

**QUÍMICA EN CONTEXTO UNA PROPUESTA EDUCATIVA PARA EL  
DESARROLLO DE LA COMPETENCIA TOMA DE DECISIONES  
COLABORATIVAS: REMOCIÓN DE CROMO (III) EN AGUAS RESIDUALES  
SINTÉTICAS**

**EDWARD ALEJANDRO GUEVARA ORTIZ**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL  
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LA QUÍMICA  
BOGOTÁ D.C.  
2024**

**QUÍMICA EN CONTEXTO UNA PROPUESTA EDUCATIVA PARA EL  
DESARROLLO DE LA COMPETENCIA TOMA DE DECISIONES  
COLABORATIVAS: REMOCIÓN DE CROMO (III) EN AGUAS RESIDUALES  
SINTÉTICAS**

**EDWARD ALEJANDRO GUEVARA ORTIZ**

**Tesis de grado de maestría 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  
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LA QUÍMICA  
BOGOTÁ D.C.  
2024**

**Nota de Aceptación**

---

---

---

---

---

---

**Evaluador**

---

**Evaluador**

---

**Director**

**Bogotá, noviembre, 2024**

## DEDICATORIA

Este trabajo de Maestría, lo dedico en primer lugar a Dios, ya que día a día me dotó de fortaleza, entendimiento, conocimiento y salud, durante esta etapa de formación posgradual, “Separados de Dios nada podemos hacer”. A mis padres **Yolanda Edith Ortiz Quintero** y **José Edward Guevara Romero** los cuales me formaron con amor e integridad, e inculcaron en mi ser, palabras de aliento y de edificación, además de constantemente apoyarme y creer en mí y mis capacidades para lograr siempre aquello que me propongo, la vida los llene de salud y les conceda todo aquello que han soñado y deseado siempre los amo con mi vida, una y mil veces ¡Gracias! A mi abuela **Flor Edith Quintero de Ortiz**, su incondicional amor constante, ha fortalecido mi ser, ha sido mi apoyo y la mujer quien me acompañó a diario, fue testigo de noches largas de estudio, nunca se cansó de orar y velar por mi bienestar, gracias a ella por su amor incondicional el cual fue una pieza fundamental para culminar esta etapa.

En memoria de mi abuelo **Absalón Ortiz Sánchez**, el ser humano revestido de sencillez, humildad y alegría, transmitiendo en todo momento, razones por las cuales salir adelante, su vida seguirá siendo un ejemplo latente en mí, para actuar de forma correcta ante las diferentes circunstancias que se presenten. En la distancia un agradecimiento por esas personas que desde el cielo aún nos cuidan.

## AGRADECIMIENTOS

Primeramente, quiero agradecer a Dios, el ser supremo quien me llena de salud, sabiduría y fe, gracias, su amor y gracia que iluminan mi vida en este proceso de formación que culmina. Agradezco a Dios por la familia y amigos que me permitió conocer y conservar, quienes me han apoyado y son fundamentales en mi vida.

A mi profesora **Dora Luz Gómez Aguilar**, más que mi directora de tesis es una amiga muy cercana, un ejemplo de mujer y una docente excelente que resalta por su sencillez y amor por el ejercicio de ser educador, además de transmitirlo a sus discípulos quienes tenemos la fortuna de haber sido sus estudiantes, gracias por ser mi guía en este proceso de formación posgradual, su dirección, sus conocimientos y aportes estuvieron siempre llenos amor y de paciencia, la vida le conceda todo lo que su corazón desee.

A los evaluadores **Diana Lineth Parga Lozano** y **Juan Pablo Rodríguez Miranda** por dedicar su tiempo en la lectura del presente trabajo, y realizar aportes en función a mejorar la estructura de dicho documento, gracias por sus aportes a los cuales fueron muy lugar, enriquecedores y constructivos.

Agradezco a la vida, haber coincidido con amigos en el proceso de formación como Magister. Gracias a **Laura Aldana**, **Alison Borda**, **Carol Pinta** y **Sebastián Moreno**, son personas maravillosas, gracias por su amor, y buena energía en todo momento, nadie más que nosotros, sabemos que no es un camino fácil el que transitamos y que ahora logramos aquello que hace unos meses veíamos tan lejos.

Además de ello, quiero agradecer a las personas de mi entorno laboral, dentro de los cuales destaco a mi jefe Valentina Osorio, gracias por su comprensión y ayuda durante todo el proceso final en esta etapa, a mis compañeros de trabajo a quienes les tengo un gran aprecio Angye León, Ashley Montaña, Ena Contreras, Favian Martínez, Jorge Cortés, Liset Rubio, Miguel Ochoa y Yurany Tobar, a diario me llenaron de energía maravillosa, gracias a todos por sus palabras especiales para conmigo, la vida sea llenándolos de muchas bendiciones.

Agradezco a los estudiantes del Énfasis Disciplinar II, por su participación, atendiendo siempre con la mejor disposición y entrega. Gracias por su dedicación en la aplicación de la presente propuesta ya que invirtieron, tiempo y esfuerzo en el desarrollo de cada una de las actividades propuestas, deseo para ustedes un futuro prometedor como Licenciados en Química.

A todos nuevamente ¡Muchas Gracias!, me siendo afortunado de las personas que me rodean.

Siempre hay que encontrar el momento para dar gracias a aquellas personas que hacen una diferencia en nuestra vida.

## CONTENIDO

|        |                                                                                                                                      |    |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.     | INTRODUCCIÓN.....                                                                                                                    | 7  |
| 2.     | ANTECEDENTES .....                                                                                                                   | 10 |
| 2.1.   | PANORAMA GENERAL DE LOS ANTECEDENTES CONSULTADOS .                                                                                   | 10 |
| 2.2.   | ESTRUCTURACIÓN DOCUMENTAL EN FUNCIÓN A LAS<br>COMPETENCIAS PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE Y LA<br>PRECIPITACIÓN DEL CROMO (III) ..... | 11 |
| 2.3.   | ANTECEDENTES PEDAGÓGICOS .....                                                                                                       | 14 |
| 2.3.1. | La enseñanza de la química en contexto .....                                                                                         | 16 |
| 2.3.2. | Desarrollo Sostenible y Educación para el Desarrollo Sostenible .....                                                                | 17 |
| 2.3.3. | Competencias del desarrollo sostenible y su relación con la educación<br>18                                                          |    |
| 2.4.   | ANTECEDENTES DISCIPLINARES .....                                                                                                     | 20 |
| 2.4.1. | Panorama e impactos ambientales generados por la industria de las<br>curtiembres .....                                               | 21 |
| 2.4.2. | Estudios presentados para la remoción de cromo en aguas .....                                                                        | 22 |
| 2.4.3. | Precipitación química para la remoción de cromo en aguas<br>contaminadas por curtido.....                                            | 23 |
| 3.     | DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....                                                                                                        | 27 |
| 4.     | JUSTIFICACIÓN .....                                                                                                                  | 29 |
| 5.     | OBJETIVOS .....                                                                                                                      | 31 |
| 5.1.   | OBJETIVO GENERAL .....                                                                                                               | 31 |
| 5.2.   | OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....                                                                                                           | 31 |
| 6.     | MARCO CONCEPTUAL.....                                                                                                                | 32 |
| 6.1.   | QUÍMICA EN CONTEXTO PARA LA EDUCACIÓN .....                                                                                          | 32 |
| 6.2.   | EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE.....                                                                                         | 33 |
| 6.3.   | INTEGRACIÓN DEL DESARROLLO SOSTENIBLE EN LA EDUCACIÓN<br>33                                                                          |    |
| 6.4.   | COMPETENCIAS PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE .....                                                                                     | 34 |
| 6.4.1. | Toma de decisiones Colaborativa.....                                                                                                 | 38 |
| 6.5.   | REMOCIÓN DE METALES PESADOS EN FUENTES HÍDRICAS.....                                                                                 | 39 |
| 6.6.   | TOXICIDAD DEL CROMO .....                                                                                                            | 40 |
| 6.7.   | REMOCIÓN DE CROMO POR PRECIPITACIÓN QUÍMICA.....                                                                                     | 40 |

|          |                                                                                                                                                                                                              |    |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 6.8.     | REMOCIÓN DE CROMO POR BIOADSORBENTES.....                                                                                                                                                                    | 43 |
| 7.       | METODOLOGÍA.....                                                                                                                                                                                             | 44 |
| 7.1.     | TIPO DE INVESTIGACIÓN.....                                                                                                                                                                                   | 44 |
| 7.2.     | ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN.....                                                                                                                                                                             | 44 |
| 7.3.     | DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....                                                                                                                                                                              | 45 |
| 7.4.     | MUESTRA DE ESTUDIO.....                                                                                                                                                                                      | 45 |
| 7.5.     | FASES DE LA INVESTIGACIÓN.....                                                                                                                                                                               | 45 |
| 7.5.1.   | Fase – Caracterización del estado inicial de la competencia para el desarrollo sostenible TDC en el grupo de estudiantes del PLQ-UPN.....                                                                    | 47 |
| 7.5.1.1. | Prueba de conocimientos previos sobre el Desarrollo Sostenible ..                                                                                                                                            | 47 |
| 7.5.1.2. | Instrumento de caracterización – Competencias para el Desarrollo Sostenible TDC. ....                                                                                                                        | 48 |
| 7.5.2.   | Fase – Diseño e implementación de una estrategia educativa para la evolución de la competencia TDC, mediante la química en contexto, para remoción de cromo (III) en aguas residuales sintéticas.....        | 51 |
| 7.5.2.1. | Diseño e implementación del trabajo experimental de laboratorio – Precipitación química .....                                                                                                                | 51 |
| 7.5.2.2. | Socialización de los datos obtenidos del trabajo experimental de laboratorio .....                                                                                                                           | 52 |
| 7.5.2.3. | Cuestionario de resultados del Trabajo Práctico - una propuesta para el saneamiento del agua .....                                                                                                           | 53 |
| 7.5.3.   | Fase evaluación para la evolución de la competencia del desarrollo sostenible TDC mediante la estrategia educativa.....                                                                                      | 55 |
| 8.       | RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....                                                                                                                                                                                  | 57 |
| 8.1.     | CARACTERIZACIÓN DEL ESTADO INICIAL DE LA COMPETENCIA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE TDC EN EL GRUPO DE ESTUDIANTES DEL PLQ-UPN.....                                                                           | 57 |
| 8.1.1.   | Resultados – Prueba de conocimientos previos sobre el Desarrollo Sostenible .....                                                                                                                            | 57 |
| 8.1.2.   | Resultados - Instrumento de caracterización – Competencias para el Desarrollo Sostenible TDC. ....                                                                                                           | 66 |
| 8.2.     | RESULTADOS - DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTRATEGIA EDUCATIVA PARA LA EVOLUCIÓN DE LA COMPETENCIA TDC, MEDIANTE LA QUÍMICA EN CONTEXTO, PARA REMOCIÓN DE CROMO (III) EN AGUAS RESIDUALES SINTÉTICAS. .... | 77 |
| 8.2.1.   | Diseño e implementación del trabajo experimental de laboratorio – Precipitación química.....                                                                                                                 | 77 |

