificar redacción de pregunta 5.	Sin ajustes.	Sin ajustes.	Verificar nomenclatur a binomial.
2	Licenciada en Biología	Verificar nomenclatur a binomial.	Revisar redacción de preguntas 2 y 5.	Sin ajustes.	Sin ajustes.	Verificar nomenclatur a binomial.
3	Licenciada en Física	Claridad en el objetivo, mejorar calidad de imágenes.	Revisar el tiempo de aplicación para actividad.	Sin ajustes.	Sin ajustes.	Claridad en el objetivo, mejorar calidad de imágenes.
4	Licenciada en Pedagogía infantil	Sin ajustes.	Establecer el objetivo de la actividad.	Verificar nomenclatura binomial.	Sin ajustes.	Revisar la calidad de las imágenes.

**Nota.** Fuente propia

### 7.1.3. Estudios de análisis previos de aguas y soluciones patrones con Ni (II).

Las muestras botánicas de la especie *Salvinia mínima Baker*, fueron recolectadas en Bio Acuarios, una lugar de mantenimiento biológicos de acuarios ubicado en la localidad de Fontibón en Bogotá D.C.; para obtener una validez del proceso de investigación se realiza una identificación taxonómica de la especie a trabajar con el Herbario Nacional Colombiano, esta entidad realiza el proceso de identificación, logrando otorgar el nombre taxonómico de la especie: *Salvinia mínima Baker* (Anexo 8) y a partir de este análisis, empezar la parte experimental con las aguas residuales sintéticas.

Durante esta experimentación realizada el día 16 de junio del 2022, se encontraron algunos resultados que permitieron ajustar el trabajo próximo con las estudiantes. Para las soluciones patrones se utilizó  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ , con una pureza del 98% y se realizó la solución patrón de  $100 \text{ mg Ni (II)} \cdot \text{L}^{-1}$ , como se observa a continuación:

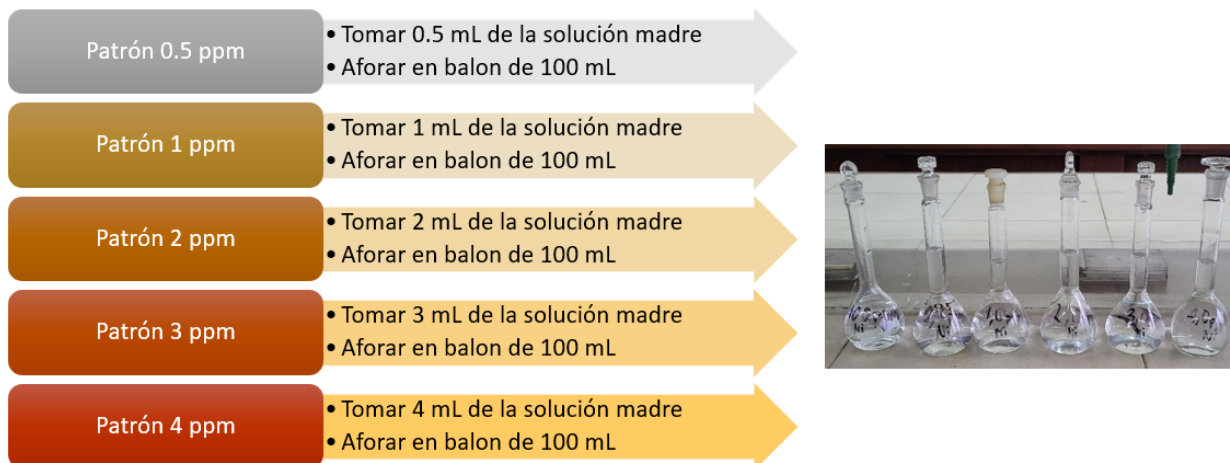
**Diagrama 1.** Preparación solución madre  $100 \text{ mg Ni (II)} \cdot \text{L}^{-1}$ .



**Nota.** Fuente propia.

Luego de preparar la solución patrón, se tomaron diferentes volúmenes para preparar las soluciones estándar de Ni y así trabajar la curva de calibración en el espectrofotómetro de absorción atómica (Shimadzu AA7000), como se observa en el diagrama 2:

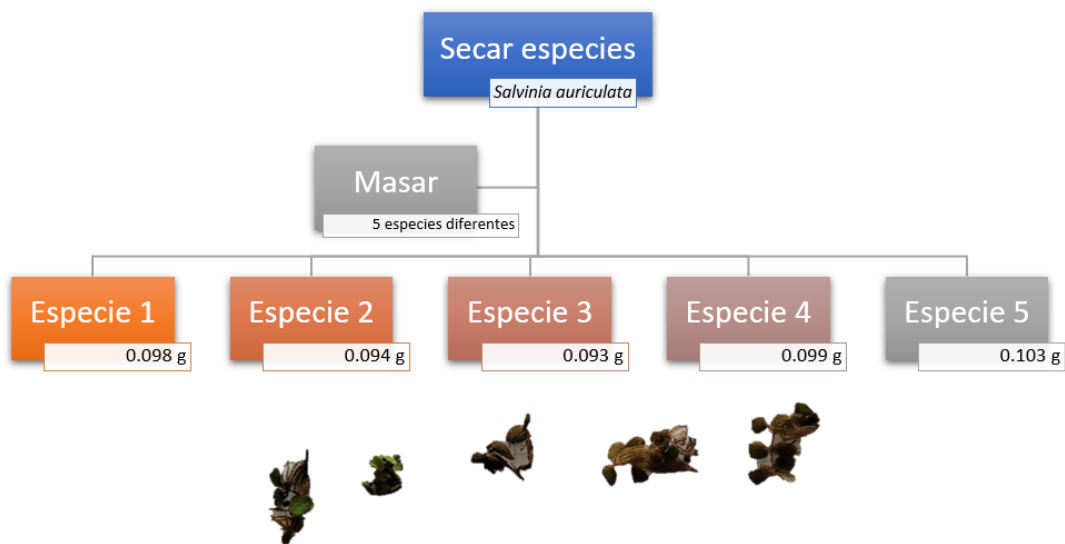
**Diagrama 2.** Preparación de patrones diluidos de Ni (II) a partir de la solución madre.



**Nota.** Fuente propia.

Seguido de este proceso, fue importante masar 5 especies diferentes de *Salvinia mínima Baker* y registrar sus masas iniciales (Diagrama 3), este proceso fue importante para reconocer la importancia de tener unas masas más grandes para el trabajo con las estudiantes y así mismo no dejar la especie tanto tiempo fuera de agua, ya que su vida fuera de su hábitat es muy corta y se debe secar suavemente con papel absorbente, masar y dejarla nuevamente en contacto con el agua.

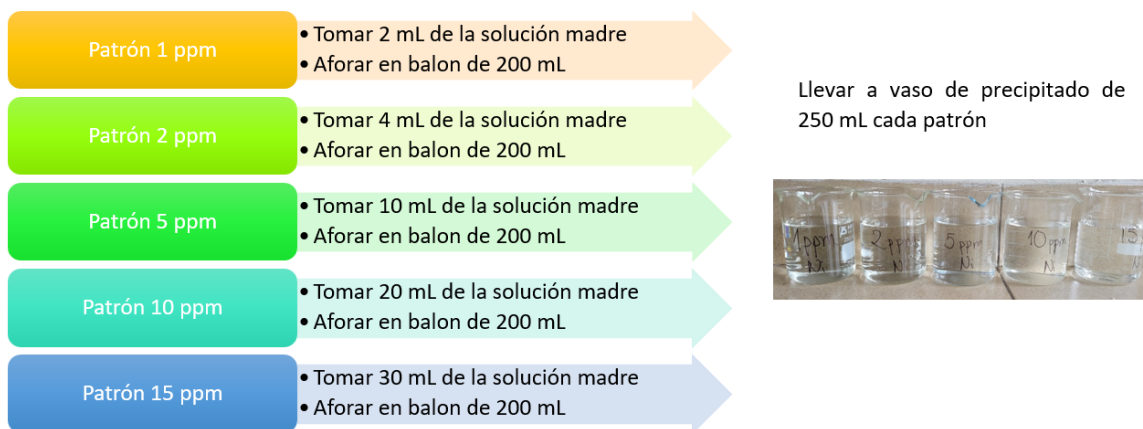
**Diagrama 3.** Masa especies *Salvinia mínima Baker*.



**Nota.** Fuente propia.

Luego de masar cada especie, se prepara a partir de la solución patrón de 100 ppm de Ni, soluciones patrones para sumergir cada una de las especies y empezar el tiempo de contacto (Diagrama 4).

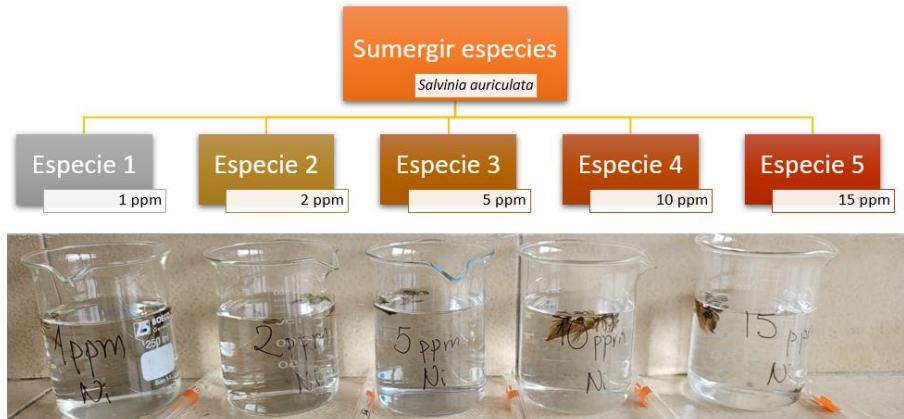
**Diagrama 4.** Preparación soluciones sintéticas de Ni (II).



**Nota.** Fuente propia.

Una vez los 5 patrones están en los vasos de precipitado, se sumergen las especies, teniendo presente la masa inicial de cada una y la concentración de cada solución por un tiempo de 6 horas (Diagrama 5).

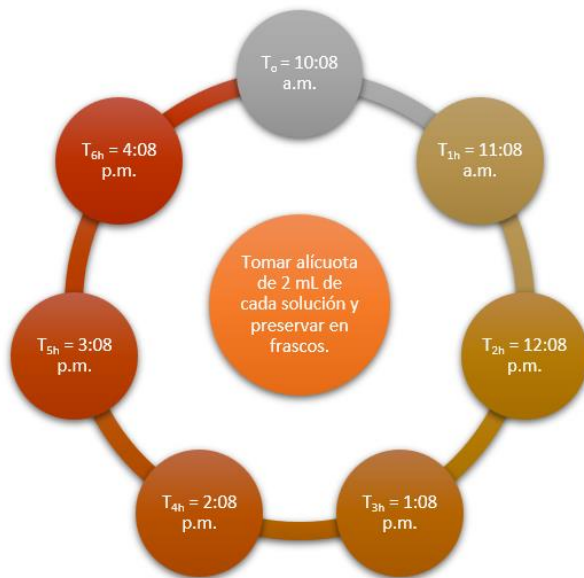
**Diagrama 5.** Sumergir especies vegetales en soluciones de Ni.



**Nota.** Fuente propia.

Una vez cada una de las especies se encuentra en la solución correspondiente, inicia el tiempo 0 de contacto y se toma una alícuota inicial, tomando alícuotas de 2 mL cada hora, hasta completar un total de 6 horas (Diagrama 6).

**Diagrama 6.** Determinación de cinética de adsorción.

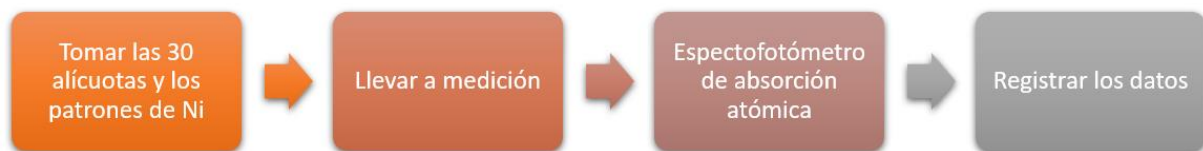


**Nota.** Fuente propia.



Una vez termino la hora 6 de tiempo de contacto, se llevaron las muestras para su medición en el espectrofotómetro de absorción atómica (Shimadzu AA7000), en el cual se leyeron las 30 muestras y se registraron los datos (Diagrama 7), es importante aclarar que los 2 mL fueron exactos para la medición, así pues, para una próxima medición es necesario tomar alícuotas de por lo menos de 5 mL.

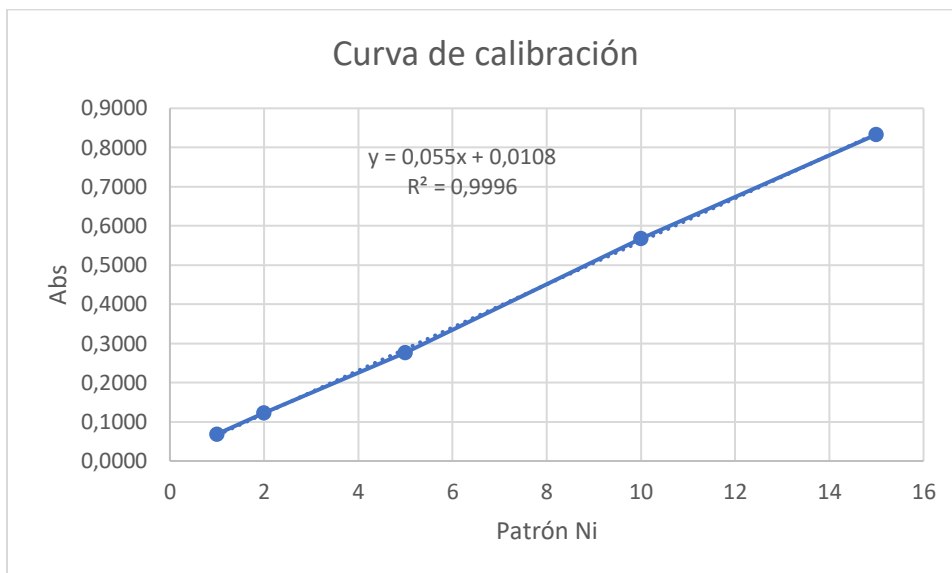
**Diagrama 7.** Lectura espectrofotómetro de absorción atómica.



**Nota.** Fuente propia.

A partir de las diferentes lecturas, se obtiene la curva de calibración, la cual permite ejecutar identificar la concentración de níquel desde la hora 0 hasta la hora 6 en cada uno de los patrones de aguas sintéticas contaminadas con Ni (II) preparados, como se observa a continuación:

**Gráfica 2.** Curva de calibración análisis previos.



**Nota.** Fuente propia.

**Tabla 9.** Resultados aguas sintéticas contaminadas con 1 mg Ni (II)\*L<sup>-1</sup>

1 ppm					
Tiempo (h)	Absorbancias	Abs - Blanco	[Ni]	% Remoción	% Retención
0	0,0691	0,0687	1,053	0,000	100,000
1	0,0538	0,0534	0,775	26,425	73,575
2	0,0580	0,0576	0,851	19,171	80,829
3	0,0581	0,0577	0,853	18,998	81,002
4	0,0571	0,0567	0,835	20,725	79,275
5	0,0552	0,0548	0,800	24,007	75,993
6	0,0542	0,0538	0,782	25,734	74,266

**Nota.** Fuente propia.

**Tabla 10.** Resultados aguas sintéticas contaminadas con 2 mg Ni (II)\*L<sup>-1</sup>

2 ppm					
Tiempo (h)	Absorbancias	Abs - Blanco	[Ni]	% Remoción	% Retención
0	0,1226	0,1222	2,025	0,000	100,000
1	0,1155	0,1151	1,896	6,373	93,627
2	0,1128	0,1124	1,847	8,797	91,203
3	0,1124	0,1120	1,840	9,156	90,844
4	0,1121	0,1117	1,835	9,425	90,575

5	0,1075	0,1071	1,751	13,555	86,445
6	0,1099	0,1095	1,795	11,400	88,600

**Nota.** Fuente propia.

**Tabla 11.** Resultados aguas sintéticas contaminadas con 5 mg Ni (II)\*L<sup>-1</sup>

5 ppm					
Tiempo (h)	Absorbancias	Abs - Blanco	[Ni]	% Remoción	% Retención
0	0,2762	0,2758	4,818	0,000	100,000
1	0,2768	0,2764	4,829	-0,226	100,226
2	0,2770	0,2766	4,833	-0,302	100,302
3	0,2732	0,2728	4,764	1,132	98,868
4	0,2691	0,2687	4,689	2,679	97,321
5	0,2694	0,2690	4,695	2,566	97,434
6	0,2594	0,2590	4,513	6,340	93,660

**Nota.** Fuente propia.

**Tabla 12.** Resultados aguas sintéticas contaminadas con 10 mg Ni (II)\*L<sup>-1</sup>

10 ppm					
Tiempo (h)	Absorbancias	Abs - Blanco	[Ni]	% Remoción	% Retención
0	0,5686	0,5682	10,135	0,000	100,000
1	0,5326	0,5322	9,480	6,459	93,541
2	0,5199	0,5195	9,249	8,737	91,263
3	0,5333	0,5329	9,493	6,333	93,667
4	0,5151	0,5147	9,162	9,598	90,402
5	0,5029	0,5025	8,940	11,787	88,213
6	0,5143	0,5139	9,147	9,742	90,258

**Nota.** Fuente propia.

**Tabla 13.** Resultados aguas sintéticas contaminadas con 15 mg Ni (II)\*L<sup>-1</sup>

15 ppm					
Tiempo (h)	Absorbancias	Abs - Blanco	[Ni]	% Remoción	% Retención
0	0,834	0,8332	14,953	0,000	100,000
1	0,7604	0,7600	13,622	8,901	91,099
2	0,7664	0,7660	13,731	8,171	91,829
3	0,7667	0,7663	13,736	8,135	91,865
4	0,7509	0,7505	13,449	10,056	89,944

5	0,7426	0,7422	13,298	11,065	88,935
6	0,7604	0,7600	13,622	8,901	91,099

**Nota.** Fuente propia.

Como se puede observar en las tablas 9, 10, 11, 12 y 13, se encuentra como la especie vegetal involucrada en cada una de las soluciones sintéticas contaminada, logra disminuir un poco el contaminante, siendo la de 1 mg Ni (II)\*L<sup>-1</sup> la que mayor porcentaje de remoción alcanza a las 6 horas de contacto, siendo de un 25,73%; sin embargo, las otras especies también logran un porcentaje de remoción bajo, pero significativo para el estudio.

A partir de lo anterior se concluye que el trabajo con las estudiantes debe realizarse con mayor masa de la especie y con soluciones con concentraciones de Ni más bajas a las trabajadas, para poder evaluar el proceso de forma eficaz, a su vez, es importante tomar el registro de contacto de una hora más larga, para así lograr el proceso de tipo de fitorremediación y poder evaluar el proceso de la especie de forma completa.

## 7.2. FASE 2

### 7.2.1. Aplicación de pretest

Para este proceso se le entrego a cada estudiante el pretest que consto de 8 preguntas, 6 de ellas tipo opción múltiple y 2 preguntas abiertas; se les indica a las estudiantes que es importante contestar cada una de las preguntas, que no tendrá una nota y que los resultados se verán al final del proceso. Las preguntas fueron seleccionadas y adaptadas del NPTAI para responder a cada uno de los criterios establecidos para la indagación, como se observa en la siguiente tabla:

**Tabla 14.** Clasificación de preguntas según categorías indagación.

Pregunta	Elementos de análisis
8	1. Formulación de preguntas.
1 y 5	2. Identificación de variables en el proceso.
6	3. Planificación del proceso.
7	4. Procesamiento de datos.
2, 3, 4 y 8	5. Análisis de datos y argumentación.

**Nota.** Fuente propia.

Durante la aplicación, algunas estudiantes demostraron un poco de inseguridad al contestar algunas preguntas, pero demostraron interés en saber más sobre las temáticas que se mencionan en la

prueba, luego de resolver el pretest de forma individual se acercaban a cuestionar entre ellas mismas las preguntas y las respuestas que habían dado en cada una de ellas.

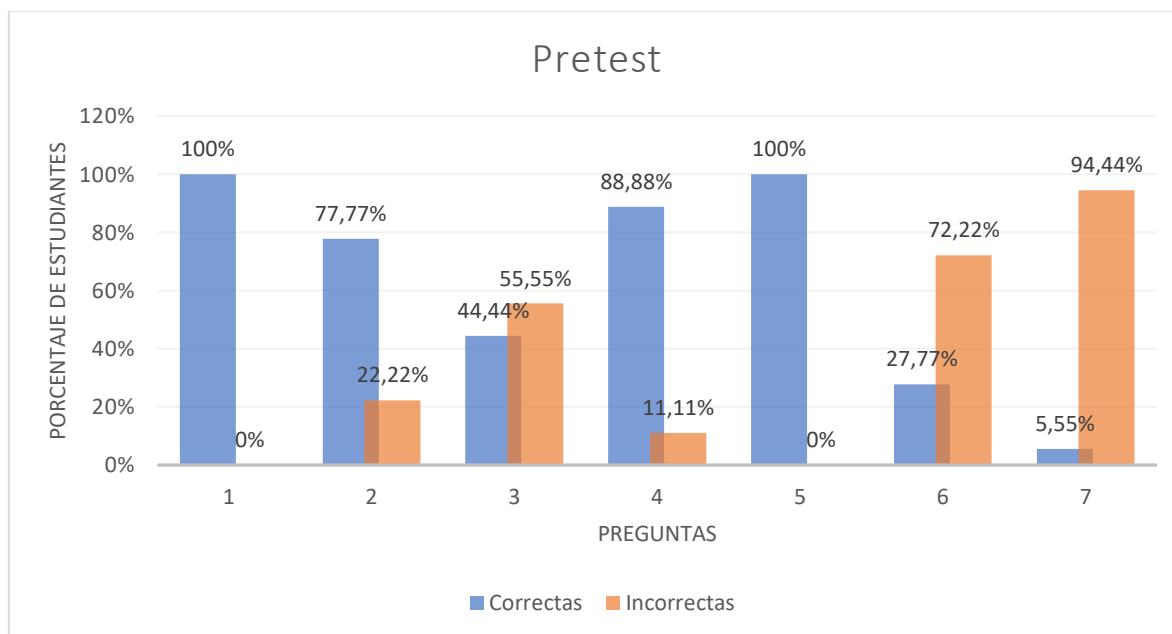
**Figura 3.** Aplicación pretest.



**Nota.** Fuente propia.

A continuación, se observan los resultados que se obtuvieron en cada una de las preguntas, es importante resaltar que hasta este momento las estudiantes no tenían ningún conocimiento sobre fitorremediación y la especie vegetal a trabajar, en la gráfica 3, se puede observar las respuestas correctas e incorrectas de la pregunta 1 a la 7, preguntas que tienen una única respuesta correcta.

**Gráfica 3.** Resultados preguntas cerradas pretest.



**Nota.** Fuente propia.




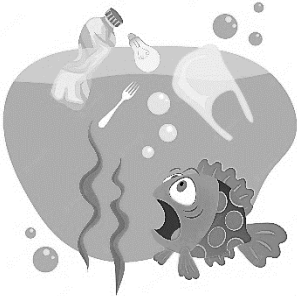
Como se puede observar en el gráfico y teniendo en cuenta la clasificación de cada una de las preguntas, se encuentran resultados favorables en las preguntas 1 y 5, las cuales pertenecen a la categoría de “Identificación de variables en el proceso”, resaltando el detalle minucioso que realizan las estudiantes en las lecturas de los problemas propuestos en cada pregunta.

También es importante resaltar como en preguntas 2, 3 y 4, se tiene ya un porcentaje de respuestas incorrectas, recordando que estas preguntas hacen parte de la categoría “Análisis de datos y argumentación”, donde se resalta la dificultad que presentan las estudiantes en el momento de analizar de forma adecuada diferentes procesos y poder razonar frente a ellos.

Para la pregunta 6, se observa un porcentaje más alto de respuestas incorrectas, identificando como les cuesta a las estudiantes la planificación de proceso, teniendo variables y siguiendo con la poca asertividad en el análisis de estos. De igual forma, se observa en la pregunta 7, resultados incorrectos con mayor porcentaje, ya que en este punto y como se observa en el Anexo 1, las estudiantes tenían una corta información para ser leída, analizada y procesada para dar respuesta correcta a ella, por esto se ven falencias en la categoría de “procesamiento de datos”, también teniendo en cuenta que hasta este momento no se tenía conocimiento sobre el proceso de fitorremediación.

Para la pregunta 8 se propuso una rutina de pensamiento, del módulo de innovación que maneja la institución educativa, la cual se ejecuta observando una imagen, escribiendo lo que se ve, se piensa y se pregunta respecto a la imagen que se está visualizando (Veo, pienso, me pregunto); como se observa a continuación:

**Figura 4.** *Pregunta 8 Pretest.*

<u>VEO-PIENSO-ME PREGUNTO</u>		
		
		

**Nota.** Fuente propia.

A continuación, se observan los resultados de cada uno de los ítems de la rutina, por parte de cada una de las estudiantes, es importante también resaltar, que estas rutinas se ejecutan de forma

rápida, no se puede exceder de un tiempo de 15 minutos y sus respuestas se socializan con el grupo para ver similitudes y diferencias entre cada estudiante.

**Tabla 15.** Resultados pregunta 8 Veo, Pienso, me pregunto - Pretest.

Estudiante	Respuesta		
	Veo	Pienso	Me pregunto
1	Un pez muriendo.	Que mal la gente que bota eso al agua y no piensa en los animales.	¿Por qué contaminan el agua? ¿Por qué todo termina en el mar?
2	Agua sucia y un pez muriendo.	Que los peces no tienen un hábitat estable.	¿Por qué hay basura en el agua? ¿Qué pasaría si llegara a ver tanta basura en el agua?
3	Mucha basura en el agua y un pez sufriendo.	El pez está muriendo por la contaminación en el agua.	¿Si en algún momento el mundo "acabara" existen métodos naturales en el mundo que "filtren" el agua y quede limpia?
4	Un pez sufriendo por la contaminación.	Los animales se van a morir si se sigue contaminando.	¿En el futuro si la gente sin conciencia vamos a seguir vivos?
5	Plástico y bombillo matando a un pez.	El pez se está muriendo por la contaminación del agua y de todos los desechos que hay en el mar.	¿Cuánto puede durar un pez con la contaminación que hay en el mar?
6	Un pez sufriendo por contaminantes como bombillo y plástico.	Veo el hábitat de un pez siendo contaminado, mientras sufre por tratar de sobrevivir.	¿Qué hacemos con los descuidos hacia nuestro ambiente?
7	Un pez que no puede respirar.	Pienso que estamos contaminando al ambiente y no tomamos conciencia sobre eso, botando residuos al agua en ríos, lagos y mares.	¿Qué pasara si no recapitamos sobre los daños que le hacemos al ambiente y a nosotros mismos?
8	Un pez lleno de contaminantes.	Son los desechos que llegan a ríos o mares contaminando a las especies que viven allí.	¿Qué métodos hay para evitar la contaminación?
9	Agua contaminada y	El plástico que está en el mar contamina el ecosistema.	¿Cómo podemos limpiar los océanos contaminados por plástico aparte de

	un pez sufriendo.		evitar el uso de plástico y no dejarlo ir hasta el océano?
<b>10</b>	Un pez con mucha basura a su alrededor.	El gua contaminado por plásticos, desechos que arroja el ser humano.	¿Cómo podemos realizar totalmente una descontaminación y evitar una contaminación masiva?
<b>11</b>	Un pez que tiene mucha basura a su lado y está muriendo.	El agua está siendo contaminada afectando la vida de las especies que habitan ahí.	¿Cuánto tiempo dura la basura en el agua?
<b>12</b>	Plástico, pez, bombillo.	El agua está contaminada con plástico, etc. afectando a los animales que habitan ahí-	¿Aproximadamente cuánto dura en degradarse la basura en el agua?
<b>13</b>	Un pez que no puede vivir.	La contaminación hídrica puede invadir el ecosistema de los animales marinos hasta poder causar su muerte.	¿Qué plantas pueden limpiar las contaminaciones hídricas? ¿Dónde se cultivan estas plantas?
<b>14</b>	Botellas que están contaminando a un pez.	Contaminación, muerte, basura.	¿Cómo podemos limpiar los mares?
<b>15</b>	Plástico, bombillo.	Pienso que el pez está muy mal por toda la contaminación que hay en el mar, gracias al ser humano y a las industrias.	¿Qué se podría hacer para que el ser humano tome conciencia al lanzar basura al mar y no pensar en la vida de los animales marinos?
<b>16</b>	Botellas, plástico y peces.	Pienso que las especies que viven en el agua se están viendo contaminadas por los diferentes materiales que son desechados en el mar.	¿A cuántos años se puede descontaminar el hábitat?
<b>17</b>	Un pez que muere.	Contaminación por vía acuática.	¿Cuánta basura al año aniquila a los seres vivos acuáticos?
<b>18</b>	Agua contaminada.	En la contaminación en los entornos acuáticos por el plástico.	¿Cómo es posible reducir esta contaminación?
<b>19</b>	Un pez que no respira por la	La contaminación del ser humano afecta a los animales de ríos y mares.	¿Cómo evitar contaminar los ríos?



	basura que tiene al lado.		
--	---------------------------	--	--

**Nota.** Fuente propia.

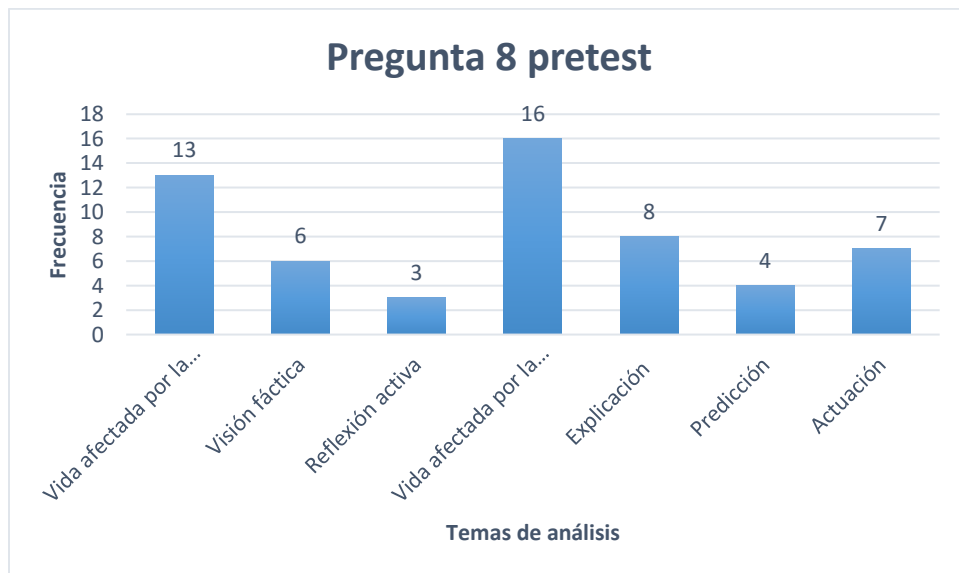
Teniendo en cuenta las respuestas dadas por las estudiantes, se realiza un análisis de contenido inicial, estableciendo temas de análisis para cada uno de los ítems de la rutina del pensamiento, como se observa en la tabla 16 y en la gráfica 4, cada tema de análisis se propone teniendo en cuenta las respuestas que da cada una de las estudiantes, se agrupa y se obtiene la frecuencia de respuestas en cada una.

**Tabla 16.** Temas de análisis pregunta 8- Pretest.

Ítem	Temas de análisis	Frecuencia
Veo	Vida afectada por la contaminación	13
	Visión fáctica	6
Pienso	Reflexión activa	3
	Vida afectada por la contaminación	16
Me pregunto	Explicación	8
	Predicción	4
	Actuación	7

**Nota.** Fuente propia.

**Gráfica 4.** Resultados temas de análisis pregunta 8, pretest.



**Nota.** Fuente propia.

Teniendo en cuenta los resultados que se obtienen en esta pregunta y haciendo una triangulación con las categorías teóricas iniciales planteadas y establecidas para cada pregunta, se resalta como en los ítems veo y pienso, una gran parte de las estudiantes se encuentran en respuestas poco reflexivas, donde se mantiene una visión fáctica de la imagen que se observa y no llevan a un proceso de análisis de la situación y no argumentan de forma eficaz la problemática y sus incidencias, con respuestas como: “Agua contaminada” o “Que los peces no tienen un hábitat estable”.

A su vez, en el ítem “me pregunto”, se observan 3 temas de análisis, en los cuales se dividen las respuestas por el tiempo de pregunta que se están haciendo las estudiantes, encontrando que la mayoría de la población se encuentran en preguntas de tipo explicativas o de actuación, teniendo en cuenta, donde encontramos preguntas como: “¿Cómo evitar contaminar los ríos?” o “¿Qué se podría hacer para que el ser humano tome conciencia al lanzar basura al mar y no pensar en la vida de los animales marinos?”; mientras que pocas estudiantes se hacen preguntas predictivas, como: “¿Cuánto puede durar un pez con la contaminación que hay en el mar?”.

Es importante reconocer que esta pregunta está establecida en las categorías teóricas de “formulación de preguntas” y “Análisis de datos y argumentación”, donde se siguen observando dificultades en las estudiantes por llevar un análisis reflexivo sobre lo que pueden observar y una argumentación propicia de la situación problema que se evidencia; a su vez, podemos encontrar preguntas poco elaboradas, que reflejan el poco interés o desconocimiento del problema observable.

### *7.2.2. Ejecución actividad 1*

Durante esta sesión de 90 min, se le entrego cada estudiante una guía con la Actividad 1, donde encontraban información sobre fitorremediación, níquel y la especie vegetal a utilizar, durante este proceso las estudiantes se mostraron motivadas, cuestionando sobre el proceso de fitorremediación y la importancia que tiene para poder remediar nuestro planeta.

El objetivo de esta sesión era concientizar a las estudiantes sobre cada uno de los aspectos mencionados y como resultado final de la sesión obtener una pregunta problema orientadora para la siguiente sesión; como se observa en el anexo 2, la guía inicia dando una corta información sobre el proceso de fitorremediación, así como la proyección y discusión de un video corto llamado: “Todo Es Ciencia - Fitorremediación” (Tomado de: <https://www.youtube.com/watch?v=qaG3RHxopDg>), el cual habla del proceso de fitorremediación y sus ventajas como biotecnología, luego de socializar esta parte, las estudiantes responden a la rutina del pensamiento, “veo, pienso, me pregunto”, obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 17.** Resultados pregunta 1. Actividad 1.

Estudiante	Respuesta		
	Veo	Pienso	Me pregunto
1	Las plantas pueden absorber los elementos tóxicos para el medio ambiente.	Cada planta es importante para la remediación de los metales y la contaminación.	¿Cómo eligen la planta a utilizar? ¿Cuánto demora cada planta en remediar?
2	Un estudio o investigación sobre las plantas que pueden absorber la contaminación en el hábitat.	Como es el proceso de las plantas que tienen esta capacidad.	¿Si estas plantas pudiesen ser usadas en un ambiente más grande para que la contaminación a nivel global disminuya?
3	Opción para evitar contaminación del agua con químicos.	Es una manera efectiva para evitar la contaminación y que sea más amigable el medio ambiente.	¿Se busca algún tipo de contaminación para que después se pueda descontaminar?
4	Plantas, agua sucia, basura, microscopio, ciencia, como las plantas ayudan a remediar el agua.	Es algo interesante ya que con esto podemos aprender más sobre la ciencia.	¿Todo tipo de planta ayuda a remediar los daños?
5	Agua, basura, tecnología, plantas, químicos.	Pienso que es algo divertido y también muy interesante.	¿Por qué hay tantos metales y para qué sirven? ¿Es muy difícil realizar este proceso de fitorremediación?
6	Uso de plantas para descontaminar.	Es algo interesante y práctico para descontaminar.	¿Las plantas se ven afectadas y pueden morir?
7	Plantas como remediadoras del planeta.	Es un proceso largo y divertido.	¿Todas las plantas pueden lograr este proceso?
8	Trata el uso de plantas que pueden estabilizar y remediar la contaminación de aguas.	Como es el proceso detallado de este método.	¿Tienen que ser plantas específicas? ¿Sirve solo para la parte acuática?

<b>9</b>	Opción para descontaminar.	Es un proceso que necesita de tiempo y de mucho estudio.	¿Solo funciona para descontaminar aguas?
<b>10</b>	Veo una solución para la contaminación por metales pesados a través de las plantas.	Es una buena alternativa.	¿Esto se puede hacer con todas las plantas?
<b>11</b>	Agua, microscopio, residuos de basura, tecnología, plantas, químicos, científicos tratando de limpiar con plantas.	Pienso que es algo ecológico para el medio ambiente.	¿Cuáles plantas ayudan a este proceso?
<b>12</b>	La base de lo que es la fitorremediación y un poco del proceso de este para recuperar ambientes contaminados.	Esta funciona para la recuperación de ambientes contaminados por medio de especies vegetales.	¿Se pueden utilizar más tipos de plantas? ¿Le puede causar algún daño a la planta?
<b>13</b>	Un video sobre el estudio de contaminantes acuáticos.	Que si se pudiera utilizar plantas acuáticas y terrestres para evitar la contaminación de aguas.	¿Cuánto dura este proceso y también cuanto tiempo puede funcionar la planta en el agua?
<b>14</b>	Método para la descontaminación.	Una manera bastante viable para evitar la contaminación de nuestro ambiente.	¿Cuánto tiempo les tomo saber todo sobre este método?
<b>15</b>	Veo que la fitorremediación es como algo que ayuda a eliminar elementos que son tóxicos.	Pienso si las plantas van a vivir por años o tienen poca vida.	¿Qué hacen con las plantas que utilizan para experimentar?
<b>16</b>	Un método para limpiar el agua con plantas acuáticas.	Puede haber una solución más sustentable para	¿Se puede limpiar la tierra de la misma forma? ¿Lastima o daña la planta?

		eliminar metales y contaminantes.	
<b>17</b>	Método para remover la contaminación.	Que tan rápido se puede realizar la descontaminación.	¿A parte de las plantas acuáticas hay otras especies para realizar este procedimiento?
<b>18</b>	Veo como a través de las plantas se puede descontaminar el agua.	Es un método con diferentes formas de realizarlo y tiene que ver con lo que este afectando, ejemplo los metales.	¿Se puede realizar con todas las plantas? ¿Qué proceso lleva este método?
<b>19</b>	Recuperación de ambientes contaminados.	El tiempo de descontaminación de este proceso es largo.	¿A parte de las plantas acuáticas, hay otras especies para realizar este procedimiento?

**Nota.** Fuente propia.

Para esta rutina, al igual que en el pretest, se realiza un análisis de contenido inicial, estableciendo temas de análisis, los cuales se observan a continuación:

**Tabla 18.** Temas de análisis pregunta 1. Actividad 1.

ítem	Temas de análisis	Frecuencia
Veo	Proceso de fitorremediación	16
	Visión fáctica	3
Pienso	Reflexión activa	13
	Visión fáctica	6
Me pregunto	Explicación	12
	Predicción	5
	Actuación	2

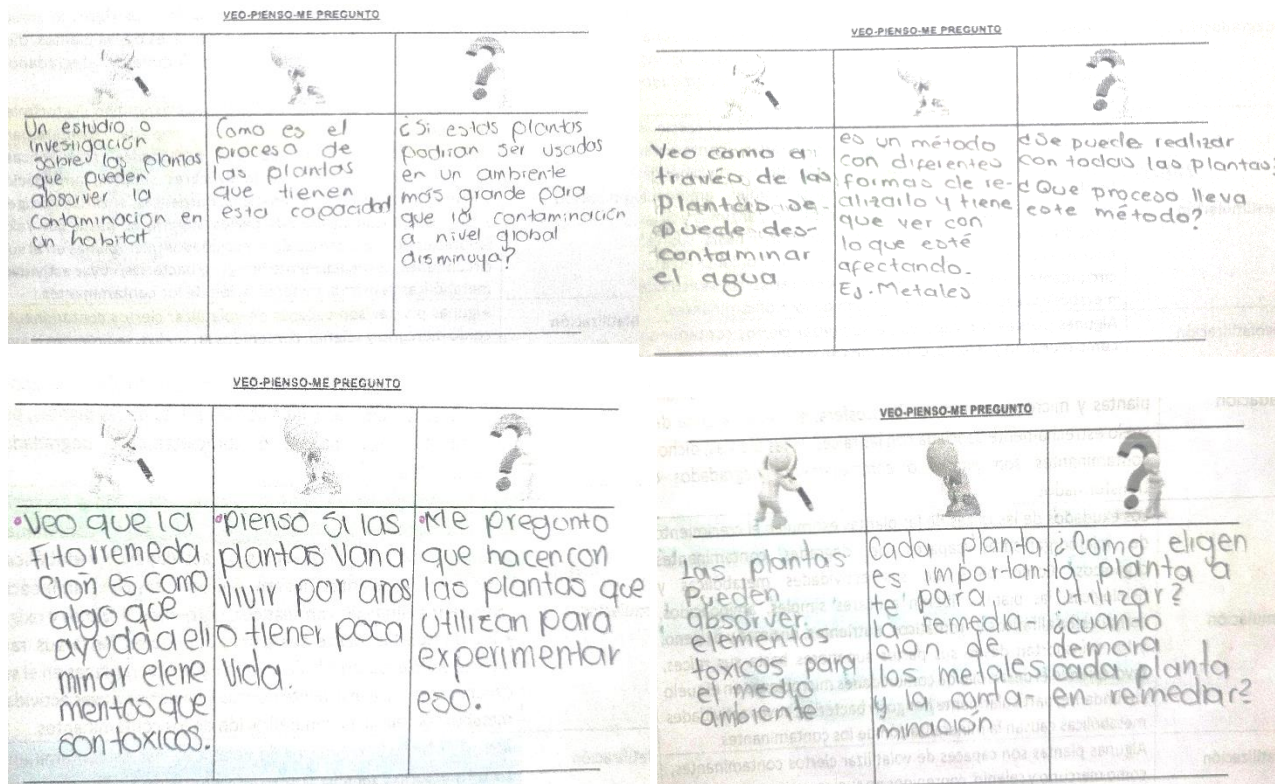
**Nota.** Fuente propia.

A partir de la agrupación de las respuestas en los diferentes temas de análisis establecidos y obtener una frecuencia de las respuestas encontradas, se puede observar como en los ítems veo y pienso, las estudiantes a partir de la información y el video observado, logran responder desde una reflexión más activa, encontrando respuestas elaboradas, como: “La base de lo que es la fitorremediación y un poco del proceso de este para recuperar ambientes contaminados” y “Es una manera efectiva para evitar la contaminación y que sea más amigable el medio ambiente”.

A su vez, se puede observar en el ítem “me pregunto”, como la mayoría de la población se encuentra en preguntas de tipo explicativas, como: “¿Qué hacen con las plantas que utilizan para

experimentar?” y “¿Tienen que ser plantas específicas? ¿Sirve solo para la parte acuática?”; haciendo preguntas un poco más elaboradas. A continuación, se observan algunas evidencias de las respuestas anteriormente mencionadas:

Figura 5. Algunos resultados pregunta 1. Actividad 1.



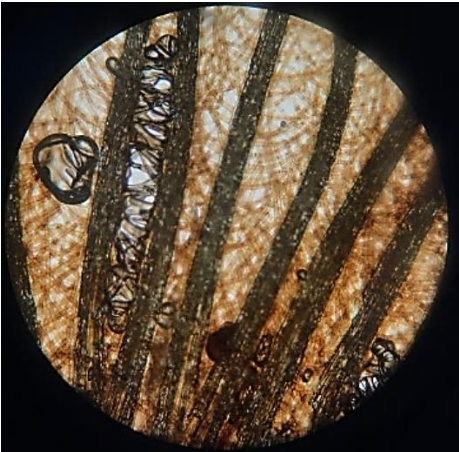


Nota. Fuente propia.

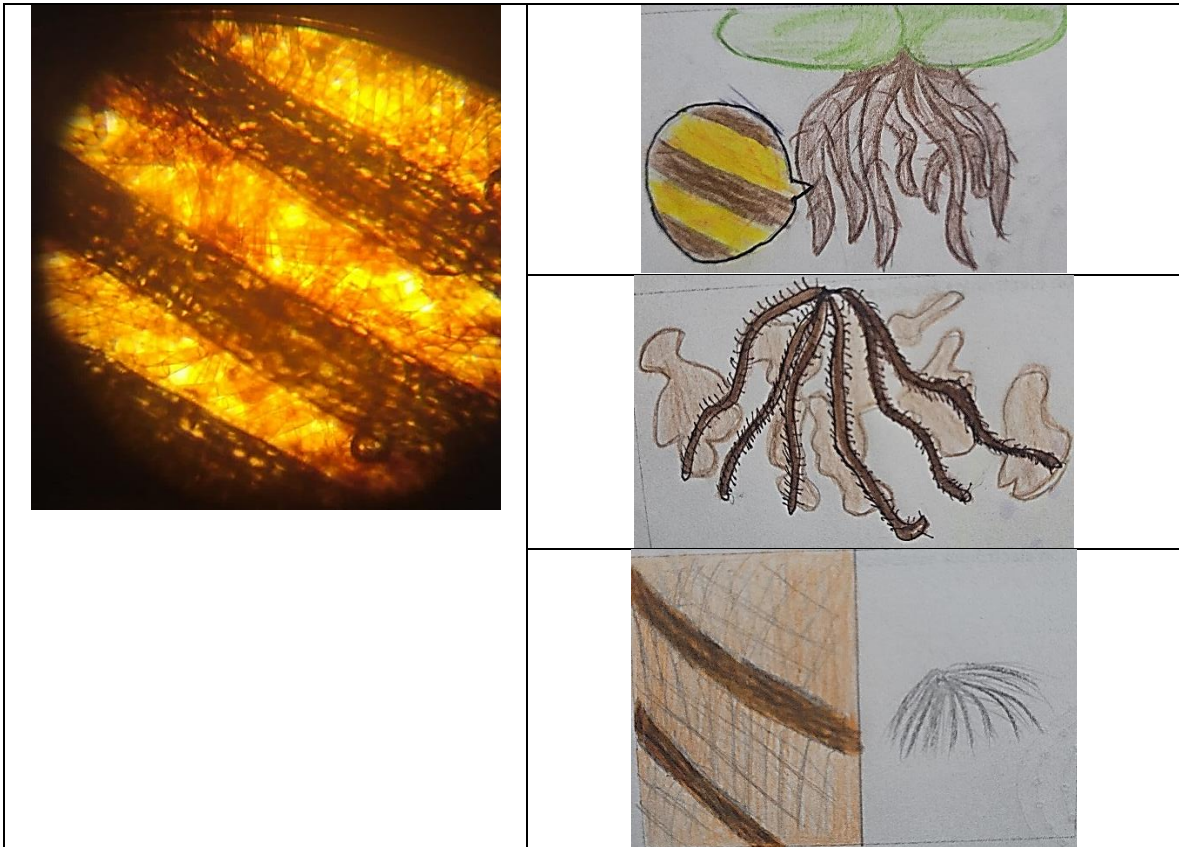
Luego de esta pregunta, las estudiantes se encontraban con una pequeña descripción de la especie vegetal “*Salvinia mínima Baker*”, la cual las invitaba a observar la especie en el microscopio y dibujar lo que observaban en el proceso; motivando e incentivando el proceso de indagación, ya que eran ellas quienes tomaban la especie y hacen el montaje propicio para poder observar las hojas y la raíz de la especie.

A continuación, se puede observar en la tabla 19 una imagen real tomada de la especie en el microscopio y algunos de los dibujos realizados por parte de las estudiantes, donde se puede comparar lo que observaban y lo que pudieron graficar durante el proceso; es importante reconocer como las estudiantes durante este proceso, se observaron interesadas por conocer más a la especie, reconocer sus partes en el microscopio.

A su vez se resalta la similitud que se observa en los dibujos con la imagen real, demostrando en las estudiantes un proceso de observación y análisis detallado en el proceso, el uso de su creatividad y pensamiento racional para graficar con precisión los detalles que se estaban observando.

**Tabla 19.** Algunos resultados pregunta 2 (Raíz). Actividad 1.

<b>Raíz</b>	
<b>Imágenes reales</b>	<b>Dibujos estudiantes</b>
	
	



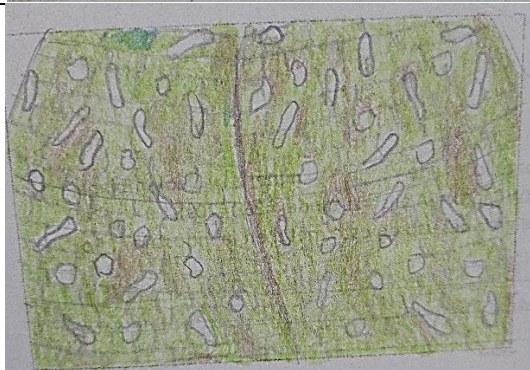
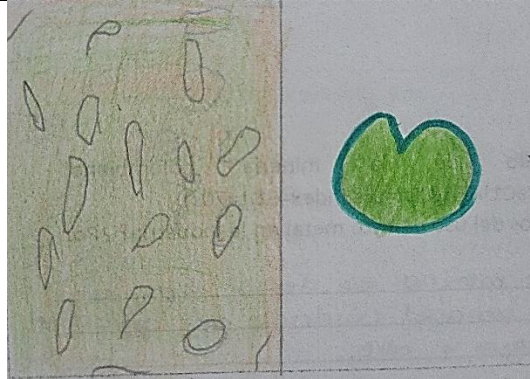
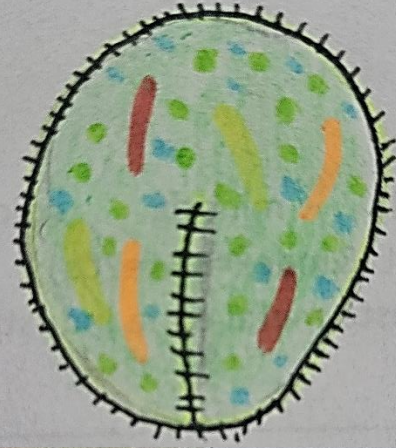
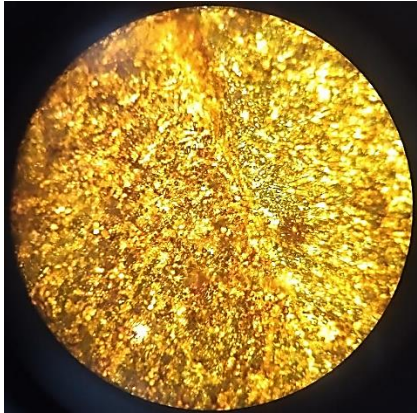
**Nota.** Fuente propia.

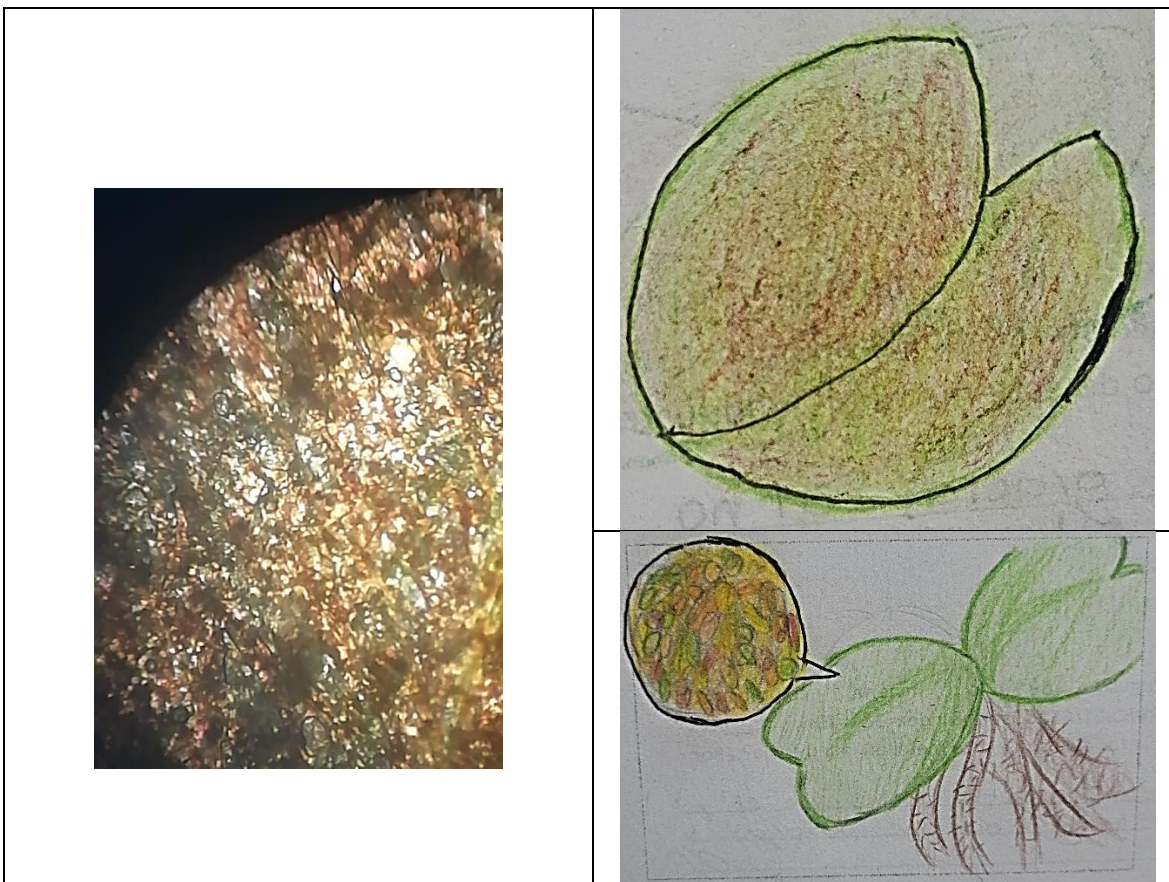
A su vez, en la tabla 20 se pueden observar algunos de los dibujos realizados en el proceso en cuanto a las hojas de la especie, se resalta el uso de colores y detalles para tratar de ilustrar lo más semejante posible lo observado en el microscopio.

**Tabla 20.** Algunos resultados pregunta 2 (Hojas). Actividad 1.

Hojas	
Imágenes reales	Dibujos estudiantes







**Nota.** Fuente propia.

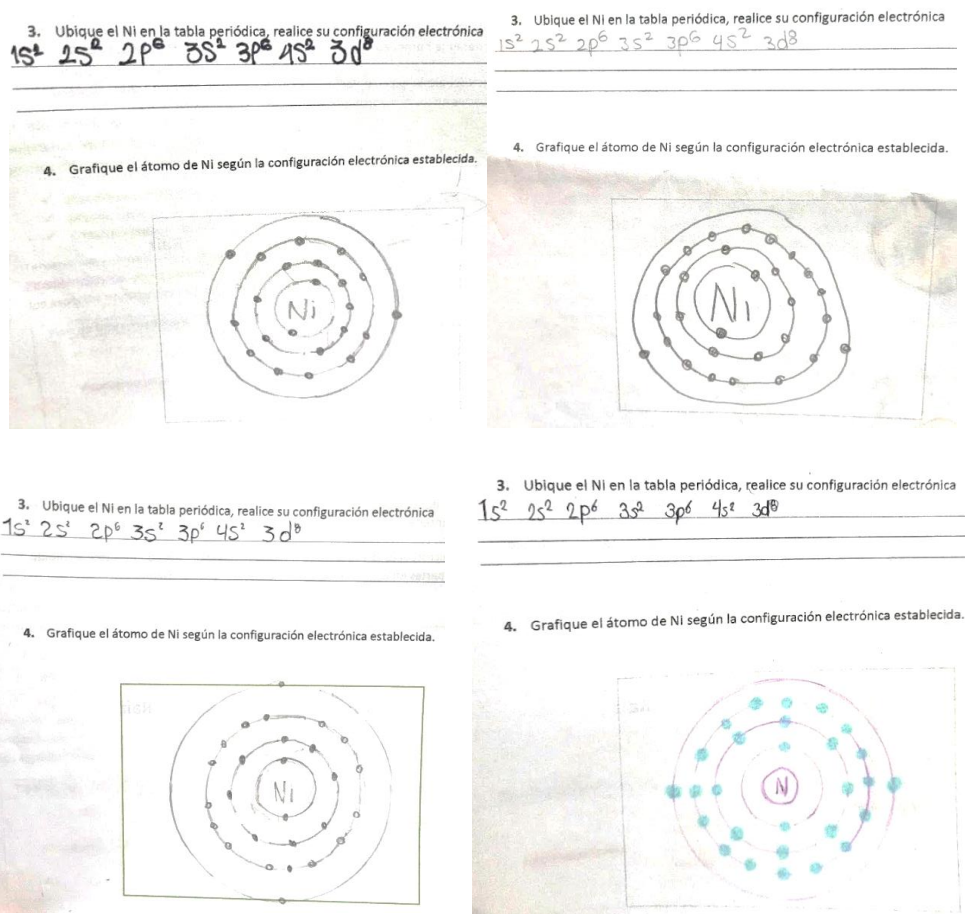
En una tercera y cuarta parte de la sesión, se habló un poco sobre el níquel como metal pesado, para hacer un pequeño acercamiento, se le solicitó a cada estudiante que realizaran la configuración electrónica del elemento, con ayuda de la tabla periódica y a su vez que graficaran el átomo del elemento según la configuración que establecieron.