|        |                                                                                                                                 |     |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 8.2.2. | Socialización de los datos obtenidos del trabajo experimental de laboratorio.....                                               | 79  |
| 8.2.3. | Cuestionario de resultados del Trabajo práctico - una propuesta para el saneamiento del agua.....                               | 85  |
| 8.3.   | RESULTADOS – EVALUACIÓN PARA LA EVOLUCIÓN DE LA COMPETENCIA DEL DESARROLLO SOSTENIBLE TDC MEDIANTE LA ESTRATEGIA EDUCATIVA..... | 92  |
| 9.     | CONCLUSIONES.....                                                                                                               | 102 |
| 10.    | RECOMENDACIONES .....                                                                                                           | 105 |
| 11.    | REFERENCIAS .....                                                                                                               | 106 |
| 12.    | ANEXOS .....                                                                                                                    | 111 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                                                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 1.</b> Ecuaciones de búsqueda (español e inglés) empleadas para la revisión de antecedentes pedagógicos .....                                        | 11 |
| <b>Tabla 2.</b> Ecuaciones de búsqueda (español e inglés) empleadas para la revisión de antecedentes disciplinares .....                                      | 12 |
| <b>Tabla 3.</b> Fuentes de información seleccionada para la consolidación de los antecedentes pedagógicos. ....                                               | 14 |
| <b>Tabla 4.</b> Fuentes de información seleccionada para la consolidación de los antecedentes disciplinares. ....                                             | 20 |
| <b>Tabla 5.</b> Matriz básica de competencias para la sostenibilidad. ....                                                                                    | 36 |
| <b>Tabla 6.</b> Componentes de la competencia Toma de Decisiones Colaborativa. ....                                                                           | 38 |
| <b>Tabla 7.</b> Descripción de las fases y actividades de la investigación. ....                                                                              | 46 |
| <b>Tabla 8.</b> Categorías propuestas para relacionar el término sostenibilidad.....                                                                          | 47 |
| <b>Tabla 9.</b> Dimensiones abordadas en la competencia para el Desarrollo Sostenible TDC.....                                                                | 48 |
| <b>Tabla 10.</b> Indicadores y niveles de desempeño de la Competencia para el Desarrollo Sostenible – TDC. ....                                               | 49 |
| <b>Tabla 11.</b> Rúbrica de evaluación para el instrumento de caracterización Competencias para el desarrollo sostenible (Toma de decisiones colaborativa) .. | 50 |
| <b>Tabla 12.</b> Rúbrica de evaluación para los resultados obtenidos en el trabajo experimental de laboratorio. ....                                          | 53 |
| <b>Tabla 13.</b> Rúbrica de evaluación de los resultados finales – estrategia educativa para la evolución de la competencia TDC.....                          | 54 |
| <b>Tabla 14.</b> Rúbrica de evaluación para el instrumento de cierre – estado final de la competencia para el desarrollo sostenible - TDC.....                | 55 |
| <b>Tabla 15.</b> Categorías propuestas para significar el término de Desarrollo Sostenible ingresados en ATLAS.ti.9.....                                      | 58 |
| <b>Tabla 16.</b> Resultado obtenido por parte de los PF con respecto a la selección de palabras .....                                                         | 62 |
| <b>Tabla 17.</b> Criterios empleados para la evaluación de la competencia TDC.....                                                                            | 66 |
| <b>Tabla 18.</b> Resultados del instrumento de caracterización para la competencia - TDC .....                                                                | 75 |
| <b>Tabla 19.</b> Metodología del trabajo experimental del laboratorio desarrollada con los GT. ....                                                           | 79 |
| <b>Tabla 20.</b> Metodología de trabajo – socialización de los resultados obtenidos en el trabajo experimental de laboratorio .....                           | 80 |
| <b>Tabla 21.</b> Resultados de la aplicación – “Trabajo práctico – Una propuesta para el saneamiento del agua”.....                                           | 84 |
| <b>Tabla 22.</b> Resultados cuestionario - trabajo práctico de laboratorio para la competencia - TDC .....                                                    | 90 |
| <b>Tabla 23.</b> Resultados del estado final de la competencia – TDC, una vez implementada la metodología de la presente investigación .....                  | 99 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1.</b> Nube de palabras con respecto a las palabras más mencionadas por los autores (antecedentes pedagógicos). .....            | 13 |
| <b>Figura 2.</b> Nube de palabras con respecto a las palabras más mencionadas por los autores (antecedentes disciplinares). .....          | 13 |
| <b>Figura 3.</b> Aspectos disciplinares y pedagógicos y su vinculación para la investigación.....                                          | 26 |
| <b>Figura 4.</b> Prismas para abordar la EDS. ....                                                                                         | 35 |
| <b>Figura 5.</b> Categorías del Desarrollo Sostenible que relaciona los PF en sus respuestas – Cuestionario de conocimientos previos. .... | 59 |
| <b>Figura 6.</b> Resultados del PF3 a las preguntas del Cuestionario de conocimientos previos empleando ATLAS.ti.9. ....                   | 59 |
| <b>Figura 7.</b> Resultados del PF4 a las preguntas del Cuestionario de conocimientos previos empleando ATLAS.ti.9. ....                   | 60 |
| <b>Figura 8.</b> Frecuencia de las categorías – Desarrollo Sostenible con respecto a las respuestas de los PF.....                         | 61 |
| <b>Figura 9.</b> Frecuencias obtenidas por parte de lo PF, en respuesta a las palabras que consideran competencias.....                    | 63 |
| <b>Figura 10.</b> Resultados del atributo 1 en función a las respuestas de los PF .....                                                    | 64 |
| <b>Figura 11.</b> Frecuencias obtenidas por parte de lo PF, en respuesta al término competencias .....                                     | 65 |
| <b>Figura 12.</b> Resultados del PF6 – Componente Análisis Argumentativo. ....                                                             | 68 |
| <b>Figura 13.</b> Resultados del PF6 – Componente Pensamiento crítico ante situaciones .....                                               | 69 |
| <b>Figura 14.</b> Resultados del PF6 – Componente Resolución de problemas ante situaciones en contexto.....                                | 70 |
| <b>Figura 15.</b> Resultados del PF4 – Componente Análisis Argumentativo. ....                                                             | 71 |
| <b>Figura 16.</b> Resultados del PF4 – Componente Pensamiento crítico antes situaciones .....                                              | 72 |
| <b>Figura 17.</b> Resultados del PF4 – Componente Resolución de problemas ante situaciones en contexto.....                                | 73 |
| <b>Figura 18.</b> Frecuencias de los resultados – Industrias que generan mayor contaminación – Fuentes hídricas por parte de los PF.....   | 74 |
| <b>Figura 19.</b> Nivel de desempeño obtenido para cada PF de la competencia TDC. 76                                                       |    |
| <b>Figura 20.</b> Condiciones fisicoquímicas estandarizadas en el proceso de precipitación química de Cr (III).....                        | 78 |
| <b>Figura 21.</b> Resultados de GT1 – Componente Análisis Argumentativo.....                                                               | 81 |
| <b>Figura 22.</b> Resultados de GT1 – Componente Pensamiento Crítico ante situaciones. ....                                                | 82 |
| <b>Figura 23.</b> Resultados de GT1 – Componente Resolución de Problemas ante Situaciones en contexto. ....                                | 83 |
| <b>Figura 24.</b> Resultados del PF1, cuestionario de resultados del trabajo práctico en función al - AA.....                              | 86 |

|                                                                                                                                      |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Figura 25.</b> Resultados del PF1, cuestionario de resultados del trabajo práctico en función al - PC.....                        | 87  |
| <b>Figura 26.</b> Resultados del PF1, cuestionario de resultados del trabajo práctico en función al - RSP .....                      | 89  |
| <b>Figura 27.</b> Progreso de la Competencias TDC, después de los resultados del cuestionario – Trabajo práctico de laboratorio..... | 91  |
| <b>Figura 28.</b> Resultados del PF4 – Componente Análisis Argumentativo. ....                                                       | 92  |
| <b>Figura 29.</b> Resultados del PF4 – Componente Pensamiento Crítico ante situaciones .....                                         | 94  |
| <b>Figura 30.</b> Resultados del PF4 – Componente Resolución de Problemas ante Situaciones en contexto. ....                         | 95  |
| <b>Figura 31.</b> Red semántica – del interrogante 6 a partir de las opiniones de los PF. ....                                       | 97  |
| <b>Figura 32.</b> Nivel de desempeño final obtenido para cada PF – Evolución total de la CDS – TDC. ....                             | 100 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|                                                                                                                                                |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Anexo A.</b> Prueba de conocimientos generales – Una primera mirada al Desarrollo Sostenible.....                                           | 111 |
| <b>Anexo B.</b> Contextualización sobre el Desarrollo Sostenible, Educación para el Desarrollo Sostenible y sus competencias.....              | 113 |
| <b>Anexo C.</b> Instrumento de caracterización - competencias para el desarrollo sostenible. ....                                              | 117 |
| <b>Anexo D.</b> Aspectos relevantes de la contaminación industrial .....                                                                       | 121 |
| <b>Anexo E.</b> Trabajo práctico – Una propuesta para el saneamiento del agua, Industria de las curtiembres. ....                              | 124 |
| <b>Anexo F.</b> Trabajo práctico – Una propuesta para el saneamiento del agua, Industria Textilería.....                                       | 127 |
| <b>Anexo G.</b> Trabajo práctico – Una propuesta para el saneamiento del agua, Industria Recubrimientos Metálicos .....                        | 130 |
| <b>Anexo H.</b> Resultados del proceso de modificación química a la semilla de Moringa Oleífera.....                                           | 133 |
| <b>Anexo I.</b> Resultados obtenidos en el proceso de precipitación química de ARS de Cr (III). ....                                           | 134 |
| <b>Anexo J.</b> Herramienta de diseño gráfico del GT1 – Socialización resultados obtenidos (Industria de Curtiembres). ....                    | 135 |
| <b>Anexo K.</b> Herramienta de diseño gráfico del GT2 – Socialización resultados obtenidos (Industria textilera). ....                         | 140 |
| <b>Anexo L.</b> Herramienta de diseño gráfico del GT3 – Socialización resultados obtenidos (Recubrimientos Metálicos). ....                    | 144 |
| <b>Anexo M.</b> Cuestionario - Resultados Trabajo práctico - Una propuesta para el saneamiento del agua .....                                  | 148 |
| <b>Anexo N.</b> Instrumento de cierre – estado final de la competencia para el desarrollo sostenible - (Toma de Decisiones Colaborativa). .... | 150 |
| <b>Anexo O.</b> Rubrica de Validación instrumentos por parte de los expertos. ....                                                             | 153 |

### LISTA DE SIGLAS

|         |                                                                                |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------|
| DS      | Desarrollo Sostenible                                                          |
| ODS     | Objetivos del Desarrollo Sostenible                                            |
| EDS     | Educación para el Desarrollo Sostenible                                        |
| Cr      | Cromo                                                                          |
| BPM     | Buenas Prácticas de Manufactura                                                |
| CDS     | Competencias para el Desarrollo Sostenible                                     |
| PLQ-UPN | Programa de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional      |
| ARS     | Agua Residual Sintética                                                        |
| ARR     | Agua Residual Real                                                             |
| PF      | Profesor en Formación                                                          |
| GT      | Grupo de Trabajo                                                               |
| AA      | Análisis Argumentativo                                                         |
| PC      | Pensamiento crítico                                                            |
| RPS     | Resolución de Problemas ante Situaciones en contexto                           |
| OMS     | Organización Mundial de la Salud                                               |
| DQO     | Demanda Química de Oxígeno                                                     |
| IED     | Institución Educativa Distrital                                                |
| UNESCO  | Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura |
| EAA     | Espectrofotómetro de Absorción Atómica                                         |

## 1. INTRODUCCIÓN

La Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS), se enfoca en la importancia de proteger los recursos naturales, conservar los ecosistemas y cuidar el medio ambiente (Leicht et al., 2018). Asimismo, considera relevante que la sociedad satisfaga sus necesidades mediante una economía equilibrada, brindando oportunidades en los distintos contextos y se respete la diversidad en las comunidades (Glavič y Lukman, 2007). Es por ello que, la EDS se percibe como una educación vinculada a la mejora y la transformación de la realidad, con un enfoque que abarca diferentes metodologías de aplicación, logrando facilitar el enfoque disciplinar contextualizado a las problemáticas que atañen la sociedad (Murga-Menoyo, 2015)

Lo anterior, hace necesario la vinculación y promoción de Competencias para el Desarrollo Sostenible (CDS), como factores que generan en los educandos habilidades, destrezas, aptitudes, actitudes, hábitos o valores, con el fin de actuar eficazmente, en la resolución de problemas, mejorando y optimizando respuestas ante situaciones con problemáticas en el entorno, y previniendo el desarrollo de aspectos negativos. Para tal fin, la competencia Toma de Decisiones Colaborativa (TDC) denota su importancia justificando el alcance que concede el enfoque de la sostenibilidad, llevando formas de desarrollo que devuelvan a la gente el control de su destino y salvaguarden los ecosistemas locales (Hathaway y Boff, 2014).