En este momento se logró evidenciar algunas falencias, ya que, aunque es una temática que las estudiantes ven en grado séptimo, en este momento, poco recuerdan el proceso para establecer la configuración electrónica, por lo cual se realiza por parte de la docente, una breve explicación sobre el proceso y la forma adecuada de leer el diagrama de Moeller, identificando nivel de energía más alto, electrones de valencia y la capacidad máxima de cada orbital atómico.

Después de este proceso, para las estudiantes fue importante hacer la configuración electrónica de otros elementos y tratar de graficar el átomo para poder recordar de forma más práctica este proceso, fomentando en ellas, el procesamiento de datos y la solución de problemas, así como un razonamiento matemático, fortaleciendo la habilidad de indagación, en el momento en el que planea y procesa de forma minuciosa cada paso.

A continuación, se observan algunos de los resultados que se obtuvieron en este proceso:

**Figura 6.** Algunos resultados pregunta 3 y 4. Actividad 1.



**Nota.** Fuente propia.

Es importante resaltar como la mayoría de las estudiantes eran conscientes de que en el país no se menciona mucho sobre la contaminación por níquel, haciendo relevantes a otros contaminantes que, aunque son importantes, también es importante conocer un poco más sobre este metal pesado.

En la pregunta 5 de la actividad, se observa el video: "Níquel, orgullo de la minería colombiana" (Tomado de: <https://www.youtube.com/watch?v=MRWCaC1JAEA&t=1s>); con el objetivo de cada una de las estudiantes reconozca la importancia de examinar los peligros de usar este metal en la industria, respondiendo a la pregunta: ¿Consideras importante reconocer los peligros del uso de este metal en la industria? ¿Por qué?

A continuación, se puede observar las respuestas que se obtuvieron por parte de las estudiantes:

**Tabla 21.** Resultados pregunta 5. Actividad 1.

Estudiante	Respuesta
1	Si, porque el mal uso y la mala protección provoca que el agua se infecte y las personas lleguen a tener enfermedades.
2	Si, porque puede causar varios problemas a la humanidad.
3	Si, ya que sus consecuencias producen sustancias cancerígenas en los seres vivos (sustancias que causan cáncer).
4	Si, es peligroso porque puede causar enfermedades como el cáncer.
5	Si, porque pudiésemos estar contaminando, dañando, etc., sin darnos cuenta y esto podría afectar muchas cosas.
6	Si, ya que sus peligros producen problemas a la sociedad.
7	Si, ya que producen problemas a la sociedad.
8	Si, ya que sus peligros pueden ser cancerígenos en el humano (sustancias que causan cáncer).
9	Si, porque sus peligros pueden causar cáncer.
10	Si, porque es muy usado en la industria sin conocer sus consecuencias para el medio ambiente, si se diera más información y atención al tema no se presentaría su producción de manera ilegal y con mayor importancia hacia el ecosistema, además los consumidores lo tendrían más en cuenta.
11	Si, ya que este metal al ser pesado hace que el ambiente se contamine y provoca que las personas se puedan enfermar.
12	Si, ya que sus peligros pueden causar consecuencias para la humanidad.
13	Si, porque para evitar accidentes gracias al no conocimiento de los peligros del níquel el cual se usa para hacer metal y es explotado en la minería.
14	Si, porque creamos conciencia ambiental con seguridad para nosotros y en nuestro entorno.
15	Considero que sí, porque la minería ilegal no conoce sus peligros al usarlo de mala forma.
16	Si, porque así mismo se encuentra la seguridad de sus empleados, la sustentabilidad de la tierra, el aire y el agua.
17	Si, ya que hacemos mal uso de este metal y se empieza a contaminar el ambiente.
18	Si, ya que parte de este tipo de minería es ilegal y es ahí donde no se cumplen ciertas normas para el cuidado del ambiente y terminan contaminando el agua y aire.
19	Si, porque usamos mal el níquel haciendo que se empiecen a contaminar los ríos, etc.

**Nota.** Fuente propia.

Para este puntose realiza establecen 3 temas de análisis, en los cuales se agrupan las 19 respuestas dadas por las estudiantes, como se observa a continuación:

**Tabla 22.** Temas de análisis pregunta 5. Actividad 1.

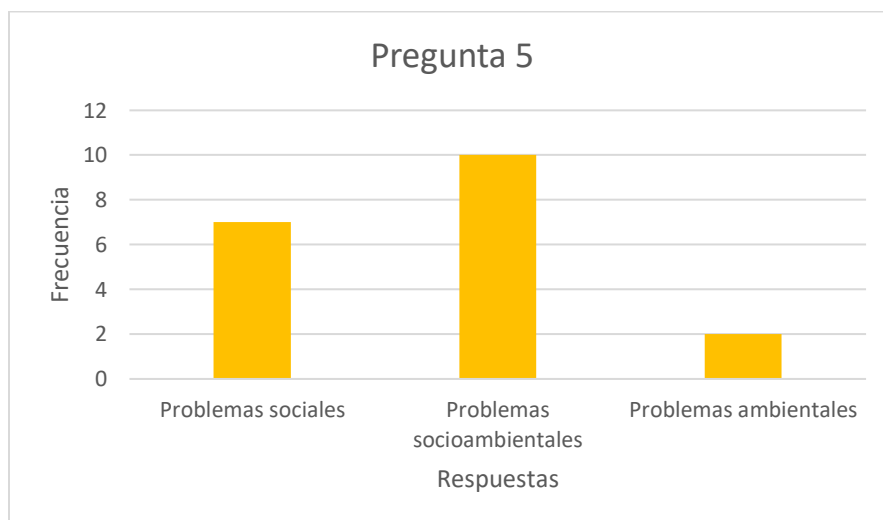
ítem	Temas de análisis	Frecuencia
------	-------------------	------------

Respuestas	Problemas sociales	7
	Problemas socioambientales	10
	Problemas ambientales	2

**Nota.** Fuente propia.

A partir de este análisis y como se observa en la gráfica 5, la mayoría de las estudiantes se encuentran en una respuesta de tipo socioambiental, involucrando al ser humano con los problemas ambientales, sus decisiones y la poca conciencia ambiental que se tiene en la actualidad, identificando variables y argumentando desde su punto de vista, el peligro del desconocimiento sobre este metal y su minería a nivel socioambiental.

**Gráfica 5.** Resultados pregunta 5. Actividad 1.



**Nota.** Fuente propia.

Al final de la guía, cada estudiante de manera individual debía redactar una pregunta problema orientadora como pauta inicial para el trabajo cooperativo a realizar en las próximas sesiones, como se observa en la tabla 23, con el fin de tener claridad sobre lo que desean resolver al final del trabajo experimental, teniendo en cuenta la especie vegetal y el níquel como contaminante inorgánico.

**Tabla 23.** Resultados pregunta 6. Actividad 1.

Estudiante	Respuesta
1	¿Cómo es el proceso para que la planta logre remediar el ambiente dañado?
2	¿Por qué el níquel no es estudiado en Colombia?
3	¿Va a salir bien este proyecto al final?
4	¿Por qué no se ha estudiado el níquel en Colombia?

5	¿Qué significa Fito en griego? ¿Por qué no se estudió el níquel en Colombia como los otros elementos?
6	¿Por qué en los demás países no se estudia o no es tan reconocido el níquel?
7	¿Por qué no han estudiado en Colombia el níquel?
8	¿Se podría realizar este procedimiento de descontaminación a gran escala, para grandes fuentes de agua contaminadas?
9	¿Qué tan contaminante puede llegar a ser el níquel? ¿La fitorremediación que tan efectiva puede llegar a ser?
10	¿Por qué no han estudiado el níquel?
11	¿Tendrá el níquel utilidad en otras cosas?
12	¿Se puede quitar la toda la contaminación de un río?
13	¿Para qué sirve exportar el níquel a nivel internacional?
14	¿Podemos descontaminar un caño o una parte de él aquí en Bogotá?
15	¿Cómo se utiliza correctamente el níquel para no contaminar?
16	¿Cuál fue el paso a paso de este método y cuánto demoro?
17	¿Cuáles son las cantidades de contaminación por el níquel en Colombia?
18	¿Podemos usar el Acordeón de agua para limpiar mares, ríos y afluentes con altos niveles de contaminación?
19	¿Se puede utilizar la especie para descontaminar ríos?

**Nota.** Fuente propia.

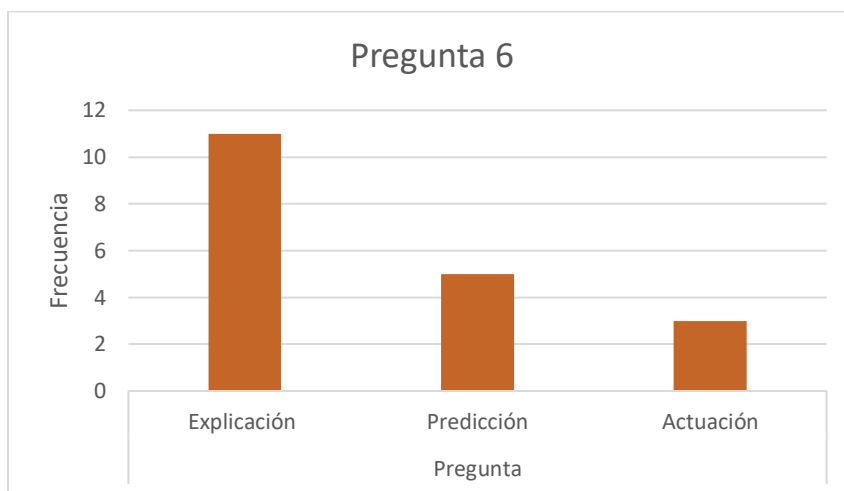
A partir de las preguntas planteadas por las estudiantes se establecen tres temas de análisis (Tabla 24) para agrupar las respuestas y analizar la formulación de preguntas y el análisis que hasta el momento llevan las estudiantes en su proceso, observando como las estudiantes a medida del proceso se siguen manteniendo en preguntas de tipo explicativas, donde más del 50% de la población se mantiene, como se observa en la gráfica 6.

**Tabla 24.** Temas de análisis pregunta 6. Actividad 1.

ítem	Temas de análisis	Frecuencia
Pregunta	Explicación	11
	Predicción	5
	Actuación	3

**Nota.** Fuente propia.

**Gráfica 6.** Resultados pregunta 6. Actividad 1.



**Nota.** Fuente propia.

Es importante resaltar que las preguntas de tipo explicativo son fundamentales en el proceso para conocer más sobre la fitorremediación, sus pros y contras, así como la importancia de reconocer al níquel como un contaminante importante; resaltando preguntas de las estudiantes como: “¿Qué tan contaminante puede llegar a ser el níquel? ¿La fitorremediación que tan efectiva puede llegar a ser?”; cuestionamientos más elaborados que favorecen el proceso de indagación de las estudiantes.

### *7.2.3. Experimentación por parte de las estudiantes.*

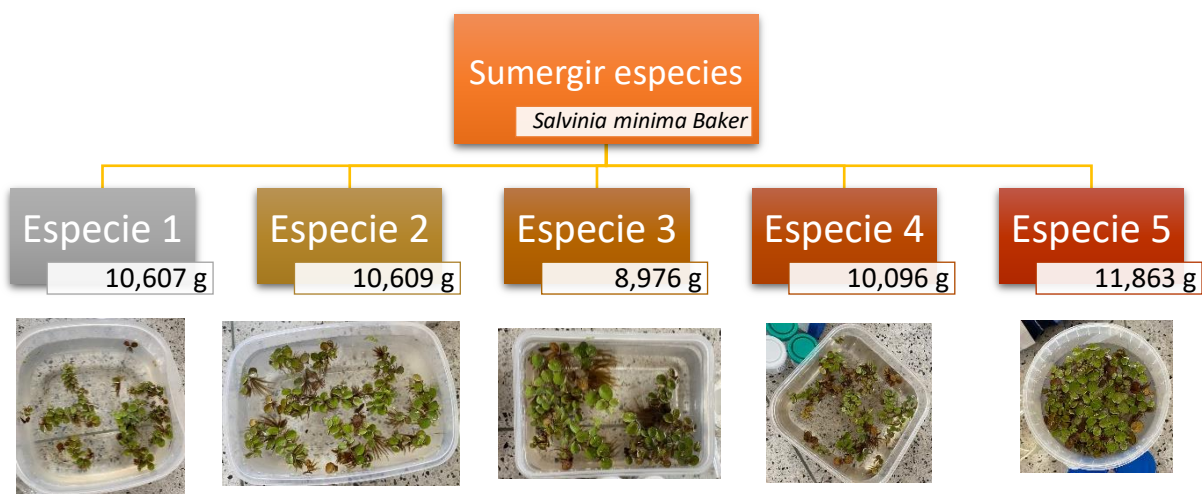
La experimentación inicia con la formación de 5 grupos de laboratorio, siendo las estudiantes quienes de forma autónoma deciden como agruparse; seguido se realiza una concientización de la importancia de la especie, sus cuidados y usos, donde las estudiantes realizaron su propia investigación y socialización; seguido a cada grupo de estudiantes se le hizo responsable de una de las especies ya masadas por la investigadora, como se observa en el diagrama 8.

**Figura 7.** Formación de grupos de laboratorio estudiantes.



**Nota.** Fuente propia.

**Diagrama 8.** Especies *Salvinia mínima Baker* (Estudio estudiantes).



**Nota.** Fuente propia.

Como se mencionó en la fase metodológica 1, por cuestiones de prevención y seguridad para las estudiantes, las soluciones de Ni preparadas por la investigadora, no se utilizan con ellas, sin embargo, se realiza un montaje y una simulación con agua para la preparación de las tomas de alícuotas de 5 mL y la conservación de ellas en recipientes previamente marcados por parte de las estudiantes, como se observa en la figura 8.

Durante este proceso las estudiantes iban registrando la toma de muestras cada 15 minutos con ayuda de una pipeta graduada de 5 mL por grupo, una vez tomaban la muestra, depositaban está en recipientes pequeños que ellas habían marcado con anterioridad; durante este proceso, las



estudiantes iban generando preguntas, tales como: ¿Por qué no se pudo utilizar el níquel?; ¿Cuánto tiempo iba a estar la especie sumergida en el contaminante?; ¿Cambiaría el estado físico de la especie?

Una vez cada grupo tenía el registro de las horas y sus muestras debidamente marcadas, se les explico que, en la parte experimental real, las muestras debían ser acidificadas, para conservarse y leer luego en el equipo llamado espectrofotómetro de absorción atómica, el cual se les iba a mostrar en la próxima sesión.

**Figura 8.** *Proceso experimental estudiantes.*

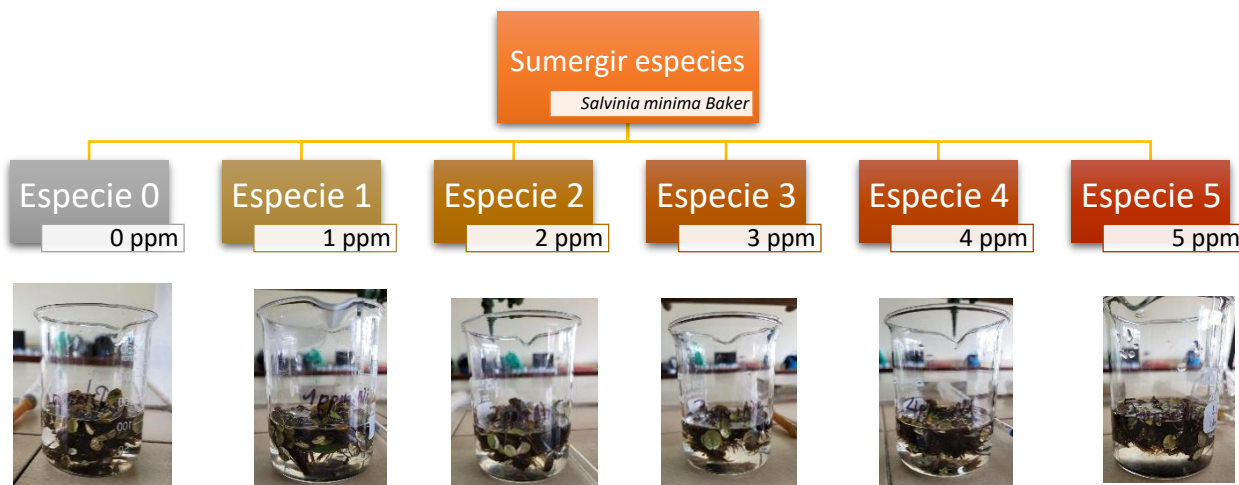


**Nota.** Fuente propia.

La parte experimental real con soluciones sintéticas contaminadas con níquel se realiza por parte de la investigadora, los pasos que se realizan son los mismos de la fase 1, en los estudios de análisis previos por parte de la investigadora; para este momento, se toman 6 especies vegetales de masas

diferentes, para realizar el proceso durante 24 horas, las especies trabajadas y sus concentraciones se pueden observar en el diagrama 9.

**Diagrama 9.** *Especies trabajo experimental real.*



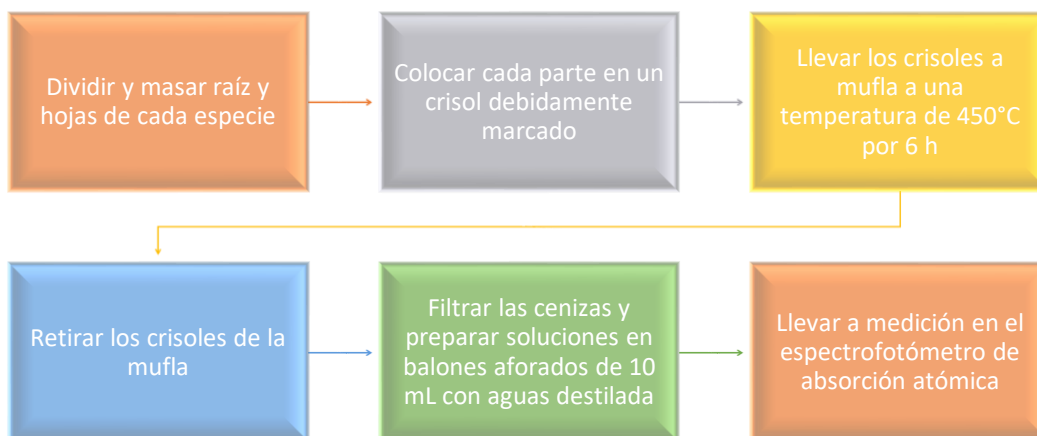
**Nota.** Fuente propia.

Se tomaron alícuotas de 5 mL y se acidificaron con  $\text{HNO}_3$  hasta un pH aproximado de 2, para su conservación y su posterior lectura en el equipo, una vez se tenían las 48 muestras listas, se realizó la correspondiente lectura (Figura 9); Para este proceso se realizó una toma fotográfica para él se diseñó un video: “Video práctica real” (Monroy, A. 2022, 5min; tomado de: [https://youtu.be/BIqq\\_HJhLM](https://youtu.be/BIqq_HJhLM)), con el cual las estudiantes lograran visualizar el proceso real, haciendo diferentes pausas respecto a cada uno de los momentos y resolviendo las dudas que iban surgiendo en el transcurso de la proyección del mismo.

Durante este momento, surgieron preguntas como: ¿Qué paso con las especies?, ¿Cómo se sabe si el contaminante desapareció del agua?, ¿Qué se hizo con los desechos?, ¿Cómo funciona el equipo?, ¿Cambio el color de las hojas de las especies?, todas estas preguntas se iban despejando para dar claridad sobre el proceso.

Durante la reproducción del video (Monroy, A. 2022, 5min; tomado de: [https://youtu.be/BIqq\\_HJhLM](https://youtu.be/BIqq_HJhLM)), se puede observar el proceso para valorar el tipo de fitorremediación que hace la especie vegetal, se les comunica a las estudiantes que, para saber el proceso, las especies debían ser retiradas de la solución, dividir sus partes, hacer un proceso de calcinación en mufla y preparar soluciones con las cenizas para ser medidas en el espectrofotómetro y observar sus absorbancias en raíz y tallo, como se observa en el diagrama 10.

**Diagrama 10.** Paso a paso tipo de fitorremediación.



**Nota.** Fuente propia.

**Figura 9.** Parte experimental real, soluciones sintéticas de Ni (II).



**Nota.** Fuente propia.

#### 7.2.4. Ejecución de la V Heurística de Gowin

Para el análisis del trabajo realizado con la estrategia didáctica (V heurística de Gowin), se realiza una categorización de los diferentes apartados, de acuerdo con los elementos de análisis teóricos planteados desde el inicio de la investigación para la habilidad de indagación (Tabla 6); de acuerdo

con ello, se realiza un análisis a partir de descriptores cualitativos que se repiten en las respuestas de las estudiantes.

Es importante aclarar que esta estrategia no se evalúa o se analiza de acuerdo con respuestas acertadas o erróneas, ya que se utilizó como una actividad de aula para analizar el avance de las estudiantes en los diferentes elementos de análisis propuestos.

**Tabla 25.** Categorización V Heurística de Gowin

Elemento de análisis		ítem
<b>Formulación de pregunta</b>		<b>Pregunta:</b> La pregunta a ser contestada durante el laboratorio está claramente identificada y presentada.
<b>Identificación de variables en el proceso.</b>		<b>Evento / Acontecimiento:</b> Independientemente identifica y claramente define cuáles acontecimientos o eventos se iban a presentar durante el proceso.
<b>Dominio conceptual</b>	<b>Identificación de variables en el proceso.</b>	<b>Conceptos:</b> Una representación profesional y precisa de los datos de forma organizada y legible.
		<b>Principios:</b> Todos los principios están descritos claramente con todos los detalles relevantes.
		<b>Teorías / Leyes:</b> Presenta un preciso y minucioso entendimiento de las teorías y leyes científicas esenciales en el laboratorio.
<b>Dominio metodológico</b>	<b>Planificación del proceso.</b>	<b>Registros:</b> Se evidencian todos los cálculos y los resultados son correctos y están etiquetados apropiadamente.
	<b>Procesamiento de datos.</b>	<b>Transformaciones:</b> La relación entre las variables es discutida y analizada lógicamente; las predicciones son hechas sobre lo que podría pasar si parte del laboratorio cambiara.
	<b>Análisis de datos y argumentación.</b>	<b>Afirmación sobre el conocimiento / Conclusiones:</b> La conclusión y las afirmaciones incluyen los descubrimientos que responden a la pregunta planteada, posibles fuentes de error y lo que se aprendió del experimento.

**Nota.** Fuente propia.

Mientras la investigadora da a conocer el video (Monroy, A. 2022, 5min; tomado de: [https://youtu.be/BIqq\\_HJhLM](https://youtu.be/BIqq_HJhLM)), de los procedimientos realizados en el laboratorio con las especies, como se mencionó en el apartado anterior, las estudiantes por grupos de laboratorio iban

ejecutando la V heurística de Gowin (Figura 10 y 11), la cual arrojo los siguientes resultados que fueron tabulados en la tabla 26:

**Tabla 26. Resultados V heurística de Gowin**

	Grupo				
	1	2	3	4	5
<b>Pregunta</b>	¿Cómo afectan las sustancias que contienen níquel en especies vegetales, como la oreja de ratón?	¿Qué tan grande es el impacto que tiene el níquel en el medio ambiente?	¿Qué sucede con las plantas después del proceso de fitorremediación en soluciones contaminadas con níquel?	¿Existen más procedimientos?	¿Cómo limpiar aguas contaminadas con níquel en la vida cotidiana poniendo en práctica lo aprendido en el taller Químexperia?
<b>Evento / Acontecimiento</b>	La oreja de ratón plateada es una especie botánica encontrada en el norte mexicano. Puede ser usado como aperitivo, laxante y propiedad relajante	Proceso de fitorremediación con una especie vegetal flotante para descontaminar aguas que tienen Ni	Conocimiento del níquel, Proceso de Fitorremediación y la planta	Reconocer como las aguas se contaminan con níquel y un proceso innovador para descontaminarlas como la fitorremediación	La fitorremediación con Acordeón de agua para descontaminar aguas que tienen níquel.
<b>Conceptos</b>	¿Qué es el níquel?: Son usados para colorear cerámicas, fabricar bacterias y como catalizador, que acelera la velocidad de reacciones químicas. El níquel es un metal con propiedades magnéticas encontrado en casi todo tipo de tierras	El níquel es un metal plateado, blanco, duro pero flexible, que ocurre naturalmente y es encontrado en casi todo tipo de tierra	El níquel y la fitorremediación	níquel, planta, fitorremediación, oreja de ratón, desintoxicación	<b>Níquel:</b> Es un metal del grupo de los elementos de transición de color blanco, plateado, brillante, duro, maleable. <b>Oreja de ratón:</b> <i>Dichondra agentea</i> , oreja de ratón, plateado, es una especie botánica del género <i>dichondra</i> , la cual pertenece a la familia de las convolvuláceas
<b>Registros</b>	<b>Masa Inicial:</b> 8,976g <b>Masa final:</b> 7,707g <b>Masa de hojas:</b> 1,200g <b>Masa raíz:</b> 2,213g	<b>Masa Inicial:</b> 6,474g <b>Masa final:</b> 10,609g <b>Masa de hojas:</b> 1,608g <b>Masa raíz:</b> 4,065g	<b>Masa Inicial:</b> 9,948g <b>Masa final:</b> 11,863g <b>Masa de hojas:</b> 3,094g <b>Masa raíz:</b> 2,567g	<b>Masa Inicial:</b> 8,217g <b>Masa final:</b> 10,096g <b>Masa de hojas:</b>	<b>Masa Inicial:</b> 7,559g <b>Masa final:</b> 10,607g <b>Masa de hojas:</b> 2,154g <b>Masa raíz:</b> 3,065g



				1,658g <b>Masa raíz:</b> 3,124g	
<b>Principios</b>	Fitorremediación, concentración de níquel, descontaminación de agua	El uso del níquel se remonta aproximadamente al siglo IV A.C. generalmente junto con el Cobre ya que aparece con frecuencia en los minerales de este metal	La fitorremediación consiste en el proceso de utilización de las plantas, para la descontaminación del agua	La toxicidad del níquel y la minería de Colombia de este mismo	Fitorremediación: La concentración de diversos compuestos a partir de procesos bioquímicos realizados por las plantas y microorganismos asociados a ellas
<b>Transformaciones</b>	Sin importar el color verde de las hojas en la planta, aun teniendo solución de níquel, su coloración no cambia de un día a otro	Distintos cambios en la planta como el cambio de su color	La planta no cambió físicamente, aunque sí se presentó la adsorción del níquel	No tuvo cambios	Físicamente la coloración de la oreja de ratón no cambió
<b>Teorías / Leyes</b>	Concentraciones, absorbancia, transformación, tecnologías limpias, fitorremediación, concentración de níquel, descontaminación de aguas	Es un elemento químico que, con el mal uso, puede causar daños graves. Las altas concentraciones del níquel en los suelos pueden dañar a las plantas y en aguas superficiales puede disminuir el crecimiento de las algas	Concentraciones, absorbancia, transformación y tecnologías limpias. La planta no tendría un segundo uso para la descontaminación del agua. Cuidar correctamente la planta para que pueda realizar un mejor proceso de metabolización, obteniendo la suficiente energía con el objetivo de lograr el proceso de fitorremediación	Tecnologías limpias, concentraciones, absorbancia, transformación. Un buen cuidado y ser delicado con la planta	Concentraciones, absorbancia, transformación, tecnologías limpias. Fitorremediación la concentración de diversos compuestos a partir de procesos bioquímicos realizado por plantas
<b>Afirmación sobre c. / Conclusiones</b>	Finalmente, concluimos que la planta con 3ppm tuvo que ser separada (hojas y raíz) para hacer la prueba de níquel, y se observó que solo la raíz quedó sin concentración, mientras que las	Se puede calcular de una sustancia su remoción, retención, y concentración a partir de la absorbancia	La oreja de ratón cumplió con su proceso de fitovolatilización sin obtener cambios físicos	La disminución del níquel y el largo proceso de esta planta hasta morir y hacer su misión	Se retiró completamente el contaminante de la solución mediante la fitovolatilización quedando 1ppm en 0 a las 24 horas

	hojas tuvieron un porcentaje de 0,358 de níquel				
--	---	--	--	--	--

**Nota.** Fuente propia.

**Figura 10.** Ejecución V heurística de Gowin grupo 3.

3 ppm

**QUÍMEXPERIA**

Docente: María Alejandra Monroy Tovar

Objetivo general: Implementar el modelo de mini proyectos con estudiantes de grado octavo y noveno del taller Integrado Químexperia del Instituto Clara Fey, empleando la fitorremediación con Oreja de ratón (*Salvinia auriculata*) para la remoción de Ni (II) en aguas residuales.


**ACTIVIDAD 2**

PARTE CONCEPTUAL	¿ ?	PARTE METODOLÓGICA
<p><b>TEORÍAS:</b></p> <p>Concentraciones absorbancia transformación tecnologías limpias</p> <p><b>LEYES:</b></p> <p>fitorremediación concentración de Níquel descontaminación de aguas</p> <p><b>PRINCIPIOS:</b></p> <p>fitorremediación concentración de Níquel descontaminación de aguas</p> <p><b>CONCEPTOS:</b></p> <p>¿Qué es el Níquel?: son usados para colorear cerámicas, fabricar baterías y como catalizadores, que aceleran la velocidad de reacciones químicas. El níquel es un metal con propiedades magnéticas encontrado en casi todo tipo de fierros.</p> <p>¿Qué es la Dichondra Argentina?: más conocida como oreja de ratón plástica, es una especie botánica encontrada en el norte mexicano. Puede ser usada como aperitivo, laxante y propiedad relajante</p> <p><b>Referencias</b></p>	<p>¿Cómo afecta las sustancias que contienen Níquel en especies vegetales como la oreja de ratón?</p>	<p><b>JUICIO DE VALOR:</b></p> <p><b>AFIRMACIÓN SOBRE CONOCIMIENTO / CONCLUSIONES:</b></p> <p>Finalmente concluimos que la planta con 3ppm tuvo que ser colocada (hoja y raíz) para hacer la prueba de níquel, y se observó que solo la raíz quedó sin contaminación, mientras que las hojas tuvieron un porcentaje de TRANSFORMACIONES: 0,358 de níquel</p> <p><b>TRANSFORMACIONES:</b></p> <p>sin imponer el color verde de las hojas en la planta, aún teniendo solución de níquel, su coloración no cambió de un día a otro.</p> <p><b>REGISTROS:</b></p> <p>masa inicial: 8,976 g masa final: 7,707 g masa de hojas: 1,200 g masa raíz: 1,213 g</p> <p><b>EVENTO / ACONTECIMIENTO (Imágenes)</b></p>

**Nota.** Fuente propia.

Figura 11. Ejecución V heurística de Gowin grupo 5.


5 ppm



### QUÍMEXPERIA

Docente: Maria Alejandra Monroy Tovar

Objetivo general: Implementar el modelo de mini proyectos con estudiantes de grado octavo y noveno del taller Integrado Químexperia del Instituto Clara Fey, empleando la fitorremediación con Oreja de ratón (*Salvinia auriculata*) para la remoción de Ni (II) en aguas residuales.



---

**ACTIVIDAD 2**

**PARTE CONCEPTUAL**

¿ Que sucede con las plantas ?  
soluciones contaminadas con níquel?

**TEORÍAS:** concentraciones, absorción, transformación y recuperación. La planta no tendría un segundo uso para la descontaminación del agua.

**LEYES:**  
• Cuidar correctamente la planta para que pueda realizar un mejor proceso de metabolización, obteniendo la suficiente energía con el objetivo de lograr el proceso de fitorremediación.

**PRINCIPIOS:**  
La fitorremediación consiste en el proceso de utilización de las plantas, para la descontaminación del agua.

**CONCEPTOS:**  
El níquel y la fitorremediación.

**PARTE METODOLÓGICA**

después del proceso de fitorremediación en

**JUICIO DE VALOR:**

- Todas las características de la planta antes del proceso de fitorremediación.
- Proceso de preparación del níquel antes de agregarlo a la planta

**AFIRMACIÓN SOBRE CONOCIMIENTO / CONCLUSIONES:**

La oreja de ratón cumplió con su proceso de fitovolatilización sin obtener cambios físicos.

**TRANSFORMACIONES:**

La planta no cambió físicamente, aunque sí se presentó la absorción del níquel.

**REGISTROS:**

Masa inicial: 9,948g      Masa de hojas: 2,567g  
Masa final: 11,863g  
Masa de raíz: 3,094g

**EVENTO / ACONTECIMIENTO (Imágenes)**

Conocimiento del níquel, proceso de fitorremediación y la planta.

**Referencias**

**Nota.** Fuente propia.

Al revisar los resultados, se encontraron algunas similitudes y diferencias entre los diferentes grupos, encontrando en la pregunta general algunos resultados que se pueden clasificar en descriptores cualitativos (Figura 12), generados a partir de las palabras repetitivas en las respuestas de las estudiantes, utilizando un software online llamado "NubeDePalabras.es", observando



similitudes en las preguntas, por responder al ¿cómo la especie vegetal puede ayudar al medio ambiente, descontaminando aguas que presenten concentraciones de níquel?

**Figura 12.** *Descriptoros cualitativos pregunta V heurística.*



**Nota.** Fuente propia.

En evento/acontecimiento, conceptos y principios, se encontraron similitudes, ya que se podía observar que cada grupo tenía claridad sobre las temáticas importante que debían conocer para dar respuesta a la pregunta orientadora que cada uno planteo al inicio, se reconocen conceptos importantes y similares en cada uno, como se observa en la figura 13.

**Figura 13.** *Descriptoros cualitativos evento/acontecimiento, conceptos y principios.*



**Nota.** Fuente propia.

Durante este momento, las estudiantes de forma autónoma realizaban su propia investigación, registrando lo que lograban encontrar por la red y dialogando como grupo sobre el proceso ejecutado por la especie vegetal, tratando de dar explicación a los datos que se ilustraban en el video y que, por parte de la investigadora, se iban aclarando.

**Figura 14.** *Solución V Heurística.*



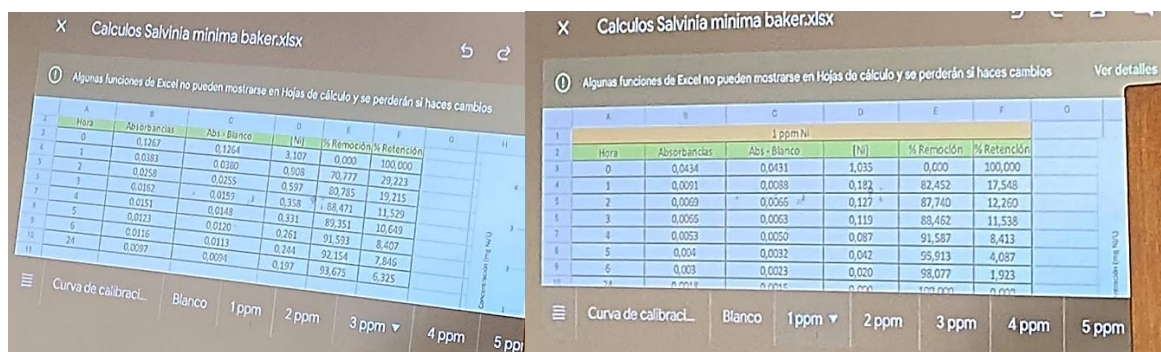
**Nota.** Fuente propia.

Es importante resaltar que durante toda la sesión las estudiantes se observaron motivadas y dispuestas a conocer más sobre el proceso de fitorremediación que la especie vegetal realiza, así como la importancia de conocer más para poder utilizar este método para descontaminar el medio ambiente y poder ayudar a la sociedad, en el video de fitorremediación realizado por la investigadora (Monroy, A. 2022, 5min; tomado de: [https://youtu.be/BIqq\\_HJhLM](https://youtu.be/BIqq_HJhLM)); evidenciando que durante el proceso de investigación la especie vegetal no tuvo un cambio significativo en su anatomía, por lo cual, el apartado de transformaciones de cada grupo hacen referencia a este parte, hasta el momento observable por ellas.

Como se observa en los resultados de “registros” se menciona y se expone a las estudiantes, los resultados de las mediciones de absorbancia y de masas iniciales y finales de cada una de las especies, para que ellas logran hacer un registro de su especie, sin embargo los cálculos que se ejecutan por parte de las estudiantes se realizan en la guía de laboratorio (Anexo 4); donde se encontraron resultados favorables para cada una de las especies, lo que motivo aún más a las estudiantes en el proceso.

En este momento las estudiantes no tenían conocimiento del funcionamiento del espectrofotómetro de absorción atómica ni para que se utilizaba, en el transcurso del video se iba aclarando la función de este equipo para la determinación de metales pesados en soluciones y los datos que este nos iba arrojando en el proceso, para ser evaluados, analizados y aprovechados en la identificación del proceso.

**Figura 15. Visualización de resultados absorbancias.**



**Nota.** Fuente propia.

Como se puede observar en la figura 15, mientras se proyectaban los resultados que se obtuvieron a partir de las mediciones en el espectrofotómetro de absorción atómica, cada grupo iba realizando su propio registro en la guía de laboratorio (Anexo 4), analizando y realizando los cálculos pertinentes para encontrar el tipo de fitorremediación que la especie logro realizar (Figura 16), realizando un trabajo en equipo, encontrando una motivación por descubrir el proceso de la especie y dar respuesta a su pregunta inicial.

**Figura 16. Ejecución guía de laboratorio por parte de estudiantes.**

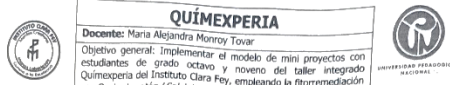


**Nota.** Fuente propia.

Una vez cada grupo tenía los cálculos establecidos, se realizó una retroalimentación corta, en la cual se explicó por parte de la investigadora, los resultados que se obtuvieron y el significado de ellos, ya que, aunque cada grupo tenía una especie y una concentración diferentes de níquel, el tipo de fitorremediación que se logró evidenciar con la especie fue el mismo.

A continuación, se pueden observar los cálculos realizados por las estudiantes, a partir de las absorbancias de las soluciones trabajadas, para este proceso a las estudiantes se les dio el dato de Absorbancia – blanco, las masas y el volumen trabajado.

Figura 17. Algunos resultados guía de laboratorio.



**QUIMEXPERIA**  
Docente: Maria Alejandra Morroy Tovar  
Objetivo general: Implementar el modelo de mini proyectos con estudiantes de grado octavo y noveno del taller integrado Quimexperia del Instituto Clara Foy, empleando la fitorremediación con Oreja de ratón (*Salvinia auriculata*) para la remoción de Ni (II) en aguas residuales.

**GUÍA DE LABORATORIO**

1. Mase la especie vegetal antes del tratamiento, anote la concentración de Ni inicial, el volumen inicial del agua residual sintética, el pH de esta y anote los resultados obtenidos:

Especie vegetal: Oreja de ratón (*Salvinia minima Baker*)

Masa: 6,474g

Volumen: 100ml

Concentración inicial de Ni: 2 ppm

Tabla 1. Tiempo de contacto.

Tiempo	Absorbancia	Concentración (ppm)	% Remoción	% Retención	Cl-C	qt (n)
0h	0,000	1,034	0,000	100		
1h	0,0088	0,181	82,451	17,549		
2h	0,0066	0,126	87,814	12,186		
3h	0,0063	0,119	88,491	11,509		
4h	0,005	0,087	91,586	8,414		
5h	0,0032	0,042	95,938	4,062		
6h	0,0023	0,019	98,162	1,838		
24h	0,0015	0	100	0		

2. Teniendo en cuenta los siguientes datos, determine el tipo de Fitorremediación que presenta la especie vegetal.

Tabla 4. Tipo de Fitorremediación.

Masas	Absorbancia	Concentración (ppm)	mg de Ni/ Kg de Raíz:
Raíz	-0,0004	-0,047	mg de Ni/ Kg de Tallo:
4,065 Hojas	-0,0004	-0,047	mg de Ni/ Kg de hojas:
7,608			

Nota. Fuente propia.

Figura 18. Resultados grupo 1.

Especie vegetal: Acordeón de agua ( <i>Salvinia minima Baker</i> )		Masas	Absorbancia	Concentración (ppm)
Masa:	7,559g	Raíz	-0,0002	0
Volumen:	100 mL	Hojas	0	0
Concentración inicial de Ni: 1ppm				
Tiempo	Absorbancia	Concentración (ppm)	% Remoción	% Retención
0h	0,0431	1,034	0	100
1h	0,0088	0,181	82,451	17,549
2h	0,0066	0,126	87,814	12,186
3h	0,0063	0,119	88,491	11,509
4h	0,005	0,087	91,586	8,414
5h	0,0032	0,042	95,938	4,062
6h	0,0023	0,019	98,162	1,838
24h	0,0015	0	100	0

Nota. Fuente propia.

**Figura 19. Resultados grupo 2.**

Especie vegetal: Acordeón de agua (Salvinia mínima Baker)					Masas	Absorbancia	Concentración (ppm)
Masa:	6,474g				Raíz	-0,0004	0
Volumen:	100mL						
Concentración inicial de Ni: 2ppm					Hojas	-0,0004	0
Tiempo	Absorbancia	Concentración (ppm)	% Remoción	% Retención			
0h	0,08	1,952	0	100			
1h	0,123	0,268	86,27	13,73			
2h	0,0121	0,263	86,526	73,474			
3h	0,0059	0,109	94,415	5,585			
4h	0,0048	0,082	95,799	4,201			
5h	0,0059	0,109	94,415	5,585			
6h	0,0041	0,064	96,721	3,279			
24h	0,0038	0,057	97,079	2,921			

**Nota.** Fuente propia.

**Figura 20. Resultados grupo 3.**

Especie vegetal: Acordeón de agua (Salvinia mínima Baker)					Masas	Absorbancia	Concentración (ppm)
Masa:	8,976g				Raíz	0,0003	0
Volumen:	100mL						
Concentración inicial de Ni: 3ppm					Hojas	0,0159	0,358
Tiempo	Absorbancia	Concentración (ppm)	% Remoción	% Retención			
0h	0,1264	3,106	0	100			
1h	0,038	0,907	70,798	29,202			
2h	0,0255	0,597	80,779	19,221			
3h	0,0159	0,358	88,473	11,527			
4h	0,0148	0,33	89,375	10,625			
5h	0,012	0,261	91,596	8,404			
6h	0,0113	0,243	92,176	7,824			
24h	0,0094	0,196	93,689	6,311			

**Nota.** Fuente propia.

**Figura 21. Resultados grupo 4.**

Especie vegetal: Acordeón de agua (Salvinia mínima Baker)					Masas	Absorbancia	Concentración (ppm)
Masa:	8,217g				Raíz	-0,0004	0
Volumen:	100mL						
Concentración inicial de Ni: 4ppm					Hojas	-0,0004	0
Tiempo	Absorbancia	Concentración (ppm)	% Remoción	% Retención			
0h	0,1714	4,226	0	100,000			
1h	0,0392	0,937	77,827	17,548			
2h	0,0245	0,572	86,464	12,260			
3h	0,0142	0,315	92,546	11,538			
4h	0,0114	0,246	94,178	8,413			
5h	0,0118	0,256	93,942	4,087			
6h	0,0082	0,166	96,071	1,923			
24h	0,0066	0,126	97,018	0,000			

**Nota.** Fuente propia.

**Figura 22. Resultados grupo 5.**

Especie vegetal: Acordeón de agua (Salvinia mínima Baker)					Masas	Absorbancia	Concentración (ppm)
Masa:	9,948g				Raíz	0	0
Volumen:	100mL						
Concentración inicial de Ni: 5ppm					Hojas	-0,0003	0
Tiempo	Absorbancia	Concentración (ppm)	% Remoción	% Retención			
0h	0,2104	5,197	0	100			
1h	0,0403	0,978	81,187	18,813			
2h	0,0268	0,629	87,889	12,111			
3h	0,0205	0,473	90,905	9,095			
4h	0,0146	0,326	93,729	6,271			
5h	0,0161	0,363	93,011	6,989			
6h	0,0116	0,251	95,165	4,835			
24h	0,0104	0,221	95,74	4,26			

**Nota.** Fuente propia.

Como se puede observar en cada uno de los datos y cálculos transcritos, cada grupo encontró como desde la 1 hora de contacto de la especie con la solución contaminada, existió un porcentaje de remoción mayor al 76%, observando una efectividad del proceso alta, dando resultados favorables a medida que iba avanzando el tiempo, encontrando a las 24 horas un porcentaje de remoción mayor al 93% en cada una de las especies; con base en estos resultados, las estudiantes realizan las afirmaciones sobre conocimiento y conclusiones, encontrando el proceso adecuado para la descontaminación de aguas con níquel.

A su vez, cada grupo pudo concluir como a partir de la absorbancia, podían encontrar una concentración de níquel en cada una de las soluciones y encontrar a su vez, a partir de la información que se venía trabajando en sesiones anteriores el tipo de fitorremediación que realiza la planta, en este caso, una Fitovolatilización, ya que en el momento de medir la concentración de cada parte de

la especie, no se encontró una concentración considerable en ninguna de las dos, haciendo referencia a que la especie logro volatilizar el contaminante.

### 7.3. FASE 3

En la última fase metodológica, se realiza un análisis de los resultados obtenidos por parte de la investigadora y los datos y cálculos planteados por las estudiantes para lograr identificar la viabilidad de la fitorremediación con la especie vegetal; así mismo, se ejecuta el posttest diseñado y validado, para lograr analizar la eficacia de las actividades de aula realizadas.

#### 7.3.1. Análisis de resultados experimentación real

Como se mencionó en el apartado anterior, las estudiantes realizaron cálculos a partir de las absorbancias encontradas en el proceso y entregadas por la investigadora, a partir de estos datos, se logra identificar el porcentaje de remoción, retención, tipo de fitorremediación y la cinética de adsorción de cada una de las especies y concentraciones trabajadas.

Para la parte experimental se trabajaron 6 especies (Diagrama 9), cada una de ellas tomadas en el lugar y tiempo exacto, las cuales arrojaron los siguientes datos:

##### 7.3.1.1. Especie 1.

La especie 1 era la única especie que no estaba en contacto con soluciones contaminadas con níquel, esta especie permitió identificar que la especie no tenía presencia de níquel en su organismo y el proceso no se iba a ver reflejado en ella (tabla 27); a su vez, era la especie neutra para hacer estudio atómico y encontrar similitudes y diferencias con las especies expuestas al contaminante.

**Tabla 27.** Absorbancias y concentración de níquel - Especie1.

Blanco			
Hora	Absorbancias	Abs - Blanco	[Ni]
0	-0,0004	-0,0007	-0,055
1	0,0000	-0,0003	-0,045
2	-0,0001	-0,0004	-0,047
3	0,0025	0,0022	0,017
4	0,0013	0,0010	-0,012
5	0,0016	0,0013	-0,005
6	0,0016	0,0013	-0,005
24	0,0011	0,0008	-0,017

**Nota.** Fuente propia.

### 7.3.1.2. Especie 2.

Esta especie se dispuso en una solución de 1 ppm de Ni, la cual arrojó los siguientes resultados:

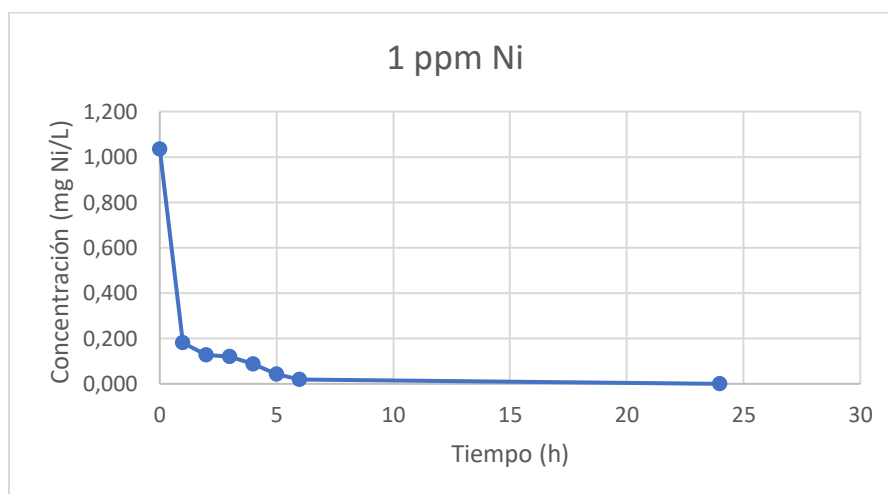
**Tabla 28.** Resultados especie 2.

1 ppm Ni					
Hora	Absorbancias	Abs - Blanco	[Ni]	% Remoción	% Retención
0	0,0434	0,0431	1,035	0,000	100,000
1	0,0091	0,0088	0,182	82,452	17,548
2	0,0069	0,0066	0,127	87,740	12,260
3	0,0066	0,0063	0,119	88,462	11,538
4	0,0053	0,0050	0,087	91,587	8,413
5	0,004	0,0032	0,042	95,913	4,087
6	0,003	0,0023	0,020	98,077	1,923
24	0,0018	0,0015	0,000	100,000	0,000

**Nota.** Fuente propia.

Como se observa en los resultados, esta especie desde la hora 1, logro un porcentaje de remoción del 82,452%, reconociendo una efectividad de la especie para remover este metal, también se observa como a las 24 horas, es la única especie del proceso, que logro un 100% de remoción, observando que no hay níquel en esta solución (Gráfica 7) y a su vez, un 0% de retención, esto se ve reflejado en el momento de identificar el tipo de fitorremediación que esta realiza.

**Gráfica 7.** Cinética de adsorción 1 mg Ni (II)\*L<sup>-1</sup>



**Nota.** Fuente propia.



**Tabla 29.** [Ni] Raíz y hojas - Especie 2.

		Absorbancias	Abs - Blanco	[Ni]
Masa inicial (g)	10,607	NA	NA	NA
Masa raíz (g)	3,065	0,0001	-0,0002	-0,0423
Masa hojas (g)	2,154	0,0003	0	-0,0373

**Nota.** Fuente propia.

Como se puede observar en la tabla 29, al realizar el proceso de calcinación y prepara las soluciones con las cenizas de raíz y hojas de la especie, no se encontró concentración de níquel en ninguna de sus partes, lo cual permite establecer que la especie realizó un proceso de Fitovolatilización, absorbiendo el contaminante desde su raíz, transportándolo a sus hojas y liberando este a la atmosfera.

### 7.3.1.3. Especie 3.

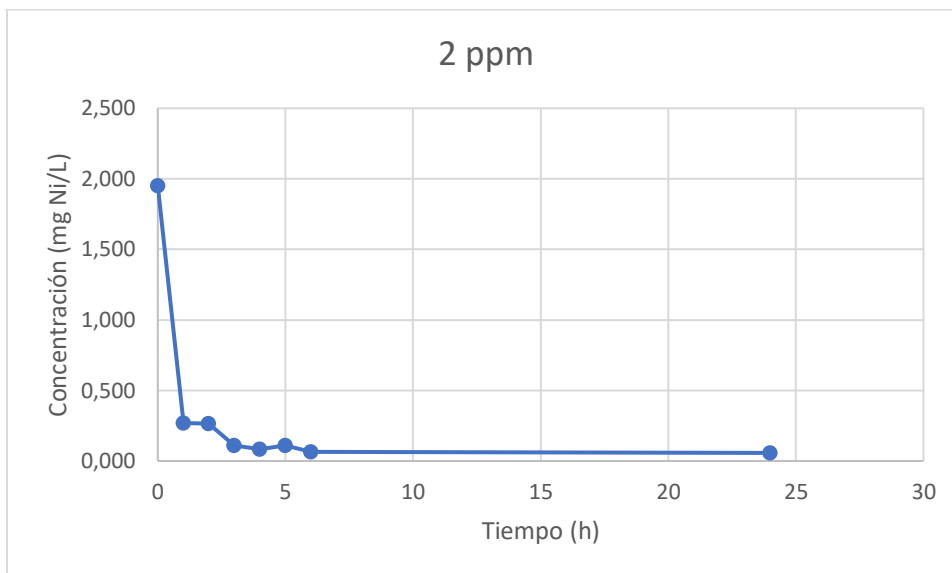
La especie número 3, se dispuso en una solución concentrada de 2 ppm de Ni, la cual arrojó los siguientes resultados:

**Tabla 30.** Resultados especie 3.

2 ppm Ni					
Hora	Absorbancias	Abs - Blanco	[Ni]	% Remoción	% Retención
0	0,0803	0,0800	1,953	0,000	100,000
1	0,0126	0,0123	0,269	86,242	13,758
2	0,0124	0,0121	0,264	86,497	13,503
3	0,0062	0,0059	0,109	94,395	5,605
4	0,0051	0,0048	0,082	95,796	4,204
5	0,006	0,0059	0,109	94,395	5,605
6	0,004	0,0041	0,065	96,688	3,312
24	0,0041	0,0038	0,057	97,070	2,930

Como se observa en la tabla 30, desde la primera hora de contacto de la especie con la solución contaminada, se encontró más del 85% de remoción del contaminante, sin embargo, a la hora 2 la diferencia no fue considerable; ya en las horas 3-6, se observa un aumento de casi el 10% de la primera hora de contacto, encontrando a su vez que, a las 24 horas, la remoción no llegó a ser completa, como se observa en la gráfica 8, aún queda en la solución un 2,93% del contaminante.

**Gráfica 8.** Cinética de adsorción 2 mg Ni (II)\*L<sup>-1</sup>



**Nota.** Fuente propia.

Para el tipo de fitorremediación de esta especie, al igual que la especie 2, se puede considerar que la especie realiza una Fitovolatilización, ya que no se encuentra concentración de níquel ni en sus hojas ni raíz (Tabla 31), demostrando que el contaminante siguió la ruta metabólica de la especie y fue liberado a la atmosfera en sustancias menos toxicas.

**Tabla 31.** [Ni] Raíz y hojas - Especie 3.

		Absorbancias	Abs - Blanco	[Ni]
<b>Masa inicial (g)</b>	10,609	NA	NA	NA
<b>Masa raíz (g)</b>	4,065	-0,0001	-0,0004	-0,0473
<b>Masa hojas (g)</b>	1,608	-0,0001	-0,0004	-0,0473

**Nota.** Fuente propia.

#### 7.3.1.4. Especie 4.

Esta especie al igual que las anteriores, desde la hora 1 tuvo resultados favorables, sin embargo, el porcentaje de remoción de la especie a esta hora es menor a las anteriores, siendo de un 70,77%, en cambio, se ve un aumento considerable en la sucesión del contacto, obteniendo a las 24 horas un 93,675% de remoción (Tabla 32).