Si bien, la importancia de vincular la competencia TDC involucra la base del Desarrollo Sostenible mediante: comunicar vivencias y decisiones, reconocer el derecho del otro a co-decidir en asuntos que vinculan el bienestar de los demás, formando capacidades (competencias) que conlleven al desarrollo de habilidades argumentativas hacia los derechos humanos universales (Murga-Menoyo, 2015).

En suma, para generar una evolución progresiva en la competencia TDC se requiere de la relación con la química en contexto, dado que la EDS, hace énfasis en facilitar a los individuos CDS, las cuales son importantes para generar un equilibrio en la integración de los contenidos disciplinares, el aprendizaje estructurado de los conocimientos, conceptos y, la capacidad de vincularlos a los contextos con miras a la sostenibilidad (Caamaño, 2018).

Por otra parte, dentro de los aspectos conceptuales y/o metodológicos se encuentra el abordaje de técnicas analíticas enfocadas a la remoción de contaminantes en cuerpos de agua a causa de los vertimientos provenientes de las grandes industrias (como las del acero, el recubrimiento, la fabricación de aleaciones, la curtición de pieles, la galvanoplastia, el tratamiento de la madera y la industria del tinte), los cuales aportan diversos metales pesados particularmente el Cr el cual es uno de los más tóxicos debido según la Organización Mundial de la Salud (OMS) (2011) debido a que, a elevadas concentraciones no es biodegradable, tiende a

bioacumularse en organismos vivos también, puede ocasionar úlceras estomacales, problemas respiratorios, entre otros efectos.

Por lo mencionado, se han realizado diferentes estudios enfocados a tratamientos convencionales para su remoción, dentro de los cuales se encuentra uno de los más eficientes reportado por literatura, el cual es la metodología de precipitación química, generando valores elevados para su tratamiento (Nishad-Fathima et al., 2014).

Además de ello, se mencionan técnicas no convenciones como la biosorción generando alternativas para tratamiento de aguas industriales, donde los sorbatos presentes en la matriz acuosa (iones metálicos) interactúan con el sistema o material sorbente (que puede ser biomasa o material biológico (-vivo, -no vivo) como, por ejemplo, residuos agrícolas, hongos, bacterias) (Paranjape y Sadgir, 2022). Cabe destacar que, el éxito del método está ligado directamente a las condiciones del proceso dentro de las cuales de destacan: el tipo de contaminante a remover, la concentración del sorbato, volumen de agua, temperatura, presión, agitación, pH, porosidad del material, tamaño de partícula, tiempo óptimo, modificación fisicoquímica del material sorbente (Gómez, et al., 2022).

Teniendo presente lo expresado, el desarrollo de la presente investigación inició con la fase de Caracterización del estado inicial de la competencia para el desarrollo sostenible TDC en el grupo de estudiantes del Programa de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional (PLQ-UPN), la cual contempla 2 etapas, en primera instancia, la prueba de conocimientos previos sobre el Desarrollo Sostenible, la cual permitió conocer las perspectivas de los Profesores en Formación (PF) sobre el Desarrollo Sostenible, la Educación para el Desarrollo Sostenible y su vinculación con el término "competencias". En segunda instancia, se aplicó un instrumento de caracterización en función a la competencia para el Desarrollo Sostenible TDC, abordada desde los componentes: Análisis Argumentativo (AA), Pensamiento Crítico (PC) y Resolución de Problemas ante Situaciones en contexto (RPS), para lo cual se presentó un nivel bajo.

Posteriormente, se diseñó y se consolidó una guía denominada de trabajo práctico de laboratorio, a partir de la estandarización de las condiciones óptimas en los procesos de precipitación en Aguas Residuales Sintéticas (ARS), empleando agentes químicos y un Bioadsorbente a base de semilla de moringa *oleífera* (modificado químicamente con NaOH) para finalmente vincular un caso de estudio en función a los vertimientos en los cuerpos de agua, ocasionados por las industrias que aportan Cr (III), presentando una sección metodológica y una serie de interrogantes que orientan la evolución de la competencia TDC. Por otra parte, se realizó una socialización den Grupos de Trabajo (GT), de los resultados obtenidos del trabajo experimental para poder dar solución a la problemática expuesta.

Finalmente se aplicó un cuestionario de resultados, el cual presentaba una serie de preguntas estructuradas en función a los componentes de la competencia TDC, con el fin de ser evaluados mediante rubricas y poder el progreso que presentó dicha competencia.

Por último, se implementa el instrumento de cierre, presentado un estado final de los componentes AA, PC y RPS los cuales se vinculan a la competencia y las dimensiones (Conocer y comprender, Saber actuar y Saber ser, para lo cual la muestra de estudio presentó el nivel de desempeño más alto, validando la relevancia de la estrategia diseñada e implementada con los PF.

## **2. ANTECEDENTES**

Para la consolidación de los antecedentes de la presente investigación, se llevó a cabo una revisión documental, que involucra, artículos indexados, trabajos de pregrado, tesis de maestría, entre otros. Contemplados dentro de un lapso que comprende (2009 - 2023) en bases de datos (Google Academic; artículos, libros, revistas, Scopus, Web of science, E-books7-24, Elsevier, Science direct, Scielosacr, Semantic Scholar, Redalyc, Redined, Dialnet), repositorios institucionales los cuales se encontraban al alcance y acceso del investigador.

### **2.1. PANORAMA GENERAL DE LOS ANTECEDENTES CONSULTADOS**

La estructuración de los antecedentes del presente documento se realizó mediante una revisión bibliográfica. Es importante aclarar que el investigador, en primera instancia estandarizó el proceso de precipitación química del cromo (III), con agentes químicos y bioadsorbentes, mediante la búsqueda y selección de reportes investigativos relacionados a la temática; con el fin de estructurar un procedimiento a seguir para dar cumplimiento a los objetivos de la investigación. Por otra parte, se realiza el mismo ejercicio para los apartados pedagógicos en función de las competencias para el Desarrollo Sostenible y la química en contexto, que da lugar a la estructuración de una rubrica de evaluación con el fin de poder relacionar el estado inicial y final de la competencia TDC.

Con relación a las actividades propuestas para esta fase:

- Se elaboró un listado de palabras clave, así como fragmentos de frases relacionado los idiomas español e inglés (evidenciadas en el apartado de los antecedentes disciplinares y pedagógicos).

Para tales fines, el investigador, consultó en bases de datos (Google Academic; artículos, libros, revistas, Scopus, Web of science, E-books7-24, Elsevier, Science direct, Scielosacr, Semantic Scholar, Redalyc, Redined, Dialnet), los cuales fueron consultados, para posteriormente ser descargados y asociados a la investigación. Para estos últimos, se empleó el Software ATLAS.ti.9, con el cual se dio validez a la información consultada, visualizando los términos para consolidar el listado de palabras clave, mediante la opción de co-ocurrencia.

- Se realizó la estructuración de las ecuaciones de búsqueda relacionando los idiomas español e inglés empleando conectores “AND” y “OR”, así como los signos de puntuación adecuados, paréntesis comillas.
- Se emplearon las ecuaciones de búsqueda, en los recursos de información previamente mencionados, de acceso libre/gratuito, a través de la

Universidad y los que se encontraban al alcance del investigador, tal como se muestra en el apartado de antecedentes.

Una vez, de ser seleccionados los documentos vinculados al objeto de la investigación, se realizó el correspondiente análisis del contenido, teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Relevancia del título, resumen y palabras clave
- Resultados de investigación relacionados con la temática objeto de indagación
- Documentos descargables legibles y accesibles (al alcance del investigador)
- Evitar documentos repetidos en otras bases de datos.

Finalmente, con la consolidación de los parámetros, se estructura una matriz de evaluación para la competencia para el desarrollo sostenible TDC, además de estructurar el trabajo de laboratorio para la precipitación de Cr (III) empleando agentes precipitantes químico y Bioadsorbentes.

## 2.2. ESTRUCTURACIÓN DOCUMENTAL EN FUNCIÓN A LAS COMPETENCIAS PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE Y LA PRECIPITACIÓN DEL CROMO (III)

Se estructuraron las ecuaciones de búsqueda empleando palabras clave, las cuales fueron seleccionadas en los idiomas de español e inglés utilizando conectores como (AND, OR) y los signos de puntuación como, comillas (""); paréntesis (()) tal cual como se evidencia en las tablas 1 y 2.

Es importante mencionar que la presente estrategia de búsqueda se empleó para la consolidación de los antecedentes pedagógicos (Competencias para el desarrollo sostenible, Educación para el desarrollo sostenible y química en contexto) y disciplinares (precipitación química del cromo (III), uso de Bioadsorbentes y agentes químicos precipitantes).

**Tabla 1.** Ecuaciones de búsqueda (español e inglés) empleadas para la revisión de antecedentes pedagógicos

| Ecuación de Búsqueda en español                                                                                                                                                                                   | Ecuación de búsqueda en inglés                                                                                                                                                                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ("Desarrollo Sostenible y Educación para el Desarrollo Sostenible" y "Competencias del desarrollo sostenible y su relación con la educación" y "Química en contexto" y "Enseñanza de la química contextualizada") | ("Sustainable Development" AND Education for Sustainable Development" AND "Competencies of sustainable development" AND "their relation to education" AND "Chemistry in context" AND "Contextualized chemistry teaching") |

**Fuente.** Autor.

**Tabla 2.** Ecuaciones de búsqueda (español e inglés) empleadas para la revisión de antecedentes disciplinares

| Ecuación de Búsqueda en español                                                                                                                                                                                                     | Ecuación de búsqueda en inglés                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ("Panorama e impactos ambientales generados por la industria de las curtiembres" y "Estudios presentados para la remoción de cromo en aguas" y "Precipitación química para la remoción de cromo en aguas contaminadas por curtido") | ("Overview environmental impacts generated by the tannery industry" AND "Studies presented" AND "removal of chromium in water" AND "Chemical precipitation" AND "the removal of chromium in water contaminated by tanning"). |

**Fuente.** Autor.

Las ecuaciones de búsqueda evidenciadas en las tablas 1 y 2, se emplearon en diversas fuentes de información disponibles y al alcance del investigador, las cuales eran de acceso gratuito o repositorios institucionales, con el fin de encontrar diversos tipos de productos investigativos (artículos de investigación, tesis de maestría, tesis de pregrado, trabajos de formación técnica, boletines internacionales informativos, entre otros). En el desarrollo de la búsqueda, se contempló un intervalo de 14 años (2009 – 2023).