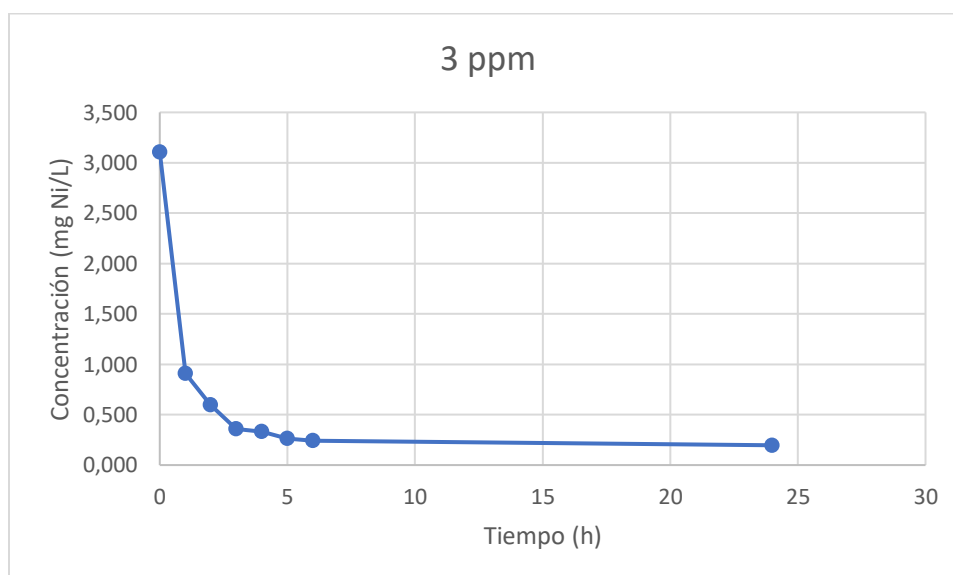
A su vez se puede observar en la gráfica 9 la disminución de la concentración de níquel mientras avanza el tiempo y como a las 24 horas aún queda un 6,325% de níquel presente en la solución, lo que permite establecer que a medida que aumenta la concentración de níquel en las soluciones, se le dificulta a la especie lograr un 100% de remoción.

**Tabla 32.** Resultados especie 4.

3 ppm Ni					
Hora	Absorbancias	Abs - Blanco	[Ni]	% Remoción	% Retención
0	0,1267	0,1264	3,107	0,000	100,000
1	0,0383	0,0380	0,908	70,777	29,223
2	0,0258	0,0255	0,597	80,785	19,215
3	0,0162	0,0159	0,358	88,471	11,529
4	0,0151	0,0148	0,331	89,351	10,649
5	0,0123	0,0120	0,261	91,593	8,407
6	0,0116	0,0113	0,244	92,154	7,846
24	0,0097	0,0094	0,197	93,675	6,325

**Nota.** Fuente propia.

**Gráfica 9.** Cinética de adsorción 3 mg Ni (II)\*L<sup>-1</sup>



**Nota.** Fuente propia.

Para el tipo de fitorremediación que realiza la especie, se puede observar que en raíz no hay presencia de níquel (Tabla 33), sin embargo, en las hojas existe una concentración de 0.3582 ppm, lo cual y observando los resultados de las especies anteriores, la especie está realizando su proceso de Fitovolatilización, pero no logra hacerlo completo, probablemente por la cantidad de masa inicial de la especie, siendo esta la que menor masa tiene de las 6 especies trabajadas.

**Tabla 33.** [Ni] Raíz y hojas - Especie 4.

		Absorbancias	Abs - Blanco	[Ni]
Masa inicial (g)	8,976	NA	NA	NA
Masa raíz (g)	2,213	0,0006	0,0003	-0,0299
Masa hojas (g)	1,200	0,0162	0,0159	0,3582

**Nota.** Fuente propia.

#### 7.3.1.5. Especie 5.

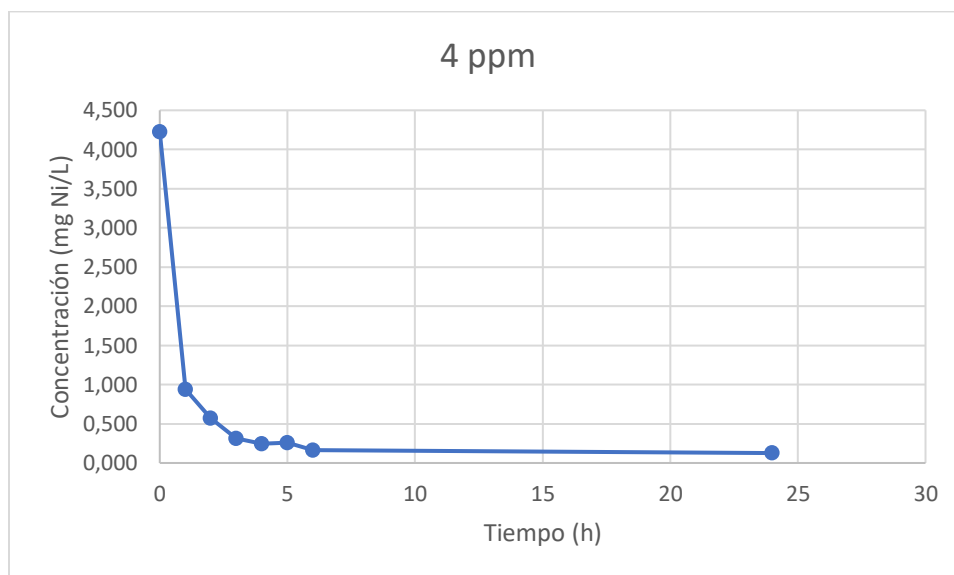
Para esta especie se puede observar en la gráfica 10, como realiza una adsorción del contaminante considerable desde la primera hora, teniendo una disminución de la concentración considerable, sin embargo, al igual que la especie 4, esta especie no logra hacer una remoción completa del contaminante a las 24 horas (Tabla 34), encontrando aun en la solución un 3,002 % del contaminante; esto teniendo en cuenta que la concentración de la solución es mayor a las anteriores.

**Tabla 34.** Resultados especie 5.

4 ppm Ni					
Hora	Absorbancias	Abs - Blanco	[Ni]	% Remoción	% Retención
0	0,1717	0,1714	4,226	0,000	100,000
1	0,0395	0,0392	0,938	77,810	22,190
2	0,0248	0,0245	0,572	86,463	13,537
3	0,0145	0,0142	0,316	92,525	7,475
4	0,0117	0,0114	0,246	94,173	5,827
5	0,0121	0,0118	0,256	93,938	6,062
6	0,0085	0,0082	0,167	96,057	3,943
24	0,0069	0,0066	0,127	96,998	3,002

**Nota.** Fuente propia.

**Gráfica 10. Cinética de adsorción 4 mg Ni (II)\*L<sup>-1</sup>**



**Nota.** Fuente propia.

Para el tipo de fitorremediación de esta especie, es importante tener en cuenta la masa inicial de la especie, es segunda especie con mayor masa en el proceso y aunque la concentración de níquel presente desde el inicio es alta, se puede observar cómo en su anatomía al final del proceso, no existe presencia de níquel, lo que permite considerar nuevamente que la especie realiza una Fitovolatilización, liberando a la atmosfera el contaminante en una forma menos toxica.

**Tabla 35. [Ni] Raíz y hojas - Especie 5.**

		Absorbancias	Abs - Blanco	[Ni]
<b>Masa inicial (g)</b>	10,096	NA	NA	NA
<b>Masa raíz (g)</b>	3,124	-0,0009	-0,0012	-0,0672
<b>Masa hojas (g)</b>	1,658	-0,001	-0,0013	-0,0697

**Nota.** Fuente propia.

#### 7.3.1.6. Especie 6.

Es importante reconocer que esta especie, era la especie con mayor masa y la cual tuvo contacto con la concentración de níquel más alta trabajada en el proceso, como se observa en la gráfica 11, la concentración del contaminante en el transcurso del tiempo disminuyo en una proporción similar que las especies anteriores descritas, encontrando resultados favorables en su proceso.

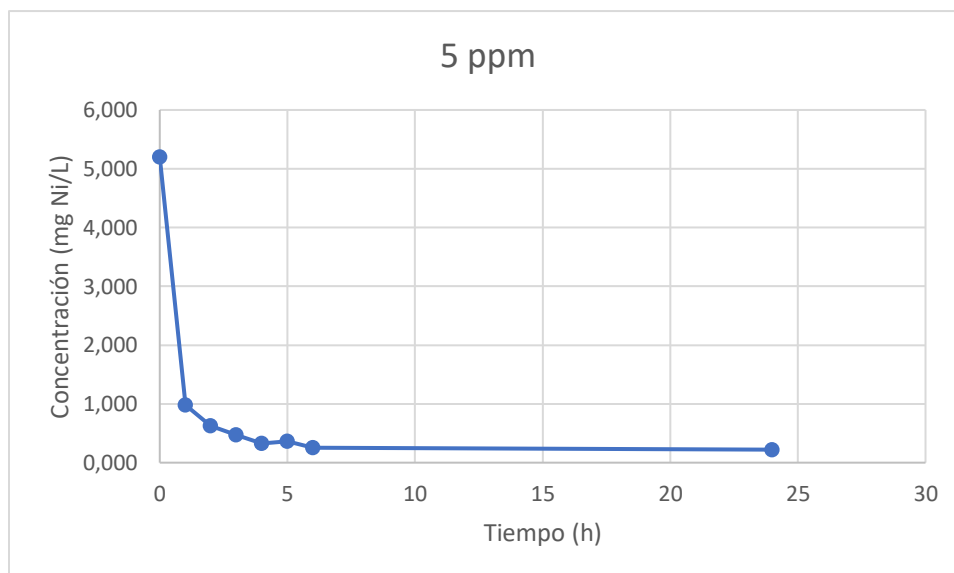
Es significativo reconocer como a la primera hora de contacto la especie logra un 81,187% de remoción del contaminante y a las 24 horas logra un 95,740%, encontrando como aun en la solución se encuentra un 4,26% del contaminante que la especie no fue capaz de remover hasta ese momento (Tabla 36).

**Tabla 36.** Resultados especie 6.

5 ppm Ni					
Hora	Absorbancias	Abs - Blanco	[Ni]	% Remoción	% Retención
0	0,2107	0,2104	5,197	0,000	100,000
1	0,0411	0,0408	0,978	81,187	18,813
2	0,0271	0,0268	0,629	87,889	12,111
3	0,0208	0,0205	0,473	90,905	9,095
4	0,0149	0,0146	0,326	93,729	6,271
5	0,0164	0,0161	0,363	93,011	6,989
6	0,0119	0,0116	0,251	95,165	4,835
24	0,0107	0,0104	0,221	95,740	4,260

**Nota.** Fuente propia.

**Gráfica 11.** Cinética de adsorción 5 mg Ni (II)\*L-1



**Nota.** Fuente propia.

A su vez, se puede rectificar el proceso de fitorremediación que realiza esta especie, con los resultados que se obtienen de la concentración de níquel en cada una de las partes de la especie,

como en las especies anteriores, en esta, no se encuentran registros de níquel en su anatomía al finalizar el proceso, por lo cual, nuevamente se infiere que esta especie ha logrado una Fitovolatilización, liberando el contaminante a la atmosfera en sustancias menos toxicas.

**Tabla 37.** [Ni] Raíz y hojas - Especie 6.

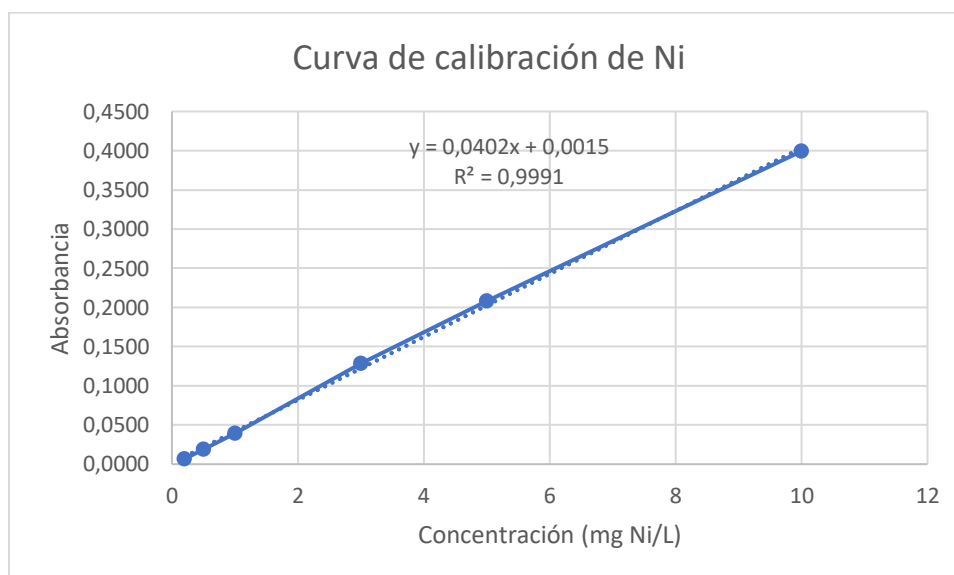
		Absorbancias	Abs - Blanco	[Ni]
Masa inicial (g)	11,863	NA	NA	NA
Masa raíz (g)	3,094	0,0003	0	-0,0373
Masa hojas (g)	2,567	0	-0,0003	-0,0448

**Nota.** Fuente propia.

### 7.3.1.7. Cinética de adsorción

Para realizar la cinética de adsorción de la especie, se realiza a partir de los datos que se obtuvieron en cada una de las soluciones trabajadas con concentración de níquel, preparando y analizando una curva de calibración preparada con 6 patrones de níquel (Gráfica 12).

**Gráfica 12.** Curva de calibración.



**Nota.** Fuente propia.

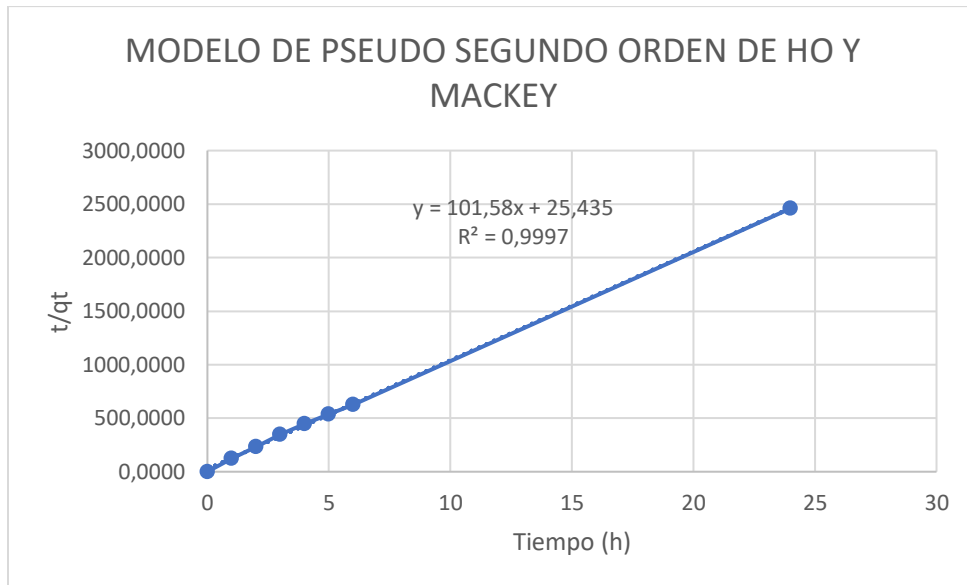
Una vez valorada la curva de calibración y a partir de los resultados de absorbancia encontrados en cada una de las especies desde la hora 0 a la 24, se realizan los cálculos y gráficas respectivas:

- **Orden 0:** Concentración Vs Tiempo

- **Orden 1:** Ln [Ni<sup>2+</sup>] Vs Tiempo
- **Orden 2:** 1/[Ni<sup>2+</sup>] Vs Tiempo
- **Pseudo primer orden de Lagergren:** Log (q<sub>e</sub>-q<sub>t</sub>) Vs Tiempo
- **Pseudo segundo orden de Ho y Mackey:** t/q<sub>t</sub> Vs Tiempo

Encontrando que la especie para cada una de las diferentes concentraciones trabajadas se ajusta a un modelo de pseudo segundo orden de Ho y Mackey, ajustándose a una tendencia lineal y obteniendo una R<sup>2</sup> en todas de 0,99, como se puede observar en las gráficas 13, 14, 15, 16 y 17. Es valioso recordar, que aunque son la misma especie vegetal, cada una estaba en contacto con una solución de concentración diferente y tenían masas diferentes, pero pese a estas diferencias, todas se ajustan a la misma cinética.

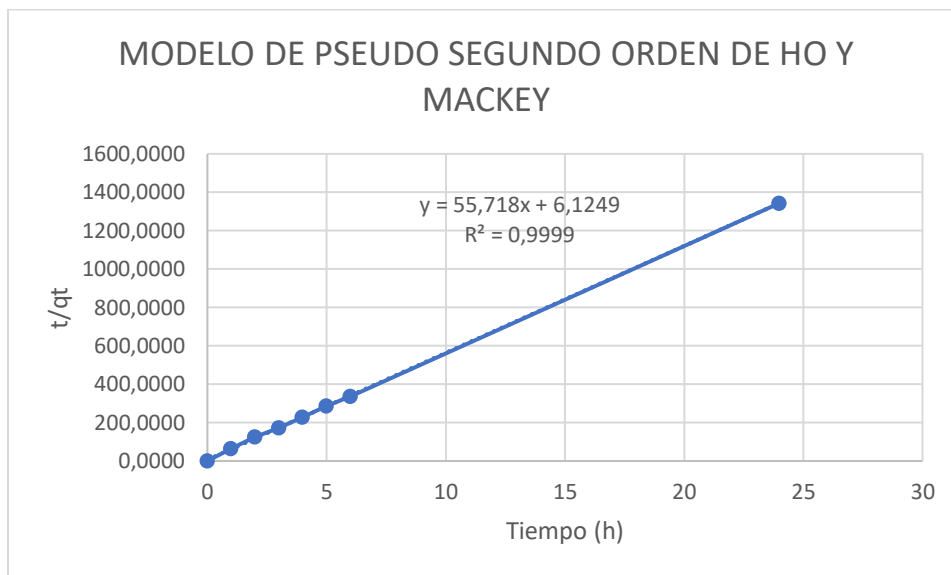
**Gráfica 13.** Modelo de pseudo segundo orden de HO y MACKEY - Especie 2 [1 ppm Ni]



**Nota.** Fuente propia.

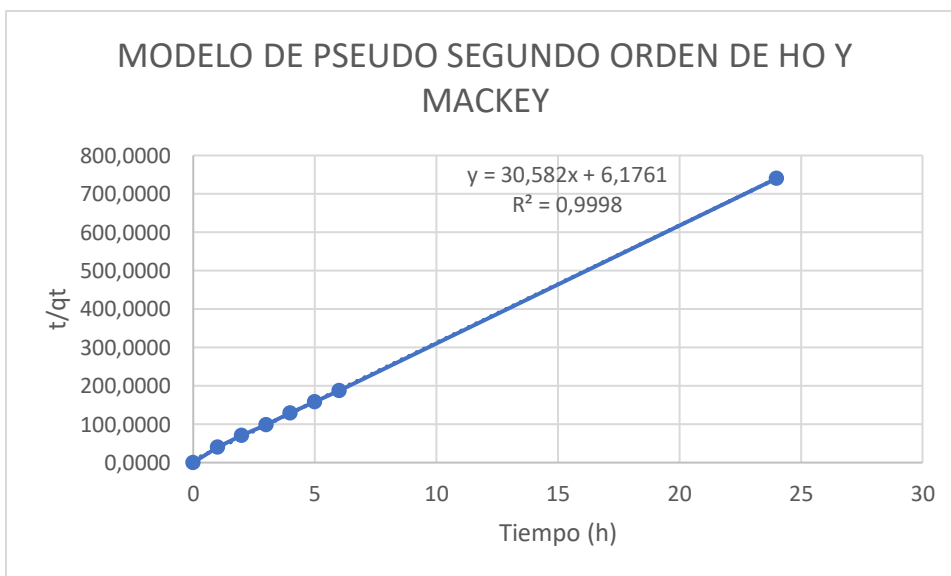


**Gráfica 14.** Modelo de pseudo segundo orden de HO y MACKEY - Especie 3 [2 ppm Ni]



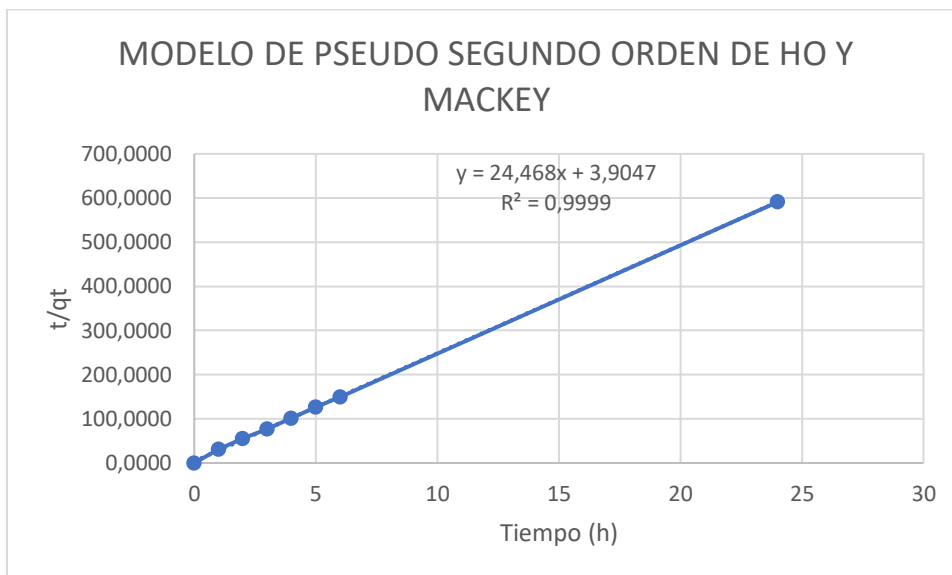
**Nota.** Fuente propia.

**Gráfica 15.** Modelo de pseudo segundo orden de HO y MACKEY - Especie 4 [3 ppm Ni]



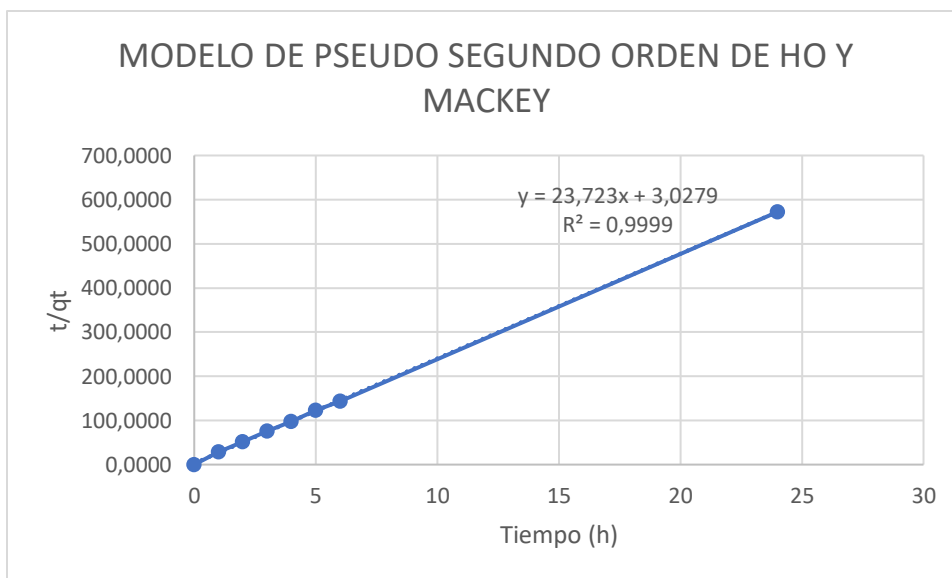
**Nota.** Fuente propia.

**Gráfica 16.** Modelo de pseudo segundo orden de HO y MACKEY - Especie 5 [4 ppm Ni]



**Nota.** Fuente propia.

**Gráfica 17.** Modelo de pseudo segundo orden de HO y MACKEY - Especie 6 [5 ppm Ni]



**Nota.** Fuente propia.

### 7.3.2. Aplicación de postest

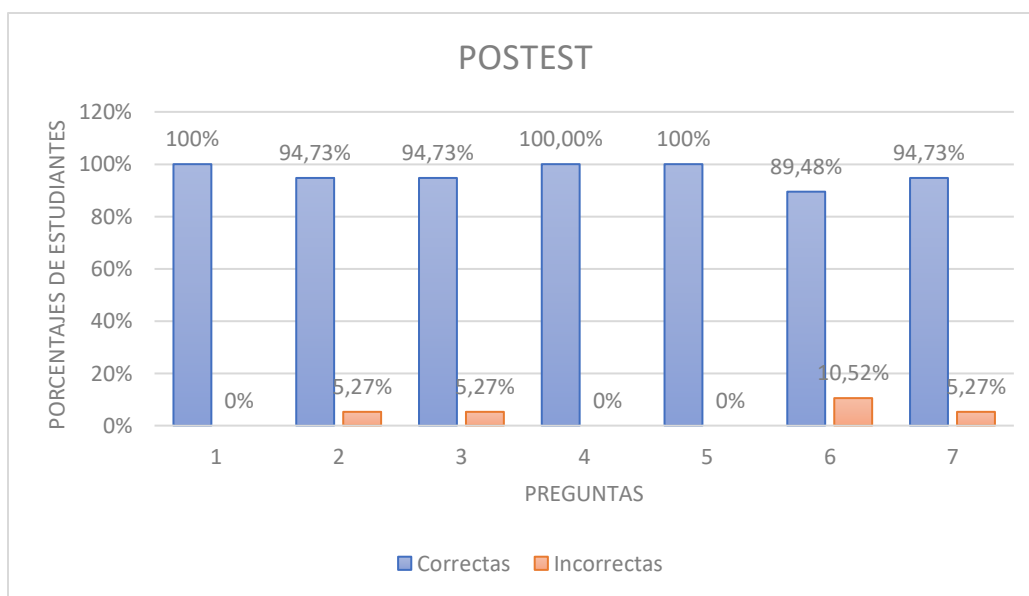
Una vez se termina la aplicación de las actividades de aula descritas anteriormente, se realiza la aplicación del postest a las estudiantes, este postest es igual al pretest, tiene las mismas 8 preguntas, 6 de ellas tipo opción múltiple y 2 preguntas abiertas; las cuales se les indica, deben responderse de forma individual para valorar los resultados (Figura 23).

**Figura 23.** Solución de postest por estudiantes.



**Nota.** Fuente propia.

**Gráfica 18.** Resultados preguntas cerradas postest.



**Nota.** Fuente propia.

Como se estableció desde la fase 2, en la aplicación del pretest, cada pregunta hace referencia a una de las categorías teóricas planteadas desde la indagación (Tabla 6), en los resultados del postest, se puede observar cómo se fortalece la habilidad de indagación desde las diferentes categorías, obteniendo resultados favorables en cada una de las preguntas (Gráfica 18).

Se puede observar cómo en preguntas 1 y 5, donde se evalúa la identificación de variables en el proceso, se obtienen resultados 100% positivos, reconociendo como las estudiantes son capaces de hacer una buena lectura de los cuestionamientos, analizar e identificar los datos en los procesos.





Paralelamente en las preguntas 2, 3 y 4 también se encuentran resultados favorables, aunque en las preguntas 2 y 3 una sola estudiante respondió de forma incorrecta, se puede observar cómo existe una mejoría en la categoría de analizar datos y a argumentar, reconociendo la importancia de las actividades de aula, donde las estudiantes analizaron los datos que se les otorgaba para sus procesamiento y argumentación del procedimiento.

Por otra parte, también se observa en la pregunta 6 que hace referencia a la planificación del proceso, como aún 2 de las 19 estudiantes siguen presentando dificultades, pero observando una mejoría notable, ya que antes de aplicar las actividades de aula, existía un mayor porcentaje de estudiantes que presentaban falencias en esta categoría, resaltando la importancia de llevar a las estudiantes a realizar procesos en el aula, donde ellas puedan planificar un proceso o entender desde la indagación la planeación y ejecución de un proceso, en este caso experimental.

Al mismo tiempo se observa para la pregunta 7, donde se realiza una relación entre los tipos de fitorremediación y un diagrama para ubicar los diferentes tipos en una planta, las estudiantes ya relacionan de forma adecuada los diferentes tipos de fitorremediación, haciendo un análisis adecuado del procesamiento de datos e información de la que disponen; encontrando en este momento como de las 19 estudiantes solo 1 sigue presentando algunas inconsistencias en esta categoría, pero resaltando el avance significativo de la población.