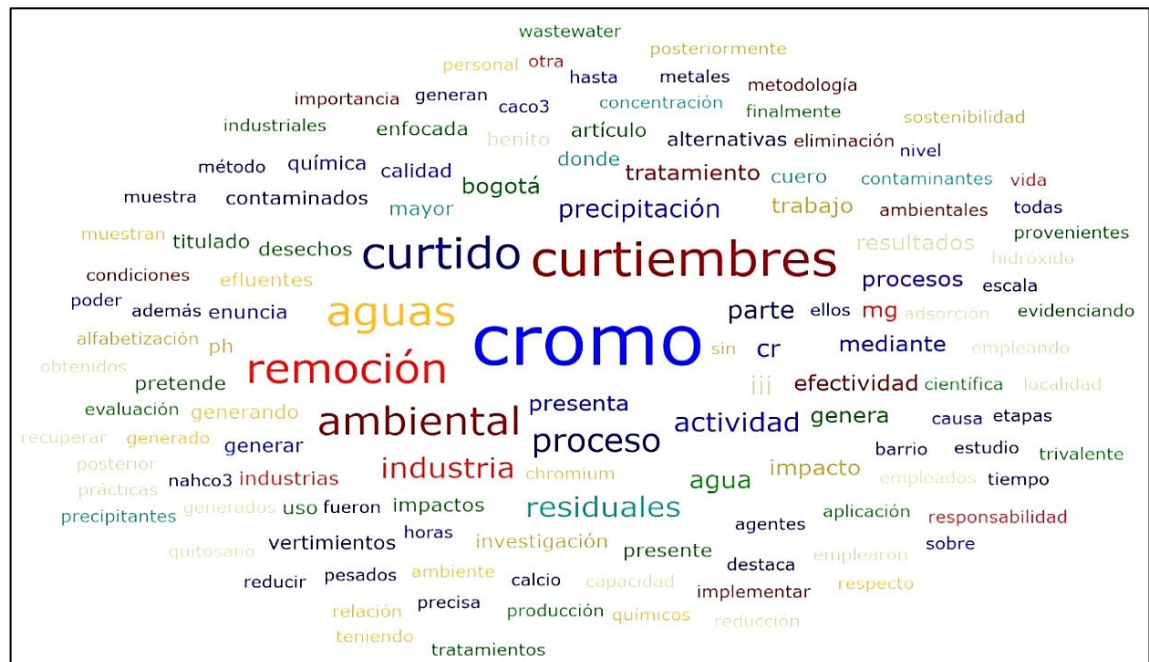
Con respecto a las fuentes de información consultadas, estas fueron enunciadas en el apartado de antecedentes pedagógicos (Tabla 3) y disciplinares (Tabla 4); los cuales corresponden a las bases de datos como Google Academic; artículos, libros, revistas, Scopus, Web of science, E-books7-24, Elsevier, Science direct, Scielosacr, Semantic Scholar, Redalyc, Redined, Dialnet; así mismo revistas indexadas de origen nacional e internacional y finalmente repositorios institucionales.

Por otra parte, los criterios de selección de los antecedentes vinculados a la presente investigación, fueron indicados en el apartado metodológico, puesto que varias investigaciones estuvieron relacionadas parcialmente con la búsqueda, otras no fueron tomadas en cuenta por pertinencia y correlación con las temáticas expuestas dentro de las cuales se destacan; Desarrollo de competencias para el desarrollo Sostenible (Murga-Menoyo, 2015); Educación para el Desarrollo Sostenible (Núñez, 2019); Química en contexto (Parga y Piñeros, 2018); remoción de cromo por precipitación química (Awoke, et al., 2024) y agentes Bioadsorbentes (Reyes, et al., 2020).

A continuación, se muestran las figuras 1 y 2, las cuales muestran nubes de palabras con respecto a los términos que presentan una mayor frecuencia en mención por los autores en sus investigaciones.

[illegible]

**Figura 2.** Nube de palabras con respecto a las palabras más mencionadas por los autores (antecedentes disciplinares).



13

Finalmente, para soportar y dar la adecuada pertinencia a los antecedentes consultados, se emplea el programa ATLAS.ti.9, donde el análisis resultante, produce una nube de palabras en la que aparece de forma destacada, las palabras clave más frecuentes resultado de los metadatos consultados de los autores en las investigaciones, en las cuales se destacan: (apartados pedagógicos) *sostenible, desarrollo, sostenibilidad, competencias, educación, enseñanza, contexto, química, aprendizaje, didáctica, formación*. Por otra parte, se realiza el mismo proceso con los apartados disciplinares, dentro de los cuales se destacan las palabras: *cromo, remoción, ambiental, curtiembres, curtido, aguas, precipitación, Cr (III)*. Las palabras mencionadas, son las que soportan los antecedentes, el marco teórico y la vinculación de la química en contexto con el fortalecimiento de las competencias para el desarrollo sostenible mediante la precipitación de cromo (III) en aguas residuales.

### 2.3. ANTECEDENTES PEDAGÓGICOS

En la tabla 3, se especifican las fuentes de información verificadas y de libre acceso, la metodología empleada para la búsqueda de los productos de divulgación y el número de productos de divulgación localizados y seleccionados para la consolidación de los presentes antecedentes.

**Tabla 3.** Fuentes de información seleccionada para la consolidación de los antecedentes pedagógicos.

| Base de datos consultadas                                                                                                                                            | Producto de divulgación consultados                          | Localizados | Seleccionados |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------|---------------|
| Google Academic; artículos, libros, revistas, Scopus, Web of science, E-books7-24, Elsevier, Science direct, Scielosacr, Semantic Scholar, Redalyc, Redined, Dialnet | Revista tecnología en marcha                                 | 10          | 1             |
|                                                                                                                                                                      | Revista Nodos y Nudos                                        | 0           | 0             |
|                                                                                                                                                                      | Revista Bordón de Pedagogía                                  | 8           | 1             |
|                                                                                                                                                                      | Revista Foro de Educación                                    | 8           | 1             |
|                                                                                                                                                                      | Revista de Latinoamericana de Estudios Educativos            | 7           | 0             |
|                                                                                                                                                                      | Tecné, Episteme y Didaxis: TED                               | 14          | 1             |
|                                                                                                                                                                      | Revista Educación y Ciencia                                  | 0           | 0             |
|                                                                                                                                                                      | Revista Educación Química - UNAM                             | 8           | 2             |
|                                                                                                                                                                      | Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias | 8           | 1             |
|                                                                                                                                                                      | Educación en la Química en Línea                             | 2           | 1             |
|                                                                                                                                                                      | Revista Latinoamericana de Estudios Educativos               | 5           | 0             |
|                                                                                                                                                                      | Revista International Perspectives on Education and Society  | 0           | 0             |
|                                                                                                                                                                      | Revista Journal of Cleaner Production                        | 0           | 0             |

| Base de datos consultadas                                                                                                                                            | Producto de divulgación consultados                                                                  | Localizados | Seleccionados |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|---------------|
| Google Academic; artículos, libros, revistas, Scopus, Web of science, E-books7-24, Elsevier, Science direct, Scielosacr, Semantic Scholar, Redalyc, Redined, Dialnet | Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (RBPEC)                                       | 0           | 0             |
|                                                                                                                                                                      | Revist International Journal of Management Education                                                 | 2           | 0             |
|                                                                                                                                                                      | Revista Tecnológica-Educativa Docentes 2.0 (RTED),                                                   | 7           | 1             |
|                                                                                                                                                                      | Revista International Journal of Management Education                                                | 0           | 0             |
|                                                                                                                                                                      | Revista electrónica de Sociología y Ciencias Sociales Controversias y Concurrencias Latinoamericanas | 17          | 1             |
|                                                                                                                                                                      | Revista Química Nova na Escola (QNEsc)                                                               | 0           | 0             |
|                                                                                                                                                                      | Revista Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales                                          | 2           | 0             |
|                                                                                                                                                                      | Revista de Educación                                                                                 | 12          | 1             |
|                                                                                                                                                                      | Revista Producción + Limpia                                                                          | 3           | 1             |
|                                                                                                                                                                      | Revista Education for Chemical Engineers                                                             | 2           | 0             |
| Bases de datos institucionales Tesis (Pregrado, Posgrado, Doctorado)                                                                                                 | Universidad Pedagógica Nacional                                                                      | 13          | 2             |
|                                                                                                                                                                      | Universidad Distrital Francisco José de Caldas                                                       | 3           | 0             |
|                                                                                                                                                                      | Universidad Nacional de Colombia                                                                     | 0           | 0             |
|                                                                                                                                                                      | Pontificia Universidad Javeriana                                                                     | 0           | 0             |
|                                                                                                                                                                      | Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD                                                      | 2           | 0             |
|                                                                                                                                                                      | Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC)                                              | 0           | 0             |
|                                                                                                                                                                      | Corporación Universitaria Minuto de Dios                                                             | 4           | 0             |
| Revisión total                                                                                                                                                       |                                                                                                      | 137         | 14            |

**Fuente.** Autor

De 137 productos de divulgación e investigación consultados en la revisión documental realizada, se presentó una frecuencia de 32 artículos en las bases de datos consultadas. Posteriormente se seleccionaron 14 productos de divulgación-investigación; entre los cuales se encuentran 11 artículos científicos, 1 trabajo de pregrado y 1 de maestría, realizando una revisión de los metadatos, abordando particularmente los resúmenes de cada uno de los productos. A continuación, se presentan los principales aportes a la investigación:

### **2.3.1. La enseñanza de la química en contexto**

Meroni et al. (2015) mencionan en su artículo titulado “Enseñar química en contexto. Una dimensión de la innovación didáctica en educación secundaria” un análisis enfocado a la química en contexto, mediante un acercamiento a los componentes relacionados a la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad, donde se vincula el desarrollo de prácticas innovadoras, su identificación y caracterización. Posteriormente, se realizan entrevistas semiestructuradas generando un informe a partir de las experiencias documentadas, en donde se identifican una serie de prácticas innovadoras con el fin de contribuir al contexto de la enseñanza de la química y las propuestas consolidadas, se enfocan en problemáticas centradas en aspectos cotidianos. Finalmente se establece el papel del docente el cual ha presentado la enseñanza de la química más allá de la transferencia de información, por el contrario, como una herramienta que genere solución en problemas del contexto.

Según los planteamientos de Pégola y Galagovsky (2014), desde su artículo “De interés puesta a prueba de una unidad didáctica dentro del enfoque de química en contexto” presenta una propuesta didáctica, en la enseñanza contextualizada la cual relaciona una temática que involucra los aspectos químicos y fisiológicos de las drogas medicinales, legales e ilegales. Esta propuesta didáctica fue desarrollada con estudiantes en una escuela secundaria los cuales cursaban por primera vez la asignatura de química. Los resultados obtenidos en la propuesta fueron positivos, mediante las formas de enseñanza que dan lugar al aprendizaje autorregulado generando motivación intrínseca en los estudiantes, por último, se genera una reflexión respecto al desafío del docente y su articulación de los contenidos científicos, además de la importancia de enseñar la ciencia de forma contextualizada.

Por otra parte, Parga y Piñeros (2018) presentan un artículo de investigación el cual caracteriza el currículo de enseñanza en una Institución Educativa Distrital (IED), donde se articularon niveles disciplinar metadisciplinar y cotidiano como niveles de contextualización para la enseñanza de la química. Se destaca la importancia de generar interés en los estudiantes y además mejorar la acción docente. Por lo expresado, se realiza una caracterización del currículo en un análisis a los docentes y estudiantes; posteriormente se lleva a cabo una propuesta curricular en contenidos contextualizados; se implementó y evaluó la propuesta permitiendo encontrar vacíos, para finalmente abordar cuestiones socio científicas permitiendo aproximar al estudiantado un aprendizaje contextualizado y desarrollando capacidades argumentativas para ser aplicadas en el aula.

### **2.3.2. Desarrollo Sostenible y Educación para el Desarrollo Sostenible**

En primera instancia, Madroñero y Guzmán (2018) expusieron en su manuscrito “Desarrollo sostenible Aplicabilidad y sus tendencias” la intención de conceptualizar y desarrollar un recorrido en torno al Desarrollo Sostenible (DS), donde se analiza la definición. Posteriormente se revisan componentes sociales, económicos y ecológicos propios del concepto sostenible; se profundiza en un análisis disciplinar y la aplicabilidad en términos de la interrelación que se presenta para abordar la concepción de “sistema ecológico” como proveedor de los insumos que logran potencializar los ámbitos sociales y económicos; y así generar un análisis acerca de las problemáticas que se encuentran en constante crecimiento (cambio climático) en donde se requiere de la participación comunitaria de estrategias que logren contribuir al alcance de los Objetivos para el Desarrollo Sostenible (ODS) mediante la apropiación del territorio, garantizando una mejor calidad de vida y oportunidades, dando el alcance a lo conocido como sostenibilidad.

Siguiendo este planteamiento, Filho (2009) presenta en su artículo titulado “la educación para la sostenibilidad: iniciativas internacionales” una reflexión en torno a los diversos sucesos en la educación ambiental y la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS), en donde se destaca principalmente los acontecimientos estipulados en la “década de las naciones unidas por la educación para el desarrollo sostenible, integrando valores, principios y prácticas del Desarrollo Sostenible (DS)” relacionados a las esferas de la educación y el aprendizaje; por ende describe los aspectos a tener en cuenta para alcanzar el DS, además de ello se enuncian estrategias para conseguir una enseñanza de calidad. Finalmente se establecen reflexiones en torno a la inclusión de la EDS, en todos los niveles educativos y abarcando diversas áreas curriculares dado que de esta manera se desarrolla un conocimiento interdisciplinario, participando en la construcción de una sociedad y economía sostenible.

En este sentido, los aportes de los autores Barrón et al. (2010), en su artículo “sostenibilización curricular en las universidades españolas. ¿ha llegado la hora de actuar?” se hace importante mencionar la perspectiva desde la educación superior, contemplando la necesidad de incluir contenidos ambientales a fin de formar profesionales que sean capaces de actuar de forma crítica con miras a la sostenibilidad. Por ende, se menciona la responsabilidad social frente a los diversos problemas ambientales, generando proceso de mejora continua, en la incorporación de criterios de sostenibilidad, que involucre el programa curricular, la docencia, la investigación y la dinámica cultural, logrando cambios de la comunidad universitaria se encuentra implicada y pueda ser ejemplo de una mejor socioambiental.

Así mismo, el artículo “Educación para el desarrollo sostenible: hacia una visión sociopedagógica”, por la autora Núñez (2019) presenta una propuesta enfocada en

visión pedagógica y didáctica partiendo del Desarrollo Sostenible (DS), iniciando por el trasfondo que requiere aspectos como la responsabilidad social de las instituciones en todos los niveles educativos, en segunda instancia relacionando el papel social y las formas de vincularlo con contenidos ambientales y por último, la transversalidad de conocimientos que fortalezcan el DS en escenarios de la educación, así como el desarrollo de competencias que logren integrar: destrezas, sentimientos, valores y conocimientos enfocados a la sostenibilidad, el pensamiento crítico y la solución de las problemáticas del entorno social para el DS.

Además, Rendón et al. (2018) presentan en su artículo de revisión “Educación para el desarrollo sostenible: acercamientos desde una perspectiva colombiana” la importancia incursionar en los programas de educación ambiental con la incidencia del desarrollo sostenible. Se parte de un análisis respecto a las perspectivas internacionales y posteriormente enfocadas al territorio nacional Colombiano favoreciendo el estudio en la promulgación de la legislación que involucra la educación ambiental para la reformulación en pro de convertirse en educación para el desarrollo sostenible, la cual logra integrar visiones de tipo económico, social cultural y ecológico contemplando problemáticas que se sitúan en contextos de biodiversidad y ecosistemas, garantizando el fomento de capacidades del ser humano y una mejora de la calidad de vida.

### **2.3.3. Competencias del desarrollo sostenible y su relación con la educación**

Minguet et al. (2012) aportan en su manuscrito propuestas contextualizadas en el desarrollo de competencias para la sostenibilidad enfocados en procesos enseñanza-aprendizaje, realizados en 3 fases, categorización; conceptualización y teorización, en donde se hace necesaria la implementación de las competencias para la sostenibilidad con indicadores de ejecución, que puedan orientar al profesorado en la ejecución de su área particular. Por ende, se establece que la educación, no se debe limitar a generar conocimientos netamente disciplinares, la función radica en enseñar, fomentar y desarrollar los valores, y actitudes que la sociedad necesita, además de la formación de profesionales que sean capaces no solo de emplear el conocimiento científico y técnico, sino que puedan facilitar el desarrollo de competencias para generar comportamientos y modos de vida con un futuro viable.

Por otra parte, Jorge (2020), menciona el peligro actual, al que se enfrentan las futuras generaciones, respecto a la emergencia planetaria que involucra la sostenibilidad y la falta de formación de dicha disciplina en entidades educativas. Por tal motivo, se propone una formación educativa, desde el abordaje de las competencias para el Desarrollo Sostenible, las cuales tienen por objeto una adquisición de saberes por parte de los educandos y además, qué saberes debe conocer el profesorado para la formación de dichas competencias, pues la

transformación del currículo educativo, impulsa proyectos asociados a la sostenibilidad proporcionando a los ciudadanos herramientas que fomenten la participación, la creatividad y el respeto al medio ambiente y la biodiversidad.

En suma, Castillo (2017) en su tesis de maestría en Docencia de la Química titulada “Propuesta curricular para la formación de competencias para el desarrollo sostenible en el Programa de Tecnología en Seguridad y Salud en el Trabajo, en una institución de educación superior”, establece una propuesta de investigación encaminada a la formación de competencias y capacidades abarcando la sostenibilidad del desarrollo humano. Por tal motivo, se propone el diseño de una propuesta curricular relacionada a las necesidades en los perfiles profesionales bajo el enfoque de las competencias para el desarrollo sostenible dirigido a un programa de tecnología en salud ocupacional de una institución de educación superior, buscando realizar una caracterización de la muestra e identificar concepciones sobre el “ambiente” y conocimiento previo sobre la educación para el desarrollo sostenible. Por último, se genera un diseño de propuesta curricular involucrando situaciones socioambientales fomentando el desarrollo de competencias para la sostenibilidad.

En este sentido, Castillo (2018), exponen en su investigación “Estrategias para la formación de competencias para el desarrollo sostenible de cultivadores de tomate” la necesidad de la formación de competencias para el Desarrollo Sostenible de un grupo de cultivadores, generando una reflexión orientada a la responsabilidad de las generaciones presentes y futuras. Por ende, se presenta un estudio relacionado al manejo y disposición final de agentes químicos (plaguicidas) y su afección a la salud y el medio ambiente, para finalmente relacionar la implementación de un programa de formación y así desarrollar y evaluar la incidencia de la Competencias para el Desarrollo Sostenible.

Así mismo, Aldana y Pachón (2021), presentan en su comunicación, titulada “impacto de los agroquímicos en cultivos de fresa en Cundinamarca : un estudio de caso para la promoción de competencias desde la Educación para el Desarrollo Sostenible” la incidencia de un estudio de caso asociado a el impacto de agroquímicos empleados en los cultivos de fresa de las fincas N.P, del municipio de Sibaté-Cundinamarca, a fin de generar competencias de análisis crítico fomentando responsabilidad de las generaciones presentes y futuras de la Educación para el Desarrollo Sostenible. Evidenciando así que dicho estudio generó aspectos positivos en el grupo de agricultores respecto al fortalecimiento de las competencias en torno a: el cuidado de los recursos naturales y la salud, la generación de reflexiones críticas de acuerdo a los problemas evidenciados y la capacidad de resolución de problemas enfocado al contexto en el que se encuentran involucrados.

Por último, Murga (2015), en su artículo “Competencias para el desarrollo sostenible: las capacidades, actitudes y valores meta de la educación en el marco de la Agenda global post-2015” se centra en la formación de las competencias y capacidades que deben poseer las personas para lograr la construcción de sociedades caracterizadas por la sostenibilidad. Por ende, se propone la estructuración de una matriz que relaciona 4 competencias fundamentales citadas por la UNESCO (2014) dentro de las cuales se resalta: el análisis crítico, reflexión sistémica, toma de decisiones colaborativas y sentido de responsabilidad hacia las generaciones presentes y futuras. Mediante la implementación de dichas rúbricas, se genera el análisis de un proceso formativo y un aprendizaje autónomo apuntando a la reorientación de la práctica docente con miras al desarrollo sostenible, pudiendo adaptarse al profesorado de todos los niveles educativos, tanto en programas de educación media como de educación superior.

## 2.4. ANTECEDENTES DISCIPLINARES

En la tabla 4, se especifican las fuentes de información verificadas y de libre acceso, la metodología empleada para la búsqueda de los productos de divulgación y el número de productos de divulgación localizados y seleccionados para la consolidación de los presentes antecedentes disciplinares.