Para la última pregunta del postest, se realizó un cambio en la imagen de la rutina de pensamiento a trabajar, ya que era importante mantener la idea principal de contaminación hídrica, pero otorgarles una imagen nueva que pudieran analizar (Figura 24); los resultados de esta rutina se encuentran en la tabla 38.

**Figura 24.** *Pregunta 8 Postest.*

<b>VEO-PIENSO-ME PREGUNTO</b>		
		
		

**Nota.** Fuente propia.

**Tabla 38.** Resultados pregunta 8 Veo, Pienso, me pregunto - Postest.

Estudiante	Respuesta		
	Veo	Pienso	Me pregunto
<b>1</b>	Veo una fuente hídrica contaminada	Esto pasa a causa del desinterés de las personas al no reciclar y a las industrias que contaminan sin tener más intereses que por sus ganancias	¿Qué soluciones se están llevando a cabo para evitar peores consecuencias?
<b>2</b>	Contaminación al medio ambiente	Gracias a las fábricas e industrias que producen material para contaminar al medio ambiente, el mundo se está acabando, aunque también es culpa de nosotros ya que seguimos comprando productos y no realizamos acciones al respecto	¿Será que algún día nos daremos cuenta el daño que le hacemos al planeta y tomaremos cartas en el asunto?
<b>3</b>	Un mar contaminado, mucha basura y	al botar todos los líquidos se está contaminando el agua del mar y que al	¿Cómo podemos detener esto?

	un bote botando petróleo	hacer estas acciones las especies empiezan a morir	
<b>4</b>	petróleo en el agua y diferentes tipos de contaminación	Existe la necesidad en el hombre de dañar el medio ambiente	¿Qué pasaría si no hubiera contaminación?
<b>5</b>	El mar siendo contaminado por plástico y petróleo	Las personas no tienen conciencia para cuidar el medio ambiente	¿Por qué no tenemos la capacidad para detener esto?
<b>6</b>	Basura en el mar, principalmente contaminación	Por qué botan basura y como no somos capaces de ayudar	¿Cuándo harán cosas biodegradables o que ayuden para aportar al medio ambiente?
<b>7</b>	Contaminación en diferentes partes	Nosotros desechemos mucha basura y desechemos todos los días, pero no somos conscientes de como esto puede afectar el medio ambiente	¿Cómo podríamos reducir esta problemática?
<b>8</b>	Basura y agua contaminada	Por qué se botan tantos residuos al mar	¿Qué solución podríamos brindar?
<b>9</b>	Contaminación con varios químicos y objetos	Cómo llegaron esos objetos al mar	¿Qué tan grande es el grado de contaminación en el que vivimos?
<b>10</b>	Contaminación en el agua con diferentes productos químicos	Cómo llegaron esos objetos al mar	¿Cuál es el impacto de contaminación actual?
<b>11</b>	Cómo el mar está siendo contaminado de diversas formas	Le estamos haciendo gran daño al planeta por el simple hecho de no tener conciencia	¿Qué solución podemos dar para que eliminemos la contaminación provocada por el ser humano?
<b>12</b>	Contaminación marina	Se puede contaminar de muchas maneras, pero todas son igual de graves	¿Habrán acciones por parte del gobierno y fuentes mayores para solucionar todos los tipos de contaminantes o reducirlos?

13	Contaminación ambiental	Contaminación en aguas sucias	¿Existe algún método para limpiar las aguas contaminadas?
14	Basura que es tirada al mar, siendo un contaminante	La contaminación causada por los humanos	¿Es posible que cambiemos este planeta contaminante a uno consciente?
15	contaminación botellas, aguas sucias, desechos no degradables	la contaminación en una cantidad tan alta como esa, tendría grandes consecuencias futuras	¿El mar es el único lugar en donde se pueden tirar los desechos residuales?
16	Contaminación al mar con latas y botellas	El botar tanta basura a grandes cantidades enferma y mata a muchas especies	¿cuántos métodos existen para descontaminar? ¿Podría realizarse con algún químico?
17	Contaminación con vario químicos y objetos	Es una problemática que afecta la estabilidad del ecosistema mundial, por ende, debería prestarse más atención	¿Cómo podemos aportar de manera significativa para que cambie el sistema conminativo?
18	Contaminación al mar	Falta de conciencia humana	¿Cómo hacer caer en cuenta al ser humano respecto al daño notorio que le realiza al ambiente?
19	Contaminación con basura y químicos fuertes	Es necesario usar desechos tóxicos para crear nuevas empresas	¿Cómo podríamos utilizar nuevas tecnologías eco consientes, con el fin de no frenar el desarrollo industrial, pero sin dañar nuestro ambiente?

**Nota.** Fuente propia.

De la misma forma en la que se analizó esta pregunta en el pretest, se realiza un análisis de contenido estableciendo temas de análisis para agrupar las respuestas dadas por las estudiantes en cada uno de los ítems de la rutina del pensamiento (Tabla 39); allí se realiza una agrupación de las respuestas y se realiza la frecuencia de estas.

**Tabla 39.** *Temas de análisis pregunta 8- Postest.*

Ítem	Temas de análisis	Frecuencia
Veo	Contaminación ambiental	16
	Visión fáctica	3
Pienso	Reflexión activa	10
	Contaminación ambiental	9
Me pregunto	Explicación	9

Predicción	4
Actuación	6

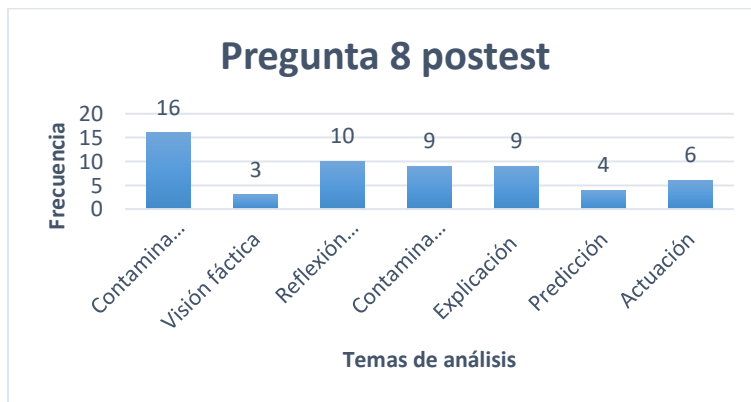
**Nota.** Fuente propia.

Como se puede observar en la tabla 39, para el ítem veo, se establecen dos temas de análisis, donde se puede observar cómo el 84,21% de las estudiantes, relacionan sus respuestas de una forma reflexiva hablando de la contaminación ambiental que se puede observar en la imagen, mientras que, un 15,78% de las estudiantes siguen arrojando respuestas poco reflexivas, desde una visión fáctica.

De igual forma, se establecen 2 temas de análisis para el ítem pienso, en el cual se encuentran respuestas más elaboradas por parte de las estudiantes, algunas como: “Es una problemática que afecta la estabilidad del ecosistema mundial, por ende, debería prestarse más atención” y “Nosotros desechamos mucha basura y desechamos todos los días, pero no somos conscientes de como esto puede afectar el medio ambiente”; donde el 52,63% de la población se encuentran en una reflexión activa, identificando y analizando las variables que pueden reconocer en la imagen y sus dificultades ambientales (Gráfica 19).

Respecto al último ítem de la rutina, las respuestas de las estudiantes son clasificadas nuevamente en tres temas de análisis, encontrando preguntas de tipo explicativo, predictivo y de actuación, en las cuales predominan preguntas de tipo explicativo y de actuación, que relacionan actividades para descontaminar o recuperar nuestro medio ambiente, resaltando preguntas como: “¿Cómo podríamos utilizar nuevas tecnologías eco conscientes, con el fin de no frenar el desarrollo industrial, pero sin dañar nuestro ambiente?” y “¿Qué solución podemos dar para que eliminemos la contaminación provocada por el ser humano?”.

**Gráfica 19.** Resultados temas de análisis pregunta 8, postest



**Nota.** Fuente propia.

Finalmente es importante resaltar como las respuestas de las estudiantes en esta última pregunta son más reflexivas, analíticas y procesadas, encontrando una mejoría en el análisis, argumentación

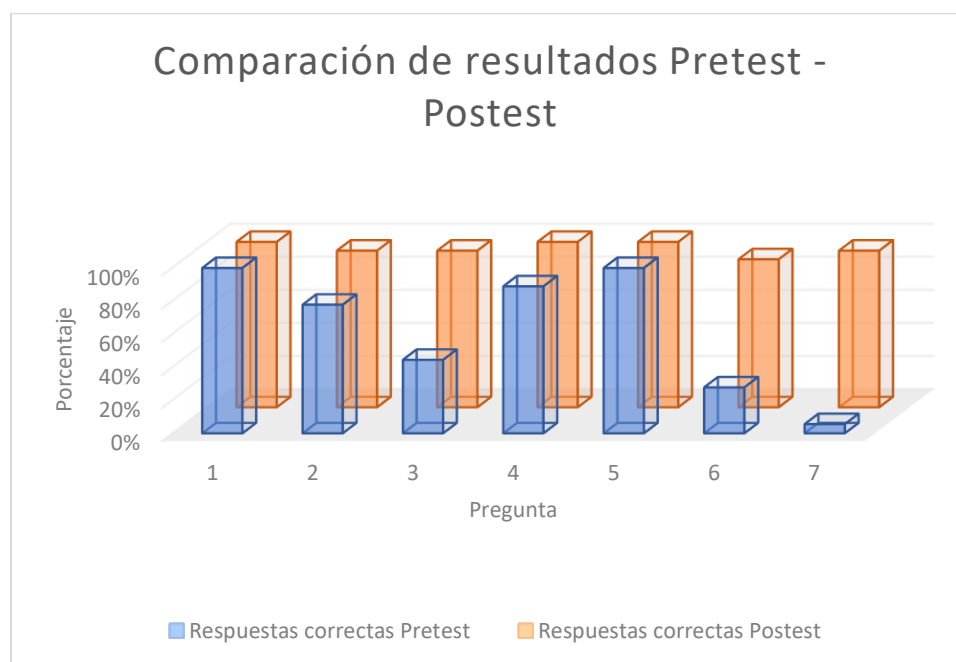


y formulación de preguntas, temas o categorías de análisis teóricos que se ven favorecidos y que fomentan la indagación como habilidad científica importante en la construcción del aprendizaje de los estudiantes.

Para concluir, es importante comparar los resultados de las primeras 7 preguntas del pretest y postest, para ver el fortalecimiento de la habilidad de indagación y de las categorías teóricas planteadas desde el inicio (Gráfica 20), observando como en preguntas donde se tenían resultados positivos en el pretest, se sigue manteniendo este resultado y se favorecen otras preguntas, como la 3, 6 y 7, donde al inicio de la investigación las respuestas correctas eran bajas, en consideración a las respuestas dadas en el postest.

Así pues, se evidencia un proceso provechoso con las actividades de aula, que permitieron favorecer la indagación a partir de la identificación de variables en el proceso, la planificación del proceso, el procesamiento de datos, el análisis de estos y la argumentación reflexiva del proceso.

**Gráfica 20.** Comparación de resultados Pretest - Postest (Preguntas 1-7)



**Nota.** Fuente propia.

## 8. CONCLUSIONES

- Es posible reconocer a partir del pretest, que las estudiantes presentaron un nivel bajo en argumentación, análisis de datos e identificación de variables en procesos científicos.
- El involucrar a estudiantes en problemas socio ambientales desde actividades de aula, implicó una reflexión activa por parte de estas, para buscar soluciones que antes no imaginaban para el proceso de descontaminación, como el proceso de fitorremediación y la importancia de este como un proceso de biorremediación como un desarrollo científico que debe ser controlado.
- El fortalecimiento de la indagación en cada una de las actividades de aula ejecutadas, a partir de los cinco elementos o categorías de análisis planteados desde el inicio de la investigación, dio resultados óptimos, reconociendo las fortalezas en la planificación de procesos, procesamiento de datos, el análisis de datos y la argumentación.
- Se observó a partir de las actividades de aula una motivación y fortalecimiento del trabajo cooperativo en el aula, permitiendo llevar a las estudiantes a un contexto cercano donde lograran indagar, buscar y proponer soluciones al problema.
- La especie vegetal *Salvinia mínima Baker* alcanzó resultados favorables para el proceso de fitorremediación, cada una de las masas trabajadas alcanzó un porcentaje de remoción mayor al 70% en la primera hora de contacto con aguas residuales sintéticas en concentraciones de 1, 2, 3, 4 y 5 mg Ni (II)\*L<sup>-1</sup>.
- El proceso de fitorremediación que realizó la especie *Salvinia mínima Baker*, es un proceso de Fitovolatilización, ya que, una vez finalizado el proceso, no se encuentra presencia de níquel en sus raíces u hojas, reconociendo que el contaminante fue transportado por su proceso metabólico y liberado a la atmósfera en sustancias menos tóxicas.
- La cinética que mejor se ajusta en el proceso, es la del modelo de pseudo segundo orden de Ho y Mackey, encontrando una regresión lineal próxima al 0,99 para todas las masas valoradas en el proceso.

## 9. SUGERENCIAS

- Para ejecutar un mejor proceso de actividades de aula, es indispensable contar con el tiempo adecuado y un seguimiento de las actividades continuas, ya que actividades extracurriculares interfieren en la continuidad del proceso.
- Desde los DBA (Derechos básicos de aprendizaje) se puede abordar la fitorremediación como estrategia para explicar desde los inicios de la escolaridad los procesos metabólicos de las especies vegetales y la contaminación.
- Es indispensable utilizar recursos como herramientas didácticas cuando no se pueda contar con el permiso e implementos de seguridad para el uso de sustancias tóxicas en el laboratorio con las estudiantes, puesto que es importante en el proceso para el fortalecimiento de la indagación, un acercamiento asertivo en el laboratorio físico o digital.
- Es importante para futuras experimentaciones con esta especie vegetal, tener la misma cantidad de masa para todas las soluciones a trabajar, preferiblemente mayor a los 15 gramos.
- Debe existir un mayor tiempo de contacto (superior a las 24 horas) para las especies con las aguas residuales sintéticas, mayores a 2 ppm, ya que el proceso de remoción a las 24 horas no es el adecuado.
- Se aconseja el trabajo con aguas residuales industriales provenientes de fábricas de acero inoxidable que se puedan encontrar en nuestro entorno y realizando un proceso a macro escala.
- Se aconseja realizar luego del proceso de adsorción, un proceso de desorción del contaminante con sustancias como HCl y NaOH en la especie.

## 10. REFERENCIAS

- Agreda E. (2004). Guía de investigación cualitativa interpretativa. <http://repositorio.unicesmag.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/65>
- Aloma et al. (2013). Panorama general en torno a la contaminación del agua por níquel. La biosorción como tecnología de tratamiento. *Revista Cubana de química*, 3 (1); 266-280. <https://www.redalyc.org/pdf/4435/443543736002.pdf>
- Aguilar A. y Aguilar H. (2017). Sistema piloto de fitorremediación para el tratamiento de aguas ácidas de los pasivos ambientales mineros de la quebrada mesa de Plata – Hualgayoc [Tesis profesional, Universidad privada Antonio Guillermo Urrelo]. Repositorio institucional UPAGU. <http://repositorio.upagu.edu.pe/bitstream/handle/UPAGU/363/Alejandro%20y%20Homero.pdf?squence=1&isAllowed=y>
- Amezcuca A. V.; Acosta E. H. y Días P. (2020). Fitorremediación de residuos de minas contaminados con metales pesados. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 7 (1); 79-91. [https://www.researchgate.net/profile/Elizabeth-Acosta-2/publication/343380921\\_Fitorremediacion\\_de\\_residuos\\_de\\_minas\\_contaminados\\_con\\_metales\\_pesados/links/5f46bf9ba6fdcc14c5c755d7/Fitorremediacion-de-residuos-de-minas-contaminados-con-metales-pesados.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Elizabeth-Acosta-2/publication/343380921_Fitorremediacion_de_residuos_de_minas_contaminados_con_metales_pesados/links/5f46bf9ba6fdcc14c5c755d7/Fitorremediacion-de-residuos-de-minas-contaminados-con-metales-pesados.pdf)
- Anderson R. (2019). Consolidation and appraisal of science meta-analyses. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(5), 497-509.
- Arango N.; Chavez M. y Feinsinger P. (2020). Enseñanza de ecología en el patio de la escuela EEPE. Guía Metodológica para la enseñanza de Ecología en el Patio de la Escuela.
- ATSDR (2005). Resumen de salud pública Níquel. ATSDR. [https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs15.pdf](https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs15.pdf)
- Ayala M.; Pernía B. y Cornejo X. (2019). Determinación de la capacidad de remoción de cadmio por *Salvinia auriculata* Aubl. en agua contaminada. *Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales*, 13 (2); 73-83. <https://www.revistas.ug.edu.ec/index.php/cna/article/download/1191/1041>
- Ayala M. (2019). Determinación de la capacidad de remoción de cadmio por la especie *salvinia auriculata* aubl. en agua contaminada [Tesis profesional, Universidad de Guayaquil]. Repositorio institucional de la Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/44728>
- Banet E. y Núñez F. (1996). Actividades en el aula para la reestructuración de ideas: un ejemplo relacionado con la nutrición humana. *Investigación en la escuela*, 28 (1); 37-58.

<https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/59700/Actividades%20en%20el%20aula%20para%20la%20reestructuraci%3b3n%20de%20ideas%20un%20ejemplo%20relacionado%20con%20la%20nutrici%3b3n%20humana.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Barrow L. (2006). A Brief History of Inquiry: From Dewey to Standards. *Journal of Science Teacher Education*, 17, 265-278.

Benito M. y Díaz I. (2017). La relación de los niños y las niñas con el saber: una mirada desde el análisis de las prácticas de aula a través de actividades lúdico-pedagógicas. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12209/17314>.

Bernal J. (2015). Evaluación de eichhornia crassipes. en el tratamiento de las aguas residuales provenientes del campus de la universidad nacional de Colombia, sede Orinoquia. [Tesis profesional, Universidad Santo Tomas]. Repositorio institucional USTA. <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/19130/2015%20Jenifer%20Bernal.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Berrio M. (2020). La experimentación con robótica: una propuesta para el desarrollo de habilidades científicas. [Tesis profesional, Universidad de Antioquia]. Repositorio institucional UdeA. [http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/14988/3/BerrioMeisy\\_2020\\_Experimentaci%3b3nConRob%3b3tica.pdf](http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/14988/3/BerrioMeisy_2020_Experimentaci%3b3nConRob%3b3tica.pdf)

Brown P.; Abell S.; Demir A. y Schmidt F. (2006). College science teachers' views of classrooms inquirí. *Science Education*, 90(5), 784-802.

Bustamante G. y Reyes V. (2018). Evaluación fisicoquímica y microbiológica asociada al tratamiento biológico de un reactor anaerobio para su aplicación en la remoción de níquel en aguas residuales industriales. [Tesis profesional, Universidad de Sonora]. Repositorio institucional UNISON. <http://148.225.114.120/bitstream/unison/2761/1/bustamantenoriegaguadalupel.pdf>

Buck L.; Bretz S. y Towns M. (2008). Characterizing the level of inquiry in the undergraduate laboratory. *Journal of College Science Teaching*, 38(4), 52-56.

Bybee R. (2000). Teaching science as inquirí. J. Inquiring into inquiry learning and teaching in science. American Association for the Advancement of Science. 20-46.

Cárdenas C. (2016). Diseño y construcción de un prototipo de comunicación para las personas con limitación auditiva, aplicado en actividades deportivas basado en ayudas aumentativas. <http://hdl.handle.net/20.500.12209/1982>.

Castillo A. (2020). Desarrollo de habilidades científicas en quinto de primaria mediante experiencias de laboratorio. [Tesis de grado, Universidad Pedagógica Nacional]. Repositorio Institucional UPN. <http://repositorio.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/11535/TO-23770.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Caviedes D.; Delgado D. y Amaya A. (2016). Remoción de metales pesados comúnmente generados por la actividad industrial, empleando macrófitas neotropicales. *Revista producción + limpia*, 11 (2). [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1909-04552016000200012](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552016000200012)

Cifuentes, R. (2011). *Diseño de proyectos de investigación cualitativa*. Buenos Aires. Argentina: Noveduc.

Correa F. y Martin J. (2014). La investigación, una estrategia pedagógica para el desarrollo de habilidades científicas hacia la conservación de quirópteros en el grupo Induciencias de la IED Técnico Industrial. [Tesis de grado, Universidad Pedagógica Nacional]. Repositorio Institucional UPN. <http://repositorio.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/1809/TE-17018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Covarrubias S. A. y Peña J. J. (2017). Contaminación ambiental por metales pesados en México: problemática y estrategias de fitorremediación. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 33 (1); 7-21. <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/RICA.2017.33.esp01.01/46640>

CRU (2018). Níquel. Caracterización y Análisis del Mercado Internacional de Minerales en el Corto, Mediano, y Largo Plazo con Vigencia al Año 2035. [http://www1.upme.gov.co/simco/CifrasSectoriales/Datos/mercadointer/Producto2\\_Niquel\\_FINAL\\_12DIC2018.pdf](http://www1.upme.gov.co/simco/CifrasSectoriales/Datos/mercadointer/Producto2_Niquel_FINAL_12DIC2018.pdf)

Dávila D. y Sosa J. (2019). Sosa, J. A., & Dávila, D. T. (2019). La enseñanza por indagación en el desarrollo de habilidades científicas. *Educación y Ciencia*, (23), 605-624. [https://revistas.uptc.edu.co/index.php/educacion\\_y\\_ciencia/article/view/10275/8480](https://revistas.uptc.edu.co/index.php/educacion_y_ciencia/article/view/10275/8480)

Di Mauro, M. F., Furman, M., y Bravo, B. (2015). Las habilidades científicas en la escuela primaria: un estudio del nivel de desempeño en niños de 4to año. *Revista electrónica de investigación en educación en ciencias*, 10(2), 1-11. <https://www.redalyc.org/pdf/2733/273343069001.pdf>

Domènec J. y Marbà A. (2022). *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, (42), 81-98. <https://ojs.uv.es/index.php/dces/article/view/21070/pdf>

Espinosa j.; Garritz A.; Labastida D. y Padilla K. (2010). Indagación. Las habilidades para desarrollarla y promover el aprendizaje: Parte II. El cuestionario y su aplicación. *Educación química*, 21(3), 190-196. Recuperado en 04 de febrero de 2022, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-893X2010000300001&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2010000300001&lng=es&tlng=es).

FACSA (2017). Metales pesados. FACSA Ciclo integral del agua. <https://www.facsa.com/metales-pesados/>

Facione P. (1990). *Critical thinking: A statement of expert consensus for purposes of educational assessment and instruction*. Millbrae, CA: The California Academic Press.

Fernández-Marchesi, N. (2018). Actividades prácticas de laboratorio e indagación en el aula. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 44, 203-218

Ferrés C.; Marbà A y Sanmartí N. (2010). Trabajos de indagación de los alumnos: instrumentos de evaluación e identificación de dificultades. *Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias - 2015*, 12 (1), 22-37. [https://rodin.uca.es/bitstream/handle/10498/16922/02-696-Ferres\\_et\\_al.pdf?sequence=6&isAllowed=y](https://rodin.uca.es/bitstream/handle/10498/16922/02-696-Ferres_et_al.pdf?sequence=6&isAllowed=y)

Franco A.; Prieto J.; Cárdenas D. y Bernal M. (2016). Implementación de un sistema de fitorremediación en zona aledaña a reserva forestal protectora El Malmo, Boyacá, Colombia. *Revista DE INVESTIGACIÓN Agraria y Ambiental*, 7 (1). <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/1540/1839>

Garritz, A. (2010). Indagación: las habilidades para desarrollarla y promover el aprendizaje. *Educación química*, 21(2), 106-110.

Gómez L. y Salas A. (2021). Diseño e implementación de una propuesta pedagógica basada en actividades artísticas, para desarrollar la Interdependencia y la Autodeterminación positiva en los participantes de Aula Húmeda. <http://hdl.handle.net/20.500.12209/16729>.

Gowin D. y Novak J. (1988). Aprender a Aprender. Diapositivas. <http://www.marcelinotrujillo.com>

Herbario Nacional Colombiano (2016). COL000343474 - *Salvinia auriculata* Aubl. – Salviniaceae. Universidad Nacional de Colombia. <http://www.biovirtual.unal.edu.co/es/colecciones/detail/2204/>

IDEAM. (2015). Demanda de agua. [http://www.ideam.gov.co/web/siac/demandaagua#:~:text=El%20sector%20que%20m%C3%A1s%20demanda,4%20\(8%2C2%25\)](http://www.ideam.gov.co/web/siac/demandaagua#:~:text=El%20sector%20que%20m%C3%A1s%20demanda,4%20(8%2C2%25).).

Jaramillo M.; Marín Y. y Ocampo D. (2018). Efectos en el nivel fotosintético en tres especies de plantas acuáticas sometidas a un tratamiento con agua residual de origen minero. *Boletín Científico. Centro de Museos*, 22 (1). <https://revistasojs.ucaldas.edu.co/index.php/boletincientifico/article/view/2726>

Jaramillo M.; Buitrago D.; Henao S. y Galvis J. (2016). Manejo de macrófitas acuáticas en la acumulación y transformación de cianuro producto del beneficio del oro en la mina La Coqueta. *Boletín Científico. Centro de Museos*, 20 (1), 63-77. <https://revistasojs.ucaldas.edu.co/index.php/boletincientifico/article/view/3847>

Lederman, N. (2017), *Hand book of Research on Science Education*. 808-830.

León R. (2017). Inventario de plantas recomendadas para fitorremediación de coliformes fecales en aguas negras [Tesis profesional, Universidad de Guayaquil]. Repositorio institucional de la Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/17560>

Londoño L.; Londoño P. y Muñoz F. (2016). Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Bio. Agro*, 14 (2), 145-153. [https://doi.org/10.18684/BSAA\(14\)145-153](https://doi.org/10.18684/BSAA(14)145-153).

López G. (2012). Pensamiento crítico en el aula. *Docencia e Investigación*, 22, 41-60. Cuernavaca: Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

López D. y Obando N. (2018). Habilidades de pensamiento científico en estudiantes de primer grado. *Revista de la asociación colombiana de ciencias biológicas*, 1(30), 52-62. <https://revistaaccb.org/r/index.php/accb/article/view/165>

Martin J. (2021). Diseño de actividades de aula basadas en la tricerebralidad, para potenciar el cerebro y mejorar el desempeño académico y las relaciones sociales entre pares, de los estudiantes de grado sexto de la Institución Educativa Departamental Monseñor Agustín Gutiérrez del municipio de Tibirita Cundinamarca. [Tesis profesional, Universidad Cooperativa de Colombia]. Repositorio institucional Cooperativa de Colombia. [http://www.knowledgearchive.org/bitstream/20.500.12494/35370/6/2021\\_Martin\\_potenciar\\_tricerebralidad\\_electronica.pdf](http://www.knowledgearchive.org/bitstream/20.500.12494/35370/6/2021_Martin_potenciar_tricerebralidad_electronica.pdf)

Martínez, R. D., Montero, Y. H. y Pedrosa, M. E. (2001). La computadora y las actividades del aula: Algunas perspectivas en la educación general básica de la provincia de Buenos Aires. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 3 (2). <http://redie.ens.uabc.mx/vol3no2/contenido-vidal.html>

Mendoza Y.; Castro F.; Marín J. y Behling E. (2016). Fitorremediación como alternativa de tratamiento para aguas residuales domésticas de la ciudad de Riohacha (Colombia). *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*, 39 (2). [http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0254-07702016000200004&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0254-07702016000200004&script=sci_arttext&tlng=pt)

Ministerio de Educación Nacional de la República de Colombia. (1998). Lineamientos curriculares en Ciencias Naturales y Educación Ambiental. Colombia.