**Tabla 4.** Fuentes de información seleccionada para la consolidación de los antecedentes disciplinares.

| Base de datos consultadas                                                                                                                                            | Producto de divulgación consultados                           | Localizados | Seleccionados |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------|---------------|
| Google Academic; artículos, libros, revistas, Scopus, Web of science, E-books7-24, Elsevier, Science direct, Scielosacr, Semantic Scholar, Redalyc, Redined, Dialnet | Revista Luna Azul                                             | 5           | 1             |
|                                                                                                                                                                      | Revista Adsorption Science and Technology                     | 2           | 0             |
|                                                                                                                                                                      | Revista Journal of Hazardous Materials                        | 1           | 0             |
|                                                                                                                                                                      | Desalination and Water Treatment                              | 4           | 1             |
|                                                                                                                                                                      | Revista Textile & Leather Review                              | 16          | 1             |
|                                                                                                                                                                      | Revista Reviews of Environmental Contamination and Toxicology | 6           | 0             |
|                                                                                                                                                                      | Revista Scientia Et Technica,                                 | 7           | 1             |
|                                                                                                                                                                      | Revista Internacional de Contaminación Ambiental              | 4           | 1             |
|                                                                                                                                                                      | Revista de Investigación Agraria y Ambiental                  | 1           | 1             |
|                                                                                                                                                                      | Revista Facultad De Ciencias Económicas                       | 1           | 1             |
|                                                                                                                                                                      | Revista Chinese Journal of Chemical Engineering               | 12          | 1             |

| Base de datos consultadas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Producto de divulgación consultados                     | Localizados | Seleccionados |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------|---------------|
| Bases de datos institucionales<br>Tesis (Pregrado, Posgrado, Doctorado)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Universidad Pedagógica Nacional                         | 8           | 1             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Universidad Distrital Francisco José de Caldas          | 0           | 0             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Universidad Nacional de Colombia                        | 0           | 0             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Pontificia Universidad Javeriana                        | 3           | 1             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD         | 1           | 1             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC) | 0           | 0             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Corporación Universitaria Minuto de Dios                | 0           | 0             |
| Revisión total                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                         | 71          | 11            |
| <b>Metodología para la búsqueda de información (Palabras clave, resumen y títulos):</b> Contaminación de las curtiembres, reducción del impacto ambiental de las curtiembres, residuos solios de curtiembres, agua de curtido, Remoción de cromo trivalente en agua, efluentes contaminados por cromo, cromo, agua residual real, agua residual sintética, precipitación química, remoción de contaminantes por precipitación química. |                                                         |             |               |

**Fuente.** Autor.

De 71 productos de divulgación consultados en la revisión documental realizada, se presentó una frecuencia de 21 artículos en las bases de datos consultadas. Posteriormente se seleccionaron 11 productos de divulgación; entre los cuales se encuentran 8 artículos científicos, 2 trabajos de pregrado y 1 de maestría, realizando una revisión de los metadatos, abordando particularmente los resúmenes de cada uno de los productos. A continuación, se presentan los principales aportes a la investigación:

#### **2.4.1. Panorama e impactos ambientales generados por la industria de las curtiembres**

El trabajo realizado por Martínez y Romero (2017), muestran en su documento, una revisión bibliográfica enfocada a la actividad de las curtiembres a nivel internacional y posteriormente a nivel nacional donde se pone en evidencia la industria de curtiembres, la cual es una de las más contaminantes y cada año se destinan cantidades de dinero para reparar y prevenir el daño ambiental que se genera por parte de esta actividad. Por ende, se pretende implementar una metodología en la producción de cuero, generando una matriz DOFA del sector de curtido a fin de reducir el impacto generado por los desechos de la actividad sin afectar los procesos de calidad, llevando al cumplimiento de la regulación existentes.

Vásquez (2012), presenta en su trabajo de maestría titulado “Las curtiembres en el barrio san Benito de Bogotá. Un análisis bioético en la perspectiva de Hans Jonas” enuncia el desempeño ético-normativo y ambiental de la actividad curtidora que se presenta en el barrio San Benito de Bogotá D.C la cual se ve involucrada en una problemática socioambiental, atribuida a los hábitos y las costumbres las cuales se realizan en una aparente libertad sin responsabilidad afectado la vida humana y la ambiental. Por lo antes expuesto el autor pretende realizar una aproximación enfocada a la responsabilidad teniendo presente un enfoque ambiental lo cual permita generar una sensibilización ética presente y futura a fin de favorecer la continuidad de la vida, de la naturaleza y de la humanidad generando algunas prácticas o pautas valorativas de la actividad del curtido del cuero.

Por otra parte, se presenta en el trabajo de pregrado “Curtiembres en la localidad de san Benito, Bogotá; identificación de alternativas para reducción de impactos ambientales, generados por sus vertimientos” en el cual Vega (2020) Enuncia que en la ciudad de Bogotá las curtiembres toman fuerza en la localidad de Tunjuelito donde operan más de 400 curtiembres cifra establecida por el plan ambiental local, por la cual generar un seguimiento en relación a los parámetros del agua que generar los vertimientos de curtido, es de gran importancia para el control de la calidad del agua. En relación con lo anterior, se muestra alternativas que se pueden implementar para la reducción de los impactos que se generan por parte de las industrias, para ello se realizó una evaluación ambiental en todas las etapas de curtido de una empresa, evidenciando cual de todas las etapas era la que generaba el mayor impacto negativo la sobre la fuente hídrica a causa del cromo. Posterior a la evaluación de muestran las diversas alternativas para la mitigación.

#### **2.4.2. Estudios presentados para la remoción de cromo en aguas**

Por su parte, Duarte et al. (2009), presentan en su artículo “Remoción de cromo de aguas residuales de curtiembres usando quitosano obtenido de desechos de camarón” uno de los aspectos más preocupantes que afronta la sociedad hoy en día, la degradación de los medios naturales principalmente los cuerpos de agua contaminados por pesticidas hidrocarburos y metales pesados. Particularmente se destaca el cromo, pues es el mayor contaminante de la industria de las curtiembres. Por lo cual, se enuncia el método de precipitación química para remover metales pesados, empleando quitosano como un bioadsorbente para la remoción de cromo en las aguas residuales de la industria de curtiembres. Se presentaron resultados favorables en el estudio, donde el quitosano adsorbió 52 mg Cr (III)/g a un pH de 4.0, demostrando una alta capacidad de adsorción en soluciones patrón (85%) y un (45%) en aguas residuales de la industria de curtiembres. Además de ello se emplearon los modelos de adsorción de Freundlich y Langmuir confirmando un proceso homogéneo y uniforme.

Por otra parte, se precisa el manuscrito “Remoción de cromo trivalente en aguas residuales de curtiembres mediante un proceso biótico-abiótico basado en el uso de *yarrowia lipolytica* y *candida fluvialis*”, en el cual los autores Ordoñez y Benítez (2019) Mencionan el reconocimiento de las curtiembres las cuales generan residuos tóxicos y altamente contaminantes, entre ellos el cromo, el cual recibe atención por la producción de efectos negativos sobre los seres vivos. Debido al alto costo que genera el tratamiento de dichos efluentes contaminados por cromo y la complejidad de las tecnologías, se pretende evaluar la capacidad de remoción de cromo trivalente a partir de los microorganismos acidófilos cromos resistentes, seleccionando 2 levaduras, las cuales fueron empleadas para inocular con agua de curtido de 1021 mg Cr (III)/L. Posteriormente se evidenció una remoción del 97,5% de cromo en aumento del pH, un periodo de 21 días de incubación. La investigación de muestra la importancia de la interacción de factores bióticos y abióticos, así como resultados novedosos en el tratamiento de efluentes contaminados aprovechando la biodiversidad propia de los efluentes posibilitando un uso a mayor escala.

En suma, Meneses et al. (2018), describen el impacto ambiental que genera el cromo en las fuentes hídricas proponiendo la aplicación de una investigación enfocada a la remoción de cromo mediante tratamientos físicos químicos y biológicos en aguas residuales industriales, determinando la efectividad en los métodos empleados y cuál de ellos resulta ser más efectivo. Para ello se implementa a escala laboratorio reactores con agua residual industrial, evidenciando la aplicación del tratamiento físico y biológico genera remociones de hasta el 96,5% a un tiempo de contacto de 24 horas obteniendo una concentración de 1,02 mg/L, generando menos lodos y permitiendo recuperar el cromo para su posterior uso apuntando hacia una mejora en la sostenibilidad del proceso

Asimismo, Sánchez, et al. (2023), proponen en su trabajo de grado titulado “Propuesta de alfabetización científica, tecnológica y ambiental para la industria de curtiembres : remoción de Cr (III) con cascara de naranja (*citrus sinensis*) en aguas reales” la orientación de procesos de aprendizaje, respecto al fenómeno químico de remoción de cromo (III) con un grupo de operarios pertenecientes a la industria de curtido reorientando la alfabetización científica respecto a la Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), mediante experiencias dentro del contexto laboral, que permitió capacitar al personal bajo la implementación de una cartilla, mejorando la calidad de los productos y cuidando la salud del personal involucrado en los procesos de acabado.

#### **2.4.3. Precipitación química para la remoción de cromo en aguas contaminadas por curtido.**

Ortiz y Carmona (2014), enuncian en su artículo de investigación el proceso de curtido el cual consiste en la transformación del cuero empleando sales de cromo,

por lo cual se precisa que la concentración máxima permisible en vertimientos industriales es de 1mg/L según el Departamento Administrativo de Medio Ambiente (DAMA) en Colombia. Por lo cual se evalúa la técnica para poder recuperar y reutilizar cromo de las aguas residuales del proceso de curtido, realizando una precipitación con Soda caustica al 4 M, para ser regenerado en sulfato de sodio y ácido fórmico reutilizando la sal de cromo durante el mismo proceso de curtido. Finalmente se logró reducir el contenido de cromo en el proceso de curtido en un 99,9% hasta niveles inferiores de 1,0 mg/L destacando que los procesos de reutilización obtenidos como desechos, son fundamentales en la sostenibilidad ambiental de las industrias.

Adicionalmente, Reyes, et al. (2020), socializaron en su artículo titulado “Removing contaminants from tannery wastewater by chemical precipitation using CaO and Ca (OH)<sub>2</sub>” la eliminación de cromo, sulfatos y Demanda Química de Oxígeno (DQO) de aguas provenientes de las industrias de las curtiembres, mediante el método de precipitación química utilizando óxido de calcio e Hidróxido de Calcio. Las condiciones a las cuales se llevó a cabo el proceso fueron a una temperatura ambiente de 10 minutos, agitación vigorosa de 200 rpm y un tiempo de sedimentación de 24 horas. Teniendo presente los resultados, se selecciona una dosis específica de álcali en condiciones de pH (7-9) para garantizar la precipitación del Cr como Hidróxido de cromo estableciendo una efectividad del 95 al 99,8 %.

Uddin et al. (2020), en su estudio divulgado “Removal of Chromium (III) and Other Physical Parameters from Chrome Tan Wastewater and Recovery of Chromium from the Precipitating Sludge” adoptan investigar la eliminación de Cr(III) de aguas provenientes del curtido de cromo. Para su metodología emplearon 3 agentes precipitantes (CaCO<sub>3</sub>, NaHCO<sub>3</sub> y MgO) para el tratamiento de las aguas residuales del curtido. En los resultados obtenidos, se logra evidenciar la efectividad que se presenta en términos de la remoción, para el caso del NaHCO<sub>3</sub> y del CaCO<sub>3</sub> el porcentaje de remoción fluctúa (99,91 99,98%). Se destaca la efectividad de los agentes químicos precipitantes, para ser empleados en tratamientos de eliminación y recuperación de cromo además de poder reusar el cromo recuperado reduciendo el impacto ambiental generado a causa de esta actividad.

Por último, Awoke et al. (2024), presentan un estudio en su artículo reciente “Determinación del nivel de cromo (III) y comparación de agentes químicos precipitantes para su recuperación y reutilización de aguas residuales de curtiduría” en el cual establecen que, la mayoría de los residuos de las curtidurías se vierten al medio natural sin ningún sistema de tratamiento y suponen un potencial impacto negativo para los seres vivos debido a su alta carga orgánica y contenido de cromo. En el estudio realizado por los autores, realizaron una comparación con los agentes precipitantes químicos para recuperar y reutilizar cromo (III) de aguas residuales de curtiduría. El estudio se realizó mediante la realización de caracterización

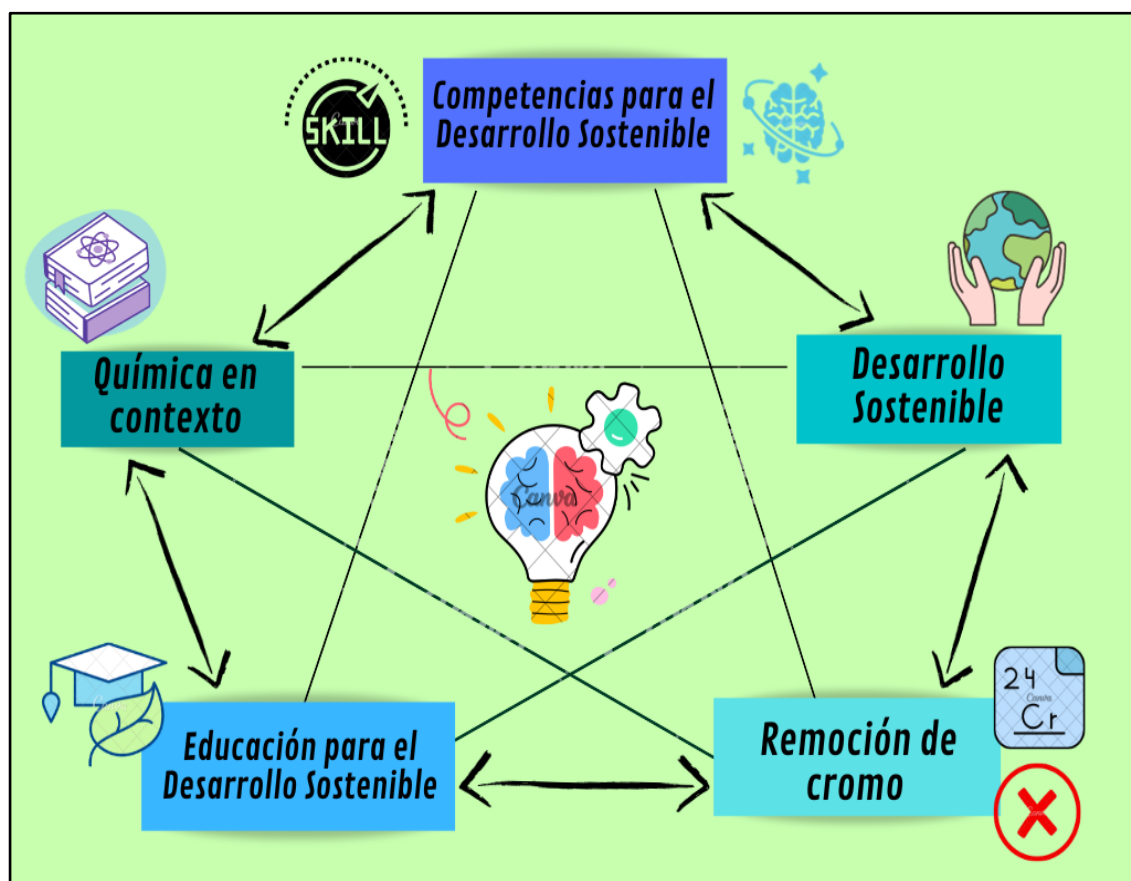
fisicoquímica y precipitación química. La concentración de Cr (III) se determinó mediante el método de espectroscopia de absorción atómica de llama (FAAS) evidenciando un análisis estadístico se realizó mediante el programa SPSS mediante análisis de varianza unidireccional (ANOVA). En términos de volumen de lodos, el óxido de magnesio (MgO), produjo un 25%, el hidróxido de calcio (Ca(OH)<sub>2</sub>) un 31% y el hidróxido de sodio (NaOH) un 44%. Los hallazgos del estudio tienen implicaciones para la sostenibilidad global, ya que el uso de óxido de magnesio como agente precipitante da como resultado un volumen de lodo más pequeño y un impacto ambiental potencialmente menor. Dicho estudio tiene gran relevancia en la presente investigación, ya que aporta metodologías de precipitación química, extrapolándolo a la remoción de las ARS preparadas a concentraciones similares a las empleadas en los procesos del curtido (1000 a 3000 ppm)

Una vez se presentan las perspectivas abordadas, que involucran a las investigaciones relacionadas con el objeto de estudio del presente, se expresan las siguientes consideraciones

- Existe un amplio número de documentos que involucran la sostenibilidad, el DS, la EDS y la aplicación de la química en contexto, las cuales son expresadas en diversas metodologías y reflexiones, sin embargo, existen pocas fuentes que relacionen el desarrollo de competencias para el desarrollo sostenible CDS enfocadas relacionadas a una problemática en contexto, dado que a partir de la “nueva” agenda de desarrollo post -2015 de la Naciones Unidas, la adquisición de dichas competencias resulta una tarea educativa urgente que genere una transversalidad en los currículos para formar a los futuros estudiantes y docentes según los planteamientos de Murga-Menoyo, 2015.
- Por otra parte, progresivamente se ha ido consolidando propuestas e investigaciones enfocadas a la remoción de contaminantes en aguas residuales, particularmente de Cromo, pues es uno de los agentes más empleados en las industrias. Estas involucran el uso de situaciones ambientales (afección a la salud y contaminación de los cuerpos de agua). Además de ello, técnicas especializadas como es el caso de la precipitación química, ha demostrado a lo largo de las investigaciones, que es una metodología eficaz para generar una remoción efectiva de las aguas residuales provenientes de las industrias que aportan cromo y además aquellos estudios, son de vital importancia además de sustentar y aportar a la metodología de la presente investigación.
- Por último, los registros hallados, muestran pocas investigaciones que relacionen la aplicación de la química en contexto, la evolución progresiva de competencias para el desarrollo sostenible a partir de la vinculación directa con metodología que permita la remoción y el reúso del cromo (III) presente en los

cuerpos de agua que provienen los procesos industriales. Lo cual genera el planteamiento de una ruta para investigaciones futuras relacionadas con este tipo de metodologías, que contribuyan con la reducción-mitigación de eventos ambientales generados a causa aquellas actividades que emplean dicho metal en sus procesos de manufactura. Además, es importante destacar, que mediante la revisión de los antecedentes disciplinares, existe una baja relación del tratamiento de Cr (III) que sea similar a las concentraciones de los procesos de curtido, por lo cual, en la presente investigación se abordarán ARS, con elevadas concentraciones de cromo (1000 y 3000 ppm) y su respectiva precipitación empleando agentes precipitantes química y semilla de moringa para conocer la eficacia y pertinencia.

**Figura 3.** Aspectos disciplinares y pedagógicos y su vinculación para la investigación.



Fuente. Autor.

### **3. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

La realidad en la que se centra el mundo actualmente requiere el cambio generalizado en los estilos de vida que ha optado en los últimos tiempos el ser humano. Desde el ámbito escolar, es indispensable asumir un proceso colectivo sobre los cambios en la visión de los futuros maestros, en cuanto a las competencias profesionales en educación, la cuales se enfocan al desarrollo de la sostenibilidad (Lorente, et al., 2022).

Es importante mencionar que un cambio social, permitirá desarrollar en los estudiantes, futuros sostenibles, dado que, el objetivo del desarrollo sostenible es crear un proceso de aprendizaje continuo, transformando mentes, creando personas críticas con capacidad de acción. Por esta razón, es crucial que el desarrollo de competencias sostenibles progrese y no sea vista como una opción de formación (Lorente, et al., 2022). Pues, en el ámbito de la educación formal la apropiación de dichas competencias requiere que el profesorado las vincule en su quehacer, dado que no se trata de explicar las problemáticas más urgentes, por el contrario, se trata de generar comportamientos consecuentes de acuerdo con las situaciones sociales, ambientes y económicas (Murga-Menoyo, 2015).

Teniendo presente lo expuesto, es preciso vincular las CDS a la enseñanza contextualizada, pues esta, enfatiza la situación y el contexto en el cual el aprendizaje tiene lugar, por ello el desarrollo de las competencias debe darse mediante la adquisición de un conocimiento autodependiente enfocado en una problemática, donde se haga posible el desarrollo del pensamiento y la capacidad de conectar lo que se ha aprendido en una situación con otra situación (Caamaño, 2018).

En relación con lo anterior, una de las problemáticas ambientales que ha afectado actualmente a la población es la de las curtiembres, puesto que la industria del cuero es una de las actividades económicas que a nivel mundial genera un gran producción y consumo, según Martínez y Romero (2017) el mercado europeo se centra en Italia, el cual posee 60% de las compañías curtidoras además de poseer el 15% de la producción mundial de cuero.

Por otra parte, en Colombia se realizan las primeras actividades del sector de curtiembre a partir del año 1948, con algún grado de organización empresarial, posteriormente, dicha actividad se extendería a los municipios de Villapinzón y Chocontá instalando pequeñas empresas para desarrollar dicha labor. Actualmente, el departamento de Cundinamarca y Bogotá concentran el 80% del total de las curtiembres existentes en el país, con una alta producción de cueros, adicionalmente un reporte emitido por la Corporación Autónoma Regional (CAR, 2006) muestra una cifra de 737 curtiembres de las cuales se clasifican: gran empresa, procesando alrededor de 25% de pieles por año; media empresa, las

cuales procesan el 17% de la producción total y finalmente el 58% restante pertenecen a las empresas pequeñas ubicadas mayoritariamente en el sector de San Benito – Bogotá (Artuz, et al., 2011).

Es importante destacar, la situación de Colombia, la cual genera un gran impacto ambiental debido a los procesos de producción generando diversos residuos que alteran de forma negativa el ambiente y la salud de las personas. Dichas industrias no cuentan con un proceso tecnificado para el tratamiento de residuos que por lo general son de carácter líquidos y sólidos (Ortiz y Carmona, 2015). Este déficit de tecnologías conlleva a la directa contaminación de los cuerpos hídricos particularmente el tramo de San Benito afectado la calidad del agua y por ende causando daño a los ecosistemas acuáticos, limitando el uso de este recurso.

Sumado a esto, la mayor carga contaminante se genera es a partir del Cr, dado que encuentra dentro de los metales pesados más tóxicos libreados a las aguas superficiales debió al uso generalizado y a las aplicaciones industriales (Jin et al., 2016) particularmente en los procesos de curtido de cromo, pues actúa como agente estabilizante evitando la descomposición por acción microbiana de la materia prima. Es importante, generar alternativas que logren mitigar dicha problemática, pues según Córdoba (2022) existen diversos métodos para la remoción de especies químicas de cromo en solución.

Por lo tanto, surge la iniciativa de realizar un trabajo reflexivo y critico que permita acercar dicha problemática a un grupo de estudiantes que se encuentran cursando el seminario de Énfasis Disciplinar II de la Universidad Pedagógica Nacional. Teniendo presente el panorama mencionado, la pregunta que orienta la presente investigación se formula a continuación:

***¿Qué características presentará la evolución de la competencia para el desarrollo sostenible TDC en un grupo de estudiantes del PLQ-UPN, mediante la vinculación de la química en contexto, para la remoción de cromo (III) en aguas residuales sintéticas?***

#### 4. JUSTIFICACIÓN

El enfoque que precisa actualmente la educación para el desarrollo sostenible se ha desarrollado bajo los lineamientos establecidos por la UNESCO (2014), permitiendo la suma de diversas iniciativas conduciendo a una educación de calidad y contextualizada, generando respuestas a diversas problemáticas que involucran aspectos, económicos sociales y ambientales. Debido a ello, es necesario situar a las competencias como un eje fundamental para la construcción de sociedades caracterizadas por el DS.