Monroy, M.; Muñoz, A. (2017). Aplicación del modelo enseñanza para la comprensión: fitorremediación para la remoción de Plomo II con Aloe Vera (*Aloe barbadensis miller*). [Tesis de grado, Universidad Pedagógica Nacional]. Repositorio Institucional UPN. <http://repositorio.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/9774/TE-21904.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Monroy, M. (2022). Video práctica real. [Video]. YouTube. [https://youtu.be/Blqq\\_HJhLM](https://youtu.be/Blqq_HJhLM)

Morera L. (2015). Evaluación de la eficiencia de humedales subsuperficiales para la remoción de cromo total y níquel (II) en aguas residuales industriales. [Tesis profesional, Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas]. Repositorio institucional UCLV. <https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/7337/Luis%20Ernesto%20Morera%20Hernandez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



Muñoz C. y Novoa S. (2018). El humedal artificial como material educativo para la enseñanza de la fitorremediación con Buchón de Agua (*Eichhornia crassipes*) en sistemas acuáticos dirigido a los maestros de biología del Distrito. [Tesis de grado, Universidad Pedagógica Nacional]. Repositorio Institucional UPN.

<http://repositorio.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/10509/TE-22718.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Naula L. y Zúñiga P. (2021). Remoción de metales pesados (cromo, zinc, aluminio, arsénico, níquel y cobre) en aguas industriales utilizando algas coimmobilizadas con alginato de sodio. [Tesis profesional, Universidad de Cuenca]. Repositorio institucional UCUENCA. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/36637/1/Trabajo%20de%20Titulaci%C3%B3n.pdf>

Navarro J.; Aguilar A.; y López J. (2007). Aspectos bioquímicos y genéticos de la tolerancia y acumulación de metales pesados en plantas. *Ecosistemas*, 16(2). <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/125>

Paul R. y Elder L. (2003). La mini-guía para el Pensamiento crítico Conceptos y herramientas. Fundación para el pensamiento crítico. <http://www.criticalthinking.org/PDF/SP-ConceptsTools.pdf>

Poveda R. (2014). 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 profesional, Universidad técnica de Ambato]. Repositorio institucional UTA. <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/8455/1/BQ%2056%20.pdf>

Pulido G. y Romero Y. (2015). Incidencia de las rutinas de pensamiento en el fortalecimiento de habilidades científicas: observar y preguntar en los estudiantes de grado cuarto, ciclo II del Colegio Rural José Celestino Mutis IED. Universidad de La Sabana, Chía-Cundinamarca. <https://core.ac.uk/download/pdf/326433743.pdf>

Quintero J. (2017). Microproyectos texto auténtico para la cualificación de la escritura. [Tesis de grado, Universidad Pedagógica Nacional]. Repositorio Institucional UPN. <http://repositorio.pedagogica.edu.co/handle/20.500.12209/3171>

Reyes D. y García Y. (2014). Desarrollo de habilidades científicas en la formación inicial de profesores de ciencias y matemática. *Educación y educadores*, 17 (2). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5450685>

Rojas G, P. J.; Vergel C., R. (2018). Iniciación al álgebra y pensamiento algebraico temprano: actividades para orientar el trabajo en el aula. *RECME-Revista Colombiana de Matemática Educativa*. 3(1), 19-30.

Romero J. y Yomayusa W. (2015). Club de ciencias para el desarrollo de habilidades científicas desde la Educación Ambiental. [Tesis de grado, Universidad Pedagógica Nacional]. Repositorio Institucional UPN. <http://upnblib.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/10681/TE-18250.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ruiz A. (2014). Habilidades científico-investigativas a través de la investigación formativa en estudiantes de educación secundaria. UCV-HACER. Revista de Investigación y Cultura, 3(1), 16-30. <https://www.redalyc.org/pdf/5217/521751975002.pdf>

Ruiz, F. (2007). Modelos didácticos para la enseñanza de las ciencias naturales. Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (Colombia), 3 (2), 41-60. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=134112600004>

Saiz C. y Rivas S. (2008). Evaluación en pensamiento crítico: una propuesta para diferenciar formas de pensar. ERGO, Nueva Época. <https://bit.ly/2QrWAlu/s>

Sánchez J. (2016). Diseño e implementación de una secuencia didáctica sobre la fitorremediación de Cromo (VI) orientada al desarrollo de competencias científicas investigativas. [Tesis de grado, Universidad Pedagógica Nacional]. Repositorio Institucional UPN. <http://repositorio.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/278/TO-19287.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sembramos (s.f.). Plantas de exterior. Sembramos amor por las plantas. <https://sembramos.com.co/planta-oreja-de-raton.html>

Tejada C.; Herrera A. y Ruiz E. (2016). Utilización de biosorbentes para la remoción de níquel y plomo en sistemas binarios. Ciencia En Desarrollo, 7 (1), 31–36. <https://doi.org/10.19053/01217488.4228>

Tejada C.; Villabona A. y Ruiz E. (2016). Adsorción de Ni (II) por cáscaras de ñame (*Dioscorea rotundata*) y bagazo de palma (*Elaeis guineensis*) pretratadas. Revista Luna Azul, 42 (1), 30 - 43. <https://revistasojs.ucaldas.edu.co/index.php/lunazul/article/view/1606>

Tembladera, C. y García, H. (2013). La indagación científica para la enseñanza de las ciencias. Horizonte de la Ciencia, 3(5), 99-104.

Torres N. y Beltrán M. (2010). Desarrollo de habilidades cognitivas a través de un programa de intervención en química. *QURRICULUM*, 24 (1), 117-140. [https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/10688/Q\\_24\\_%282011%29\\_07.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/10688/Q_24_%282011%29_07.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

UNESCO (1997) La educación encierra un tesoro; informe de la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la educación para el siglo XXI presidida por Jacques Delors, Santillana Ediciones UNESCO.

Velásquez J. (2017) Contaminación de suelos y aguas por hidrocarburos en Colombia. Análisis de la fitorremediación como estrategia biotecnológica de recuperación. Revista DE INVESTIGACIÓN


Agraria y Ambiental, 8 (1).  
<https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/1846/2065>

Vidal M. y Rivera N. (2007). Investigación-acción. Educación Médica Superior, 21(4).  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S086421412007000400012&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S086421412007000400012&lng=es&tlng=es).

Zimicz, C. (2016). Las plantas y su capacidad para remediar sitios contaminados.  
<https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/48535/Las%20Plantas%20y%20su%20capacidad%20para%20remediar%20sitios%20contaminados.pdf?sequence=5&isAllowed=y>

## 11. ANEXOS

### 11.1. Anexo 1. Pretest

	<b>QUÍMEXPERIA</b>	
	<b>Docente:</b> María Alejandra Monroy Tovar	
<b>Objetivo general:</b> Fortalecer la indagación a partir de la implementación de actividades de aula con estudiantes de grado octavo y noveno del taller integrado Químexperia del Instituto Clara Fey, mediante la fitorremediación con Acordeón de agua ( <i>Salvinia mínima Baker</i> ) para la remoción de Ni (II) en aguas residuales.		
<b>PRETEST</b>		

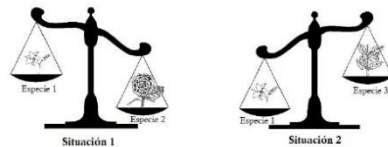
Esta prueba es realizada solo con fines de investigación, la cual servirá para la realización de una tesis sobre un estudio y promoción de habilidades de indagación y pensamiento crítico mediante el proceso de fitorremediación.

Edad: \_\_\_\_\_ Curso: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

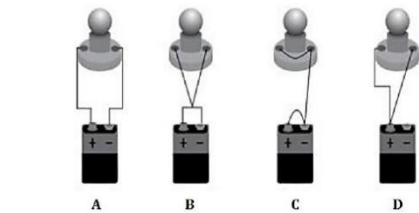
**INSTRUCCIONES:** la veracidad con que responda las preguntas planteadas es de gran importancia, para ello se le pide que marque con una X la opción que considere correcta.

- Sofía entrena a su perro lanzando al aire palos, pelotas y aros, todos del mismo tamaño; el perro recibe un premio cada vez que recoge un palo. Después de un tiempo, Sofía lanza los tres objetos al tiempo y observa que el perro recoge el palo. Con este experimento se evidencia que el perro puede:
  - De las especies 1 y 2 es igual.
  - De la especie 1 es mayor que la masa de la especie 2.
  - De la especie 3 es menor que la masa de la especie 2.
  - De las especies 2 y 3 es igual.
- Ximena tiene una pila de 9V, cables y un bombillo, observa los siguientes esquemas.
  - Jugar con palos, pelotas y aros.
  - Recoger diferentes objetos.
  - Reconocer los palos.
  - Diferenciar entre diferentes tamaños.

- En el laboratorio se realiza un experimento en el que se colocan tres especies vegetales de igual volumen en una balanza, como se observa en el siguiente esquema.



De acuerdo con lo que se observa en el esquema anterior, es correcto afirmar que la masa:



¿Cuál de los circuitos es el ideal para que Ximena pueda encender el bombillo?

- A y B
  - B
  - A
  - D
- En las tiendas D1 se les pidió a los clientes que llevaran bolsas de tela reutilizables para sus compras, para evitar el uso de bolsas plásticas.



## QUÍMEXPERIA

**Docente:** María Alejandra Monroy Tovar

**Objetivo general:** Promover el pensamiento crítico e indagación a partir de la implementación del modelo de mini proyectos con estudiantes de grado octavo y noveno del taller integrado Químexperia del Instituto Clara Fey, mediante la fitorremediación con Oreja de ratón (*Salvinia auriculata*) para la remoción de Ni (II) en aguas residuales.



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

### PRETEST

¿Qué ventaja traería para el ambiente si todas las tiendas tuvieran la misma iniciativa?

- La tela se demoraría mas tiempo en biodegradarse que el plástico.
- Se conservarían mejor los alimentos en las bolsas de tela.
- Se crearían mas empleos en la industria textil.
- Se reduciría la contaminación por plástico.

5. Observa el siguiente esquema:

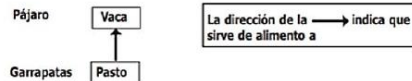


De las actividades que se observan, ¿Cuál es la que más contamina la fuente hídrica?

a)                      b)                      c)                      d)

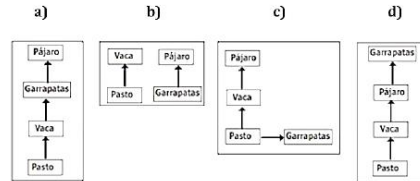


6. Luis debe elaborar una cadena trófica con los siguientes seres vivos y ya trazo la primera flecha, como se observa a continuación:



Luis sabe que las garrapatas son parásitos y que los pájaros consumen gusanos, insectos y otros animales pequeños; ¿Cuál de los siguientes

esquemas daría evidencia de la cadena trófica correcta?



7. Se entiende por fitorremediación como “El uso de plantas para remover, estabilizar y/o remediar contaminantes en suelos, lodos, aguas y sedimentos”. Observa y selecciona el esquema que mejor representa el proceso de fitorremediación.

A su vez existen 6 tipos de fitorremediación como se observa en la siguiente información:

Tipo de fitorremediación	Características generales
Fitodegradación	Degrada o transforma en sustancias menos tóxicas diversos tipos de contaminantes orgánicos.
Fitoestimulación	Los exudados de las raíces de las plantas estimulan el crecimiento de microorganismos capaces de degradar contaminantes orgánicos.
Fitovolatilización	Volatilización de ciertos contaminantes, como mercurio y selenio, contenidos en suelos, sedimentos o agua. Tales contaminantes son absorbidos, metabolizados, trasportados desde su raíz a sus partes superiores y liberados a la atmósfera.
Fitoestabilización	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 humificación.
Fitoextracción	Explota la capacidad de algunas plantas para acumular contaminantes en sus raíces, tallos o follaje, las cuales pueden ser fácilmente cosechadas.
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.

En el siguiente esquema escribe el nombre correspondiente de cada proceso de fitorremediación que se evidencia:



## QUÍMEXPERIA

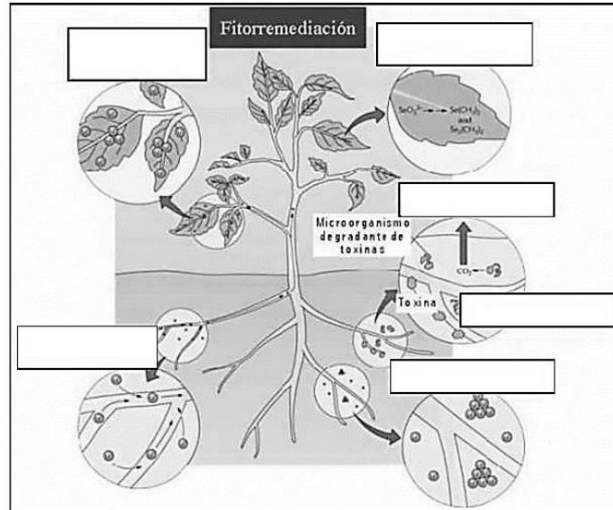
Docente: María Alejandra Monroy Tovar

**Objetivo general:** Promover el pensamiento crítico e indagación a partir de la implementación del modelo de mini proyectos con estudiantes de grado octavo y noveno del taller integrado Químexperia del Instituto Clara Fey, mediante la fitorremediación con Oreja de ratón (*Salvinia auriculata*) para la remoción de Ni (II) en aguas residuales.



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL


### PRETEST



8. Resuelve la siguiente rutina del pensamiento “Veo, pienso, me pregunto”, con la imagen que se observa:

### VEO-PIENSO-ME PREGUNTO


## 11.2. Anexo 2. Actividad 1.

	<b>QUÍMEXPERIA</b>	
	<b>Docente:</b> Maria Alejandra Monroy Tovar <b>Objetivo general:</b> Fortalecer la indagación a partir de la implementación de actividades de aula con estudiantes de grado octavo y noveno del taller integrado Químexperia del Instituto Clara Fey, mediante la fitorremediación con Acordeón de agua ( <i>Salvinia minima Baker</i> ) para la remoción de Ni (II) en aguas residuales.	

**ACTIVIDAD 1**

### Fitorremediación

La fitorremediación es considerada una tecnología alternativa y hace parte del grupo de Biotecnología, es una tecnología de bajo costo para la recuperación de ambientes y fuentes hídricas contaminadas. El proceso de fitorremediación se basa en el uso de plantas para remover, estabilizar y/o remediar contaminantes (orgánicos e inorgánicos) en suelos, lodos, aguas y sedimentos. 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 especies vegetales; así mismo este proceso es considerado una tecnología sustentable de la cual se han encontrado diferentes mecanismos, los cuales dependen de diferentes factores como:

- ✓ **Especie vegetal:** No todas las especies son iguales, cada una tiene su propio metabolismo.
- ✓ **Medio:** Las especies vegetales se pueden dar en suelo (fotomorfogénesis) o agua (Elodea).
- ✓ **Contaminante:** Puede ser orgánico e inorgánico y a sus concentraciones pueden variar.

Teniendo en cuenta los factores se han encontrado seis tipos de Fitorremediación: Fitodegradación, Fitoestimulación, Fitovolatilización, Fitoestabilización, Fitoextracción y Rizofiltración; cada uno de los aspectos importantes se pueden encontrar en la tabla 1 que se observa a continuación.

Tipo de fitorremediación	Características generales
Fitodegradación	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.
Fitoestimulación	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.



## QUÍMEXPERIA

**Docente:** Maria Alejandra Monroy Tovar

**Objetivo general:** Fortalecer la indagación a partir de la implementación de actividades de aula con estudiantes de grado octavo y noveno del taller integrado Químexperia del Instituto Clara Fey, mediante la fitorremediación con Acordeón de agua (*Salvinia minima Baker*) para la remoción de Ni (II) en aguas residuales.



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA  
NACIONAL

### ACTIVIDAD 1

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.
Fitoestabilización	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.
Fitoextracción	Explora 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.
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.

Nota. Información tomada de Monroy, M. y Muñoz, A. (2017).

1. Observa el video “Todo Es Ciencia – Fitorremediación” (<https://www.youtube.com/watch?v=qaG3RHxopDg&list=LL&index=4&t=142s>) y realiza la rutina de pensamiento: Veo, pienso y me pregunto respecto a la información que se menciona en el video.





## QUÍMEXPERIA

Docente: Maria Alejandra Monroy Tovar

**Objetivo general:** Fortalecer la indagación a partir de la implementación de actividades de aula con estudiantes de grado octavo y noveno del taller integrado Químexperia del Instituto Clara Fey, mediante la fitorremediación con Acordeón de agua (*Salvinia minima Baker*) para la remoción de Ni (II) en aguas residuales.



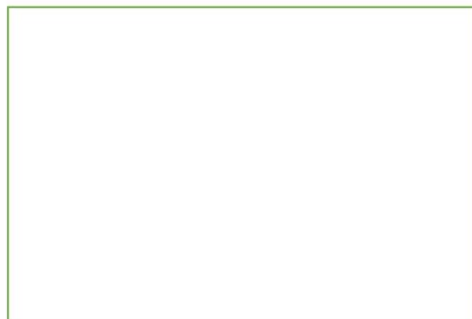
### ACTIVIDAD 1

#### VEO-PIENSO-ME PREGUNTO


#### ***Salvinia auriculata***

La especie *Salvinia auriculata*, también es conocida como Oreja de ratón, Oreja de elefante, Oreja de agua, Acordeón o Helecho mariposa; se puede encontrar en toda la zona del caribe y en la mayoría de los países de América del sur tropical, como Colombia, Ecuador, Paraguay, Venezuela, entre otros; es una especie acuática flotante en forma de acordeón que va creciendo de forma horizontal y su reproducción es por medio de esporas, puede llegar a medir 10 cm de largo y 3 cm de ancho; es una especie donde sus hojas son redondeadas, con un aspecto aterciopelado por los pelos que tienen para mantener la humedad sobre ellas, es de color verde entre pálido y fuerte.

2. Observe en el microscopio la especie vegetal que la docente le acaba de otorgar, dibuje cada una de sus partes en los recuadros que se observan a continuación:



**Raíz**



## QUÍMEXPERIA

**Docente:** Maria Alejandra Monroy Tovar

**Objetivo general:** Fortalecer la indagación a partir de la implementación de actividades de aula con estudiantes de grado octavo y noveno del taller integrado Químexperia del Instituto Clara Fey, mediante la fitorremediación con Acordeón de agua (*Salvinia minima Baker*) para la remoción de Ni (II) en aguas residuales.



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA  
NACIONAL

### ACTIVIDAD 1



**Hojas**

#### Níquel

El níquel es un metal de transición ubicado en el bloque d de la tabla periódica, el cual tiene como número atómico el 28 y su símbolo es Ni, fue descubierto por Alex Friedrik Cronstedt en Suecia en el año 1751 en la niquelina, un mineral que contiene aproximadamente un 43,9% de níquel; tiene un aspecto lustroso y su estado natural es sólido.

3. Ubique el Ni en la tabla periódica, realice su configuración electrónica

---

---

---

4. Grafique el átomo de Ni según la configuración electrónica establecida.





## QUÍMEXPERIA

**Docente:** Maria Alejandra Monroy Tovar

**Objetivo general:** Fortalecer la indagación a partir de la implementación de actividades de aula con estudiantes de grado octavo y noveno del taller integrado Químexperia del Instituto Clara Fey, mediante la fitorremediación con Acordeón de agua (*Salvinia minima Baker*) para la remoción de Ni (II) en aguas residuales.



UNIVERSIDAD PEDAGOGICA  
NACIONAL

### ACTIVIDAD 1

5. Según el video “Níquel, orgullo de la minería colombiana” (<https://www.youtube.com/watch?v=MRWCaC1JAEA&list=LL&index=3&t=70s>), ¿Consideras importante reconocer los peligros del uso de este metal en la industria? ¿Por qué?

---

---

---

---

---


6. Según lo mencionado por la docente y la información adjunta que ha encontrado en esta guía, formule una pregunta orientadora que quiera resolver al finalizar el proyecto.

---

---

---

### 11.3. Anexo 3. V heurística.

	<h2 style="margin: 0;">QUÍMEXPERIA</h2> <p><b>Docente:</b> Maria Alejandra Monroy Tovar</p> <p><b>Objetivo general:</b> Fortalecer la indagación a partir de la implementación de actividades de aula con estudiantes de grado octavo y noveno del taller integrado Químexperia del Instituto Clara Fey, mediante la fitorremediación con Acordeón de agua (<i>Salvinia minima Baker</i>) para la remoción de Ni (II) en aguas residuales.</p>	
<b>ACTIVIDAD 2</b>		

A continuación, se presenta un esquema resumido y los aspectos conceptuales de lo que es el Diagrama Heurístico de Gowin (1988); apoyado en esta información presentar el informe de las prácticas de laboratorio realizadas.



Tomado de: Novak, J. D., Gowin, D. B., & Otero, J. (1988). Aprendiendo a aprender (pp. 117-134). Barcelona: Martínez Roca



# QUÍMEXPERIA

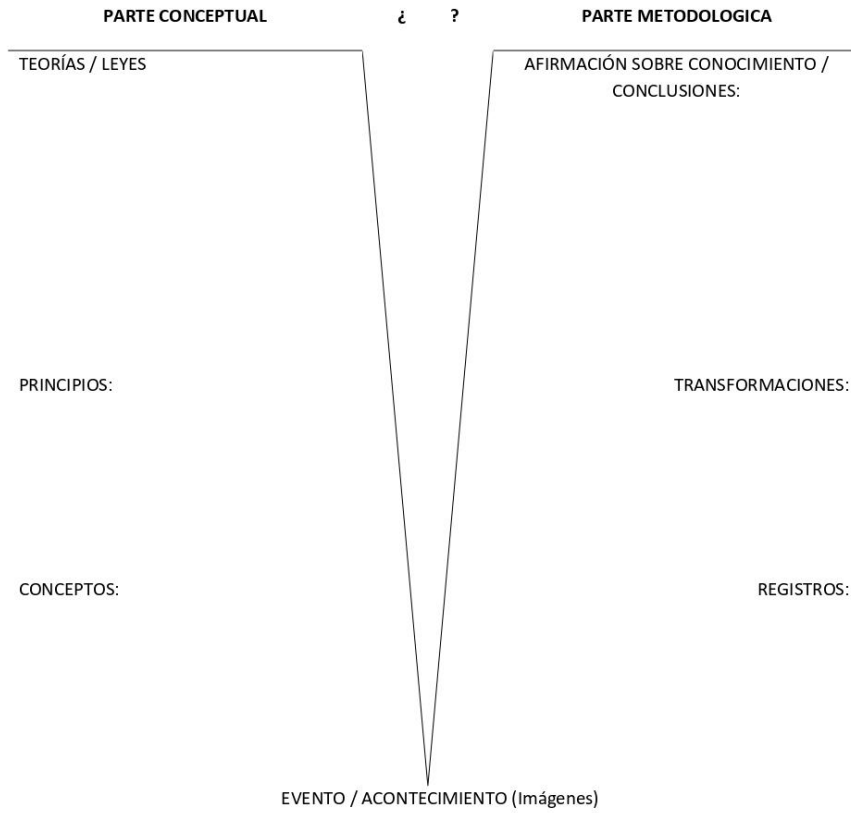
Docente: Maria Alejandra Monroy Tovar

**Objetivo general:** Fortalecer la indagación a partir de la implementación de actividades de aula con estudiantes de grado octavo y noveno del taller integrado Químexperia del Instituto Clara Fey, mediante la fitorremediación con Acordeón de agua (*Salvinia minima Baker*) para la remoción de Ni (II) en aguas residuales.



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

## ACTIVIDAD 2



11.4. Anexo 4. Guía laboratorio.

	<h3 style="margin: 0;">QUÍMEXPERIA</h3> <p><b>Docente:</b> María Alejandra Monroy Tovar</p> <p><b>Objetivo general:</b> Fortalecer la indagación a partir de la implementación de actividades de aula con estudiantes de grado octavo y noveno del taller integrado Químexperia del Instituto Clara Fey, mediante la fitorremediación con Acordeón de agua (<i>Salvinia minima Baker</i>) para la remoción de Ni (II) en aguas residuales.</p>	
<b>GUÍA DE LABORATORIO</b>		

1. Mase la especie vegetal antes del tratamiento, anote la concentración de Ni inicial, el volumen inicial del agua residual sintética, el pH de esta y anote los resultados obtenidos:

<b>Especie vegetal:</b> Acordeón de agua ( <i>Salvinia mínima Baker</i> )
<b>Masa:</b>
<b>Volumen:</b>

<b>Concentración inicial de Ni:</b>
-------------------------------------

Tabla 1. Tiempo de contacto.

Tiempo	Absorbancia	Concentración (ppm)	% Remoción	% Retención
0h				
1h				
2h				
3h				
4h				
5h				
6h				
24h				

2. Teniendo en cuenta los siguientes datos, determine el tipo de Fitorremediación que presenta la especie vegetal.

Tabla 2. Tipo de Fitorremediación.

Masas	Absorbancia	Concentración (ppm)
Raíz		
Hojas		

## 11.5. Anexo 5. Postest.

	<h3 style="margin: 0;">QUÍMEXPERIA</h3> <p style="margin: 0;"><b>Docente:</b> María Alejandra Monroy Tovar</p> <p style="margin: 0;"><b>Objetivo general:</b> Fortalecer la indagación a partir de la implementación de actividades de aula con estudiantes de grado octavo y noveno del taller integrado Químexperia del Instituto Clara Fey, mediante la fitorremediación con Acordeón de agua (<i>Salvinia mínima Baker</i>) para la remoción de Ni (II) en aguas residuales.</p>	
<b>POSTEST</b>		

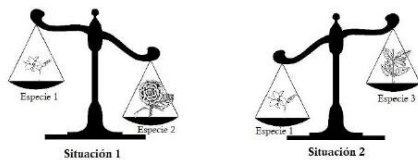
Esta prueba es realizada solo con fines de investigación, la cual servirá para la realización de una tesis sobre un estudio y promoción de habilidades de indagación y pensamiento crítico mediante el proceso de fitorremediación.

Edad: \_\_\_\_\_ Curso: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

**INSTRUCCIONES:** la veracidad con que responda las preguntas planteadas es de gran importancia, para ello se le pide que marque con una **X** la opción que considere útil.

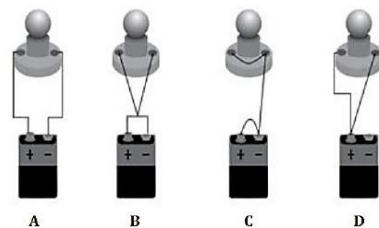
1. Sofia entrena a su perro lanzando al aire palos, pelotas y aros, todos del mismo tamaño; el perro recibe un premio cada vez que recoge un palo. Después de un tiempo, Sofia lanza los tres objetos al tiempo y observa que el perro recoge el palo. Con este experimento se evidencia que el perro puede:
  - a) Jugar con palos, pelotas y aros.
  - b) Recoger diferentes objetos.
  - c) Reconocer los palos.
  - d) Diferenciar entre diferentes tamaños.

2. En el laboratorio se realiza un experimento en el que se colocan tres especies vegetales de igual volumen en una balanza, como se observa en el siguiente esquema.



De acuerdo con lo que se observa en el esquema anterior, es correcto afirmar que la masa:

3. Ximena tiene una pila de 9V, cables y un bombillo, observa los siguientes esquemas.



¿Cuál de los circuitos es el ideal para que Ximena pueda encender el bombillo?

- a) A y B
  - b) B
  - c) A
  - d) D
4. En las tiendas D1 se les pidió a los clientes que llevaran bolsas de tela reutilizables para sus compras, para evitar el uso de bolsas plásticas.



## QUÍMEXPERIA

**Docente:** María Alejandra Monroy Tovar

**Objetivo general:** Promover el pensamiento crítico e indagación a partir de la implementación del modelo de mini proyectos con estudiantes de grado octavo y noveno del taller integrado Químexperia del Instituto Clara Fey, mediante la fitorremediación con Oreja de ratón (*Salvinia auriculata*) para la remoción de Ni (II) en aguas residuales.



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

### POSTEST

¿Qué ventaja traería para el ambiente si todas las tiendas tuvieran la misma iniciativa?

- a) La tela se demoraría mas tiempo en biodegradarse que el plástico.
- b) Se conservarían mejor los alimentos en las bolsas de tela.
- c) Se crearían mas empleos en la industria textil.
- d) Se reduciría la contaminación por plástico.

5. Observa el siguiente esquema:

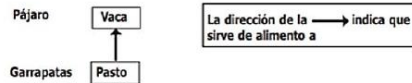


De las actividades que se observan, ¿Cuál es la que más contamina la fuente hídrica?

- a)                      b)                      c)                      d)

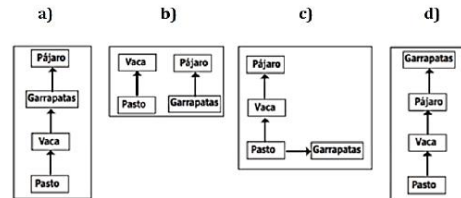


6. Luis debe elaborar una cadena trófica con los siguientes reseres vivos y ya trazo la primera flecha, como se observa a continuación:



Luis sabe que las garrapatas son parásitos y que los pájaros consumen gusanos, insectos y otros animales pequeños; ¿Cuál de los siguientes

esquemas daría evidencia de la cadena trófica correcta?



7. Se entiende por fitorremediación como “El uso de plantas para remover, estabilizar y/o remediar contaminantes en suelos, lodos, aguas y sedimentos”. Observa y selecciona el esquema que mejor representa el proceso de fitorremediación.

A su vez existen 6 tipos de fitorremediación como se observa en la siguiente información:

Tipo de fitorremediación	Características generales
Fitodegradación	Degrada o transforma en sustancias menos tóxicas diversos tipos de contaminantes orgánicos.
Fitoestimulación	Los exudados de las raíces de las plantas estimulan el crecimiento de microorganismos capaces de degradar contaminantes orgánicos.
Fitovolatilización	Volatilización de ciertos contaminantes, como mercurio y selenio, contenidos en suelos, sedimentos o agua. Tales contaminantes son absorbidos, metabolizados, trasportados desde su raíz a sus partes superiores y liberados a la atmósfera.
Fitoestabilización	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 secuestación, lignificación o humidificación.
Fitoextracción	Explota la capacidad de algunas plantas para acumular contaminantes en sus raíces, tallos o follaje, las cuales pueden ser fácilmente cosechadas.
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.

En el siguiente esquema escribe el nombre correspondiente de cada proceso de fitorremediación que se evidencia:





## QUÍMEXPERIA

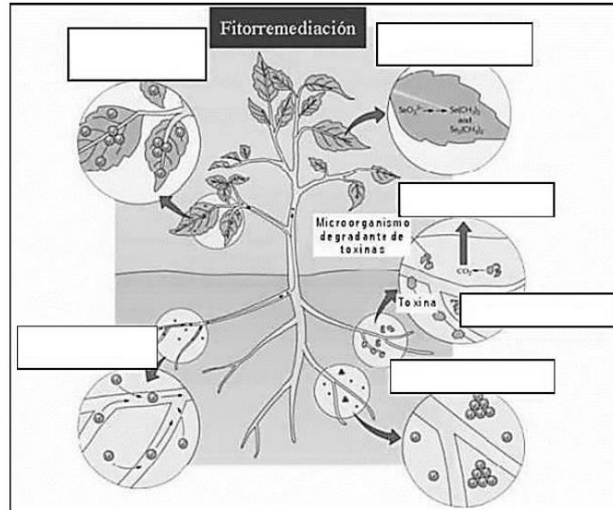
**Docente:** María Alejandra Monroy Tovar

**Objetivo general:** Promover el pensamiento crítico e indagación a partir de la implementación del modelo de mini proyectos con estudiantes de grado octavo y noveno del taller integrado Químexperia del Instituto Clara Fey, mediante la fitorremediación con Oreja de ratón (*Salvinia auriculata*) para la remoción de Ni (II) en aguas residuales.



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

### POSTEST



8. Resuelve la siguiente rutina del pensamiento “Veo, pienso, me pregunto”, con la imagen que se observa:

### VEO-PIENSO-ME PREGUNTO



11.6. Anexo 6. Consentimiento informado.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>— Hacia la Calidad de la Educación —</small>	<b>FORMATO</b>		
	<b>CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN</b>		
Código: FOR026INV	Fecha de Aprobación: 28-08-2019	Versión: 02	Página 1 de 2

**Vicerrectoría de Gestión Universitaria  
 Subdirección de Gestión de Proyectos – Centro de  
 Investigaciones CIUP Comité de Ética en la Investigación**

En el marco de la Constitución Política Nacional de Colombia, la Ley Estatutaria 1581 de 2012 “Por la cual se dictan disposiciones generales para la protección de datos personales” y la Resolución 1642 del 18 de diciembre de 2018 “Por la cual se derogan las Resoluciones N°0546 de 2015 y N° 1804 de 2016, y se reglamenta el Comité de Ética en Investigación de la Universidad Pedagógica Nacional y demás normatividad aplicable vigente, se ha definido el siguiente formato de consentimiento informado para proyectos de investigación realizados por miembros de la comunidad académica considerando el principio de autonomía de las comunidades y de las personas que participan en los estudios adelantados por miembros de la comunidad académica.

Lo invitamos a que lea detenidamente el Consentimiento informado, y si está de acuerdo con su contenido exprese su aprobación firmando el siguiente documento:

**PARTE UNO: INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO**

<b>Título del proyecto de investigación</b>	<b>Fortalecimiento de habilidades científicas aplicando actividades de aula: Enseñanza de la fitorremediación en la remoción de Ni (II) con Acordeón de agua (<i>Salvinia mínima Baker</i>)</b>		
<b>Resumen de la investigación</b>	Para esta investigación se pretende trabajar desde el enfoque mixto, teniendo como base la modalidad de actividades de aula, para lograr la comprensión y el fortalecimiento de la indagación, donde se observe un análisis y justificación del proceso de fitorremediación en el Instituto Clara Fey. Esta investigación se realizará en las horas de clase de talleres integrados, los viernes 7 <sup>a</sup> y 8 <sup>a</sup> hora, con una intensidad de 2 horas semanales por medio de escritos, actividades experimentales e investigativas.		
<b>Descriptor claves del proyecto de investigación</b>	Fitorremediación. Indagación, actividades de aula.		
<b>Descripción de los posibles beneficios de participar en el estudio.</b>	Se espera que las estudiantes participantes de la investigación mejoren sus habilidades de indagación, su trabajo en equipo y sobre todo para que tengan la oportunidad de manejar nuevas herramientas de biorremediación.		
<b>Mencione la forma en que se socializarán los resultados de la investigación</b>	Se realizará una sustentación oral en equipo de los hallazgos encontrados en la investigación.		
<b>Explicita la forma en que mantendrá la reserva de la información</b>	Los datos obtenidos en la investigación solo se usarán con fines académicos y se mantendrá el anonimato con una codificación para cada participante.		
<b>Datos generales del investigador principal</b>	Nombre(s) y Apellido(s):		
	N° de Identificación:	Teléfono	
	Correo electrónico:		

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>RECTORADO NACIONAL</small>	<b>FORMATO</b>		
	<b>CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN</b>		
Código: FOR026INV	Fecha de Aprobación: 28-08-2019	Versión: 02	Página 2 de 2

**PARTE DOS: CONSENTIMIENTO INFORMADO**

Yo: \_\_\_\_\_

Identificado con Cédula de Ciudadanía \_\_\_\_\_, en representación de \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_ con número de identificación \_\_\_\_\_.

**Declaro que:**

1. He sido invitado a participar en la investigación y de manera voluntaria he decidido hacer parte de este estudio.
2. He sido informado sobre los temas en que se desarrollará el estudio, han sido resueltas todas mis inquietudes y entiendo que puedo dejar de participar en cualquier momento si así lo deseo.
3. Sobre esta investigación me asisten los derechos de acceso, rectificación y oposición que podré ejercer mediante solicitud ante el investigador responsable, en la dirección de contacto que figura en este documento.
4. Conozco el mecanismo mediante el cual los investigadores garantizan la custodia y confidencialidad de mis datos.
5. La información obtenida de mi participación será parte del estudio y mi anonimato se garantizará. Sin embargo, si así lo deseo, autorizaré de manera escrita que la información personal o institucional se mencione en el estudio.
6. Autorizo a los investigadores para que divulguen la información y las grabaciones de audio, video o imágenes que se generen en el marco del proyecto y que no comprometan lo enunciado en el punto 4.

En constancia, manifiesto que he leído y entendido el presente documento.

Firma,

Nombre del participante (si aplica),

\_\_\_\_\_  
 Nombre: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
 Identificación: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
 Fecha: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
 Domicilio en la ciudad de: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
 Dirección: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
 Teléfono y N° de celular: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
 Correo electrónico: \_\_\_\_\_

*La Universidad Pedagógica Nacional agradece sus aportes y su decidida participación*

## 11.7. Anexo 7. Validación de expertos.

### 11.7.1. Pretest.



#### QUÍMEXPERIA

**Docente:** Maria Alejandra Monroy Tovar

**Objetivo general:** Fortalecer la indagación a partir de la implementación de actividades de aula con estudiantes de grado octavo y noveno del taller integrado Químexperia del Instituto Clara Fey, mediante la fitorremediación con Acordeón de agua (*Salvinia minima Baker*) para la remoción de Ni (II) en aguas residuales.



#### VALIDACIÓN DE EXPERTOS (PRETEST)

En las siguientes páginas usted evaluara el instrumento para poder validarlo.

En las respuestas de las escalas tipo Likert, por favor, marque con una X la respuesta escogida de entre las seis opciones que se presentan en los casilleros, siendo:

1: muy en desacuerdo; 2: en desacuerdo; 3: en desacuerdo más que en acuerdo; 4: de acuerdo más que en desacuerdo; 5: de acuerdo; 6: muy de acuerdo

ADECUACIÓN (adecuadamente formulada para los destinatarios que vamos a encuestar):	Pregunta	Grado de acuerdo					
		1	2	3	4	5	6
La pregunta se comprende con facilidad (clara, precisa, no ambigua, acorde al nivel de información y lenguaje del encuestado)	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
	7						
	8						
Las opciones de respuesta son adecuadas	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
	7						
	8						
Las opciones de respuesta se presentan con un orden lógico	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
	7						
	8						



## QUÍMEXPERIA

**Docente:** Maria Alejandra Monroy Tovar

**Objetivo general:** Fortalecer la indagación a partir de la implementación de actividades de aula con estudiantes de grado octavo y noveno del taller integrado Químexperia del Instituto Clara Fey, mediante la fitorremediación con Acordeón de agua (*Salvinia mínima Baker*) para la remoción de Ni (II) en aguas residuales.



### VALIDACIÓN DE EXPERTOS (PRETEST)

#### Valoración general del cuestionario

Por favor, marque con una X la respuesta escogida de entre las opciones que se presentan:

	sí	no
El instrumento contiene instrucciones claras y precisas para que los encuestados puedan responderlo adecuadamente (ver Anexo 1)		
El número de preguntas del cuestionario es excesivo		
Las preguntas constituyen un riesgo para el encuestado (en el supuesto de contestar Sí, por favor, indique inmediatamente abajo cuáles)		

Preguntas que el experto considera que pudieran ser un riesgo para el encuestado:	
N.º de la(s) pregunta(s)	
Motivos por los que se considera que pudiera ser un riesgo	
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)	

	Evaluación general del cuestionario			
	Excelente	Buena	Regular	Deficiente
Validez de contenido del cuestionario				

Observaciones y recomendaciones en general del cuestionario:	
Motivos por los que se considera no adecuada	
Motivos por los que se considera no pertinente	



## QUÍMEXPERIA

**Docente:** Maria Alejandra Monroy Tovar

**Objetivo general:** Fortalecer la indagación a partir de la implementación de actividades de aula con estudiantes de grado octavo y noveno del taller integrado Químexperia del Instituto Clara Fey, mediante la fitorremediación con Acordeón de agua (*Salvinia mínima Baker*) para la remoción de Ni (II) en aguas residuales.



### VALIDACIÓN DE EXPERTOS (PRETEST)

Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)	
--	--

#### Identificación del experto

<b>Nombre y apellidos</b>	
<b>Filiación</b> (ocupación, grado académico y lugar de trabajo):	
<b>e-mail</b>	
<b>Teléfono o celular</b>	
<b>Fecha de la validación</b> (día, mes y año):	
<b>Firma</b>	

Muchas gracias por su valiosa contribución a la validación de este cuestionario.

## 11.7.2. Actividad 1.



<b>QUÍMEXPERIA</b>	
<b>Docente:</b> María Alejandra Monroy Tovar	
<b>Objetivo general:</b> Fortalecer la indagación a partir de la implementación de actividades de aula con estudiantes de grado octavo y noveno del taller integrado Químexperia del Instituto Clara Fey, mediante la fitorremediación con Acordeón de agua ( <i>Salvinia mínima Baker</i> ) para la remoción de Ni (II) en aguas residuales.	



### VALIDACIÓN DE EXPERTOS (ACTIVIDAD 1)

En las siguientes páginas usted evaluara el instrumento para poder validarlo.

En las respuestas de las escalas tipo Likert, por favor, marque con una X la respuesta escogida de entre las seis opciones que se presentan en los casilleros, siendo:

**1:** muy en desacuerdo; **2:** en desacuerdo; **3:** en desacuerdo más que en acuerdo; **4:** de acuerdo más que en desacuerdo; **5:** de acuerdo; **6:** muy de acuerdo

ADECUACIÓN (adecuadamente formulada para los destinatarios que vamos a encuestar):	Pregunta	Grado de acuerdo					
		1	2	3	4	5	6
La pregunta se comprende con facilidad (clara, precisa, no ambigua, acorde al nivel de información y lenguaje del encuestado)	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
Las opciones de respuesta son adecuadas	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
Las opciones de respuesta se presentan con un orden lógico	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						

### Valoración general del cuestionario

Por favor, marque con una X la respuesta escogida de entre las opciones que se presentan:

	sí	no
El instrumento contiene instrucciones claras y precisas para que los encuestados puedan responderlo adecuadamente (ver Anexo 1)		
El número de preguntas del cuestionario es excesivo		
Las preguntas constituyen un riesgo para el encuestado (en el supuesto de contestar Sí, por favor, indique inmediatamente abajo cuáles)		



## QUÍMEXPERIA

**Docente:** Maria Alejandra Monroy Tovar

**Objetivo general:** Fortalecer la indagación a partir de la implementación de actividades de aula con estudiantes de grado octavo y noveno del taller integrado Químexperia del Instituto Clara Fey, mediante la fitorremediación con Acordeón de agua (*Salvinia mínima Baker*) para la remoción de Ni (II) en aguas residuales.



### VALIDACIÓN DE EXPERTOS (ACTIVIDAD 1)

Preguntas que el experto considera que pudieran ser un riesgo para el encuestado:	
N.º de la(s) pregunta(s)	
Motivos por los que se considera que pudiera ser un riesgo	
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)	

#### Evaluación general del cuestionario

	Excelente	Buena	Regular	Deficiente
Validez de contenido del cuestionario				

Observaciones y recomendaciones en general del cuestionario:	
Motivos por los que se considera no adecuada	
Motivos por los que se considera no pertinente	
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)	

#### Identificación del experto

<b>Nombre y apellidos</b>	
<b>Filiación</b> (ocupación, grado académico y lugar de trabajo):	
<b>e-mail</b>	





## QUÍMEXPERIA

**Docente:** Maria Alejandra Monroy Tovar

**Objetivo general:** Fortalecer la indagación a partir de la implementación de actividades de aula con estudiantes de grado octavo y noveno del taller integrado Químexperia del Instituto Clara Fey, mediante la fitorremediación con Acordeón de agua (*Salvinia mínima Baker*) para la remoción de Ni (II) en aguas residuales.



### VALIDACIÓN DE EXPERTOS (ACTIVIDAD 1)

<b>Teléfono o celular</b>	
<b>Fecha de la validación</b> (día, mes y año):	
<b>Firma</b>	

Muchas gracias por su valiosa contribución a la validación de este cuestionario.

11.7.3. V heurística.

	<b>QUÍMEXPERIA</b>	
	<b>Docente:</b> María Alejandra Monroy Tovar	
	<b>Objetivo general:</b> Fortalecer la indagación a partir de la implementación de actividades de aula con estudiantes de grado octavo y noveno del taller integrado Químexperia del Instituto Clara Fey, mediante la fitorremediación con Acordeón de agua ( <i>Salvinia mínima Baker</i> ) para la remoción de Ni (II) en aguas residuales.	
<b>VALIDACIÓN DE EXPERTOS (V HEURÍSTICA)</b>		

En las siguientes páginas usted evaluará el instrumento para poder validarlo.

En las respuestas de las escalas tipo Likert, por favor, marque con una X la respuesta escogida de entre las seis opciones que se presentan en los casilleros, siendo:

**1:** muy en desacuerdo; **2:** en desacuerdo; **3:** en desacuerdo más que en acuerdo; **4:** de acuerdo más que en desacuerdo; **5:** de acuerdo; **6:** muy de acuerdo.

Ítem:

1. Pregunta
2. Evento/ acontecimiento
3. Conceptos
4. Registros
5. Principios
6. Transformaciones
7. Teorías/leyes
8. Afirmación sobre conocimiento/conclusiones

ADECUACIÓN (adecuadamente formulada para los destinatarios que vamos a encuestar):	Ítem	Grado de acuerdo					
		1	2	3	4	5	6
La pregunta se comprende con facilidad (clara, precisa, no ambigua, acorde al nivel de información y lenguaje del encuestado)	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
	7						
	8						
Las opciones de respuesta son adecuadas	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
	7						
	8						
Las opciones de respuesta se presentan con un orden lógico	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
	7						
	8						



### QUÍMEXPERIA

**Docente:** Maria Alejandra Monroy Tovar

**Objetivo general:** Fortalecer la indagación a partir de la implementación de actividades de aula con estudiantes de grado octavo y noveno del taller integrado Químexperia del Instituto Clara Fey, mediante la fitorremediación con Acordeón de agua (*Salvinia mínima Baker*) para la remoción de Ni (II) en aguas residuales.



#### VALIDACIÓN DE EXPERTOS (V HEURÍSTICA)

#### Valoración general del cuestionario

Por favor, marque con una X la respuesta escogida de entre las opciones que se presentan:

	sí	no
El instrumento contiene instrucciones claras y precisas para que los encuestados puedan responderlo adecuadamente (ver Anexo 1)		
El número de preguntas del cuestionario es excesivo		
Las preguntas constituyen un riesgo para el encuestado (en el supuesto de contestar Sí, por favor, indique inmediatamente abajo cuáles)		

Preguntas que el experto considera que pudieran ser un riesgo para el encuestado:	
N.º de la(s) pregunta(s)	
Motivos por los que se considera que pudiera ser un riesgo	
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)	

	Evaluación general del cuestionario			
	Excelente	Buena	Regular	Deficiente
Validez de contenido del cuestionario				

Observaciones y recomendaciones en general del cuestionario:	
Motivos por los que se considera no adecuada	
Motivos por los que se considera no pertinente	



## QUÍMEXPERIA

**Docente:** Maria Alejandra Monroy Tovar

**Objetivo general:** Fortalecer la indagación a partir de la implementación de actividades de aula con estudiantes de grado octavo y noveno del taller integrado Químexperia del Instituto Clara Fey, mediante la fitorremediación con Acordeón de agua (*Salvinia mínima Baker*) para la remoción de Ni (II) en aguas residuales.



### VALIDACIÓN DE EXPERTOS (V HEURÍSTICA)


Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)	
--	--

#### Identificación del experto

<b>Nombre y apellidos</b>	
<b>Filiación</b> (ocupación, grado académico y lugar de trabajo):	
<b>e-mail</b>	
<b>Teléfono o celular</b>	
<b>Fecha de la validación</b> (día, mes y año):	
<b>Firma</b>	

Muchas gracias por su valiosa contribución a la validación de este cuestionario.

### 11.7.4. Guía de laboratorio.

	<b>QUÍMEXPERIA</b>	
	<b>Docente:</b> María Alejandra Monroy Tovar	
	<b>Objetivo general:</b> Fortalecer la indagación a partir de la implementación de actividades de aula con estudiantes de grado octavo y noveno del taller integrado Químexperia del Instituto Clara Fey, mediante la fitorremediación con Acordeón de agua ( <i>Salvinia mínima Baker</i> ) para la remoción de Ni (II) en aguas residuales.	
<b>VALIDACIÓN DE EXPERTOS (GUÍA DE LABORATORIO)</b>		

En las siguientes páginas usted evaluará el instrumento para poder validarlo.

En las respuestas de las escalas tipo Likert, por favor, marque con una X la respuesta escogida de entre las seis opciones que se presentan en los casilleros, siendo:

**1:** muy en desacuerdo; **2:** en desacuerdo; **3:** en desacuerdo más que en acuerdo; **4:** de acuerdo más que en desacuerdo; **5:** de acuerdo; **6:** muy de acuerdo.

ADECUACIÓN (adecuadamente formulada para los destinatarios que vamos a encuestar):	Pregunta	Grado de acuerdo					
		1	2	3	4	5	6
La pregunta se comprende con facilidad (clara, precisa, no ambigua, acorde al nivel de información y lenguaje del encuestado)	1						
	2						
Las opciones de respuesta son adecuadas	1						
	2						
Las opciones de respuesta se presentan con un orden lógico	1						
	2						

#### Valoración general del cuestionario

Por favor, marque con una X la respuesta escogida de entre las opciones que se presentan:

	sí	no
El instrumento contiene instrucciones claras y precisas para que los encuestados puedan responderlo adecuadamente (ver Anexo 1)		
El número de preguntas del cuestionario es excesivo		
Las preguntas constituyen un riesgo para el encuestado (en el supuesto de contestar SÍ, por favor, indique inmediatamente abajo cuáles)		

Preguntas que el experto considera que pudieran ser un riesgo para el encuestado:	
N.º de la(s) pregunta(s)	
Motivos por los que se considera que pudiera ser un riesgo	
Propuestas de mejora (modificación,	



## QUÍMEXPERIA

**Docente:** Maria Alejandra Monroy Tovar

**Objetivo general:** Fortalecer la indagación a partir de la implementación de actividades de aula con estudiantes de grado octavo y noveno del taller integrado Químexperia del Instituto Clara Fey, mediante la fitorremediación con Acordeón de agua (*Salvinia mínima Baker*) para la remoción de Ni (II) en aguas residuales.



### VALIDACIÓN DE EXPERTOS (GUÍA DE LABORATORIO)

sustitución o supresión)	
--------------------------	--

	Evaluación general del cuestionario			
	Excelente	Buena	Regular	Deficiente
Validez de contenido del cuestionario				

Observaciones y recomendaciones en general del cuestionario:	
Motivos por los que se considera no adecuada	
Motivos por los que se considera no pertinente	
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)	

#### Identificación del experto

<b>Nombre y apellidos</b>	
<b>Filiación</b> (ocupación, grado académico y lugar de trabajo):	
<b>e-mail</b>	
<b>Teléfono o celular</b>	
<b>Fecha de la validación</b> (día, mes y año):	
<b>Firma</b>	

Muchas gracias por su valiosa contribución a la validación de este cuestionario.

11.7.5. Postest.



<b>QUÍMEXPERIA</b>	
<b>Docente:</b> María Alejandra Monroy Tovar	
<b>Objetivo general:</b> Fortalecer la indagación a partir de la implementación de actividades de aula con estudiantes de grado octavo y noveno del taller integrado Químexperia del Instituto Clara Fey, mediante la fitorremediación con Acordeón de agua ( <i>Salvinia mínima Baker</i> ) para la remoción de Ni (II) en aguas residuales.	



**VALIDACIÓN DE EXPERTOS (POSTEST)**

En las siguientes páginas usted evaluará el instrumento para poder validarlo.

En las respuestas de las escalas tipo Likert, por favor, marque con una X la respuesta escogida de entre las seis opciones que se presentan en los casilleros, siendo:

**1:** muy en desacuerdo; **2:** en desacuerdo; **3:** en desacuerdo más que en acuerdo; **4:** de acuerdo más que en desacuerdo; **5:** de acuerdo; **6:** muy de acuerdo

ADECUACIÓN (adecuadamente formulada para los destinatarios que vamos a encuestar):	Pregunta	Grado de acuerdo					
		1	2	3	4	5	6
La pregunta se comprende con facilidad (clara, precisa, no ambigua, acorde al nivel de información y lenguaje del encuestado)	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
	7						
	8						
Las opciones de respuesta son adecuadas	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
	7						
	8						
Las opciones de respuesta se presentan con un orden lógico	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
	7						
	8						



### QUÍMEXPERIA

**Docente:** María Alejandra Monroy Tovar

**Objetivo general:** Fortalecer la indagación a partir de la implementación de actividades de aula con estudiantes de grado octavo y noveno del taller integrado Químexperia del Instituto Clara Fey, mediante la fitorremediación con Acordeón de agua (*Salvinia mínima Baker*) para la remoción de Ni (II) en aguas residuales.



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

#### VALIDACIÓN DE EXPERTOS (POSTEST)

#### Valoración general del cuestionario

Por favor, marque con una X la respuesta escogida de entre las opciones que se presentan:

	sí	no
El instrumento contiene instrucciones claras y precisas para que los encuestados puedan responderlo adecuadamente (ver Anexo 1)		
El número de preguntas del cuestionario es excesivo		
Las preguntas constituyen un riesgo para el encuestado (en el supuesto de contestar SÍ, por favor, indique inmediatamente abajo cuáles)		

Preguntas que el experto considera que pudieran ser un riesgo para el encuestado:	
N.º de la(s) pregunta(s)	
Motivos por los que se considera que pudiera ser un riesgo	
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)	

	Evaluación general del cuestionario			
	Excelente	Buena	Regular	Deficiente
Validez de contenido del cuestionario				

Observaciones y recomendaciones en general del cuestionario:	
Motivos por los que se considera no adecuada	
Motivos por los que se considera no pertinente	





### QUÍMEXPERIA

**Docente:** Maria Alejandra Monroy Tovar

**Objetivo general:** Fortalecer la indagación a partir de la implementación de actividades de aula con estudiantes de grado octavo y noveno del taller integrado Químexperia del Instituto Clara Fey, mediante la fitorremediación con Acordeón de agua (*Salvinia mínima Baker*) para la remoción de Ni (II) en aguas residuales.



#### VALIDACIÓN DE EXPERTOS (POSTEST)

Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)	
--	--

#### Identificación del experto

<b>Nombre y apellidos</b>	
<b>Filiación</b> (ocupación, grado académico y lugar de trabajo):	
<b>e-mail</b>	
<b>Teléfono o celular</b>	
<b>Fecha de la validación</b> (día, mes y año):	
<b>Firma</b>	

Muchas gracias por su valiosa contribución a la validación de este cuestionario.

## 11.8. Anexo 8. Identificación taxonómica especie vegetal.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
SEDE BOGOTÁ  
FACULTAD DE CIENCIAS  
INSTITUTO DE CIENCIAS NATURALES  
HERBARIO NACIONAL COLOMBIANO (COL)

B.ICN-221-2022

Bogotá D.C., 22 de agosto de 2022

Señora:  
**MARÍA ALEJANDRA MONROY TOVAR**

Ciudad

Asunto: **Identificación taxonómica de muestras botánicas**

Cordial Saludo. Me permito dar respuesta a su solicitud referente a la identificación taxonómica de la(s) muestra(s) botánica(s):

Nombre	FAMILIA	No. de Colecta	No. COL	Colector	Determinó
<i>Salvinia minima</i> Baker	Salviniaceae Martinov	01	617261	María Alejandra Monroy Tovar	A. Ramírez /2022

**Permiso de recolecta / Permiso de Investigación:** No aplica. Planta cultivada.

Esta certificación no es válida para trámites ante el INVIMA o el ICA. El (Los) pliego(s) testigo(s) quedará(n) como muestra permanente en nuestro herbario.

Cordialmente,

**Prof. JULIO BETANCUR - BETANCUR**  
Administrador  
Herbario Nacional Colombiano -COL  
E-mail: [herbacol\\_fcbog@unal.edu.co](mailto:herbacol_fcbog@unal.edu.co)  
Copia: Archivo COL

---

Carrera 30 No. 45-03, INSTITUTO DE CIENCIAS NATURALES,  
"HERBARIO NACIONAL COLOMBIANO (COL)" Edificio 425, piso 2º, Oficina 222  
Conmutador: (601) 316 5000 Ext.11538 – 11518  
Correo electrónico: [herbacol\\_fcbog@unal.edu.co](mailto:herbacol_fcbog@unal.edu.co)  
Bogotá, Colombia, Sur América