Dada la gran importancia que genera la promoción de competencias enfocadas al desarrollo sostenible, las cuales involucran a los futuros profesionales y sus contextos en donde se desempeñan a nivel social, académico o educativo, se hace necesario su abordaje e implementación, ya que permiten a las personas, enfrentar los desafíos ambientales, sociales y económicos de manera efectiva y responsable, fomentando: la promoción de la sostenibilidad ambiental; un compromiso con la equidad en la promoción de sociedades más justas; la innovación y la resiliencia, permitiendo adaptarse a cambios y desafíos futuros para mejorar la capacidad de enfrentarse a diversas crisis; una mejora en la calidad de vida integrando prácticas sostenibles en aspectos tales como la educación y el trabajo promoviendo bienestar (Murga-Menoyo, 2015).

Por lo mencionado, la competencia TDC, termina siendo de interés en la presente investigación, ya que es una de las competencias, que permite la participación del individuo ante una situación en contexto, llevando formas de desarrollo que puedan otorgar el control de situaciones problema y aportar soluciones mediante consensos Hathaway y Boff (2014) a fin de poder ser abordadas mediante la evolución de los componentes dentro de los cuales se contemplan como habilidades, y se destacan: Análisis Argumentativo (AA), Pensamiento Crítico (PC) y Resolución de Problemas ante Situaciones en contexto (RPS) que aportan al desarrollo de la educación (Murga- Menoyo, 2015).

La evolución de la competencia para el desarrollo sostenible TDC en los estudiantes de la de la Universidad Pedagógica Nacional, particularmente de la Licenciatura en Química, resulta importante, ya que la competencia consta de habilidades tales como (AA), (PC) y (RPS) los cuales son esenciales en el ámbito educativo y profesional, puesto que es una competencia que el PF empleará para poder aportar de manera significativa desenvolviéndose en la sociedad, analizando las situaciones a las que se encuentra expuesto, y manteniendo diálogos propositivos y comprensivos en función a las problemáticas contextualizadas en su diario vivir (Hathaway y Boff, 2014). Por esta razón es importante que los estudiantes a lo largo de la formación universitaria logren presentar una evolución progresiva de la competencia mediante las asignaturas a cursar durante el proceso de formación.

Sumado a ello, es importante que los futuros profesionales reconozcan y apliquen metodologías enfocadas particularmente a la mitigación de agentes contaminantes que involucren la afección a recursos no renovables, para este caso, el recurso hídrico, el cual tiene una gran aplicación para diversas actividades humanas o industriales. Por esta razón, es necesario promover y divulgar investigaciones que conlleven a solventar el daño a los efluentes, debido a la generación de residuos sólidos líquidos y gaseosos que se generan, por parte de las industrias que vierten mayor cantidad de cromo (III) (Meneses, et al., 2018). Se espera que, a futuro, se genere la implementación de matrices de aguas residuales reales, contaminadas por especies de cromo en función a la precipitación y remoción del contaminante. Si bien, la revisión bibliográfica a porta en gran medida a la presente investigación en cuanto a metodologías estandarizadas para el tratamiento de cuerpos hídricos afectados.

Finalmente, en la investigación, se pretendió integrar la evolución que presenta la competencia para el desarrollo sostenible TDC, mediante la implementación de una estrategia educativa, asociada a la metodología de precipitación de Cromo (III) la cual vinculó las problemáticas asociadas al campo industrial (curtiembres, textilerías y recubrimientos metálicos), lo cual se espera que genere un aporte en el desarrollo de trabajos para la enseñanza de las ciencias, mediante la utilidad metodológica presentada, posibilitando análisis en conjunto e intervenciones que se lleven a cabo para conocer la evolución de las competencias y sus componentes.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1. OBJETIVO GENERAL**

Analizar la evolución de la competencia para el desarrollo sostenible TDC en un grupo de estudiantes del PLQ-UPN mediante la vinculación de la química en contexto para analizar la remoción de cromo (III) en Aguas Residuales Sintéticas.

### **5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Caracterizar el estado inicial de la competencia para el desarrollo sostenible TDC en el grupo de estudiantes del PLQ-UPN,
- Diseñar e implementar una estrategia educativa para la evolución de la competencia TDC, mediante la química en contexto, vinculando la remoción de cromo (III) en Aguas Residuales Sintéticas.
- Evaluar la evolución de la competencia para el desarrollo sostenible TDC mediante el impacto de la estrategia educativa.

## **6. MARCO CONCEPTUAL**

### **6.1. QUÍMICA EN CONTEXTO PARA LA EDUCACIÓN**

La contextualización tiene una función esencial a la hora de motivar a los estudiantes a aprender química. Para lograr el aprendizaje contextual, los docentes necesitan tener habilidades y competencias que puedan cambiar actitudes negativas e imágenes estereotipadas sobre la química, de modo que innoven en sus enfoques de los problemas, es decir, apuntar a una enseñanza y un aprendizaje enriquecedor para los estudiantes. Si bien, contextualizar los contenidos escolares permite que los estudiantes comprendan la importancia de los recursos que les proporciona su entorno desde una perspectiva sociocultural y ambiental, al tiempo que dan cabida a la química como una asignatura adecuada a las necesidades del mundo actual (Hinestroza, 2023).

Ahora bien, contextualizar la enseñanza de las ciencias, se pretende relacionar con la vida cotidiana de los estudiantes y hacer ver su interés para sus futuras vidas en los aspectos personal, profesional y social. Dichos contextos aplicados en el aula permiten dilucidar –las implicaciones de la ciencia y las interacciones entre la ciencia, la sociedad y el medio ambiente, por ello, se plantean 3 enfoques en la enseñanza de las ciencias contextualizada: El primero da lugar a la apropiación de los conceptos para interpretar y explicar el contexto; el segundo plantea el ser parte del contexto para introducir y desarrollar los conceptos y modelos; el tercero involucra ser parte del contexto para llegar a los conceptos y estos se aplican finalmente para explicar nuevos contextos (Caamaño, 2018).

Cabe destacar, la importancia fundamentada en la visión del aprendizaje en contexto, dado que las teorías cognitivas consideran el conocimiento como categorías abstractas que se encuentran en las mentes de los individuos, por otra parte, los enfoques contextuales, se centran en las situaciones donde el aprendizaje se desarrolla, por ello Caamaño (2018) considera 6 características del aprendizaje relacionado a lo contextual:

- Es un proceso constructivo basado en el conocimiento previo y en la interpretación de las experiencias individuales.
- El aprendizaje es un proceso de construcción activo (con participación autónoma y activa del que aprende).
- Es un proceso emocional (la adquisición del conocimiento precisa de sentimientos positivos en el proceso de aprendizaje).
- Es un proceso social (ocurre en interacción con otros).
- Es un proceso autodirigido (el que aprende debe controlar y dirigir su propio proceso de aprendizaje).
- Es un proceso en situado (la adquisición del conocimiento siempre tiene lugar en un contexto o situación específica).

La enseñanza contextualizada, relaciona contenidos vistos en el aula con las actividades cotidianas del estudiante, y con otros contextos que a en su diario vivir se presentan (Parga y Piñeros, 2018). Este tipo de relaciones facilitan los procesos de enseñanza aprendizaje además de generar un interés particular por la química.

## **6.2. EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE**

La Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS), presenta un recorrido histórico a partir de los diversos discursos globales destinados a abordar los principales desafíos de la sostenibilidad en la época. A partir del capítulo 1, de la agenda 21, meta 4,7 donde se muestra la adopción de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, proporcionando a la EDS un entorno muy favorable, estableciendo un programa de educación universal con la adopción del objetivo de desarrollo sostenible 4, donde su principal función es “Garantizar una educación de calidad inclusiva y equitativa y promover oportunidades de aprendizaje permanente para todos (Leicht, et al., 2018).

Dicho objetivo, se reconoce ampliamente puesto que se encuentra relacionado a una de las metas más ambiciosas, la mea 4.7, cuyo objeto de estudio es: Para 2030, asegurar que todos los alumnos adquieran los conocimientos y habilidades necesarios para promover el desarrollo sostenible, incluyendo, entre otros, a través de la Educación para el Desarrollo Sostenible y estilos de vida sostenibles, derechos humanos, igualdad de género, promoción de una cultura de paz y no violencia, ciudadanía global y apreciación de la diversidad cultural y de la contribución de la cultura al desarrollo sostenible” (Leicht, et al., 2018).

En relación con lo expuesto, la EDS tiene como objetivo desarrollar competencias que permitan a las personas participar en procesos sociopolíticos, encaminando a sus sociedades hacia el desarrollo sostenible dado que el desempeño de los ciudadanos de la sostenibilidad depende de estas competencias y de su interacción con valores, impulsores de motivación y oportunidades además de tener un enfoque holístico y transformacional, exige una pedagogía transformadora orientada a la acción. Por ende, se caracteriza por aspectos como el aprendizaje autodirigido, la participación y colaboración, orientación a las problemáticas inter y transdisciplinarias. Dichos enfoques pedagógicos son esenciales para el desarrollo de las competencias necesarias para promover el DS (Leicht, et al., 2018).

## **6.3. INTEGRACIÓN DEL DESARROLLO SOSTENIBLE EN LA EDUCACIÓN**

Durante décadas, el enfoque del desarrollo global en educación fue la provisión de educación básica para todos partiendo del principio universal de que la educación es un derecho humano fundamental y habilitador, afirmado en acuerdos internacionales clave como la Declaración Universal de los Derechos Humanos, el acceso a la alfabetización y la aritmética básica ha estado en el centro de los

esfuerzos educativos internacionales y seguirá siendo de vital importancia (Leicht, et al., 2018).

No obstante, el mundo es un sistema cada vez más complejo, el cual se encuentra interconectado con una amenaza que involucra a todos los individuos, el cambio climático existe una creciente demanda de educación que va más allá de adquirir conocimientos y habilidades para encontrar trabajo. Ha quedado claro que la educación no es solo un instrumento para el desarrollo sostenible, sino que el concepto de enseñanza y aprendizaje debe transformarse para permitir que las personas lideren el desarrollo sostenible como agentes de cambio (Leicht, et al., 2018). Por ende, la vinculación de la educación con el Desarrollo Sostenible debe generar:

- Una perspectiva amplia que apunte a capacitar y empoderar a las personas para que satisfagan sus necesidades individuales básicas, satisfagan sus expectativas personales y contribuyan al logro de los objetivos de desarrollo socioeconómico de sus comunidades y países (Leicht, et al., 2018).
- Escolarizar a todos los niños, mejorar la calidad del aprendizaje y fomentar ciudadanía global - reconoció que 'el acceso a la educación es fundamental. Pero no es suficiente.' Como seguimiento a la iniciativa, la UNESCO (2014) detalló el esquema de una educación que promueva la ciudadanía global (Leicht, et al., 2018).
- Un ejemplo del mayor énfasis en el contenido educativo relevante es la atención que se le da a las habilidades transferibles o transversales (Leicht, et al., 2018).

#### **6.4. COMPETENCIAS PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE**

Al mencionar el término “competencia” se hace referencia a la forma en que actúan las personas, cómo se desempeñan en las tareas y roles que les son asignados. Estas se pueden verificar y evaluar a través de indicadores de desempeño que facilitan evidenciar el dominio que las personas muestran por los mismos (Luengo, et al., 2008).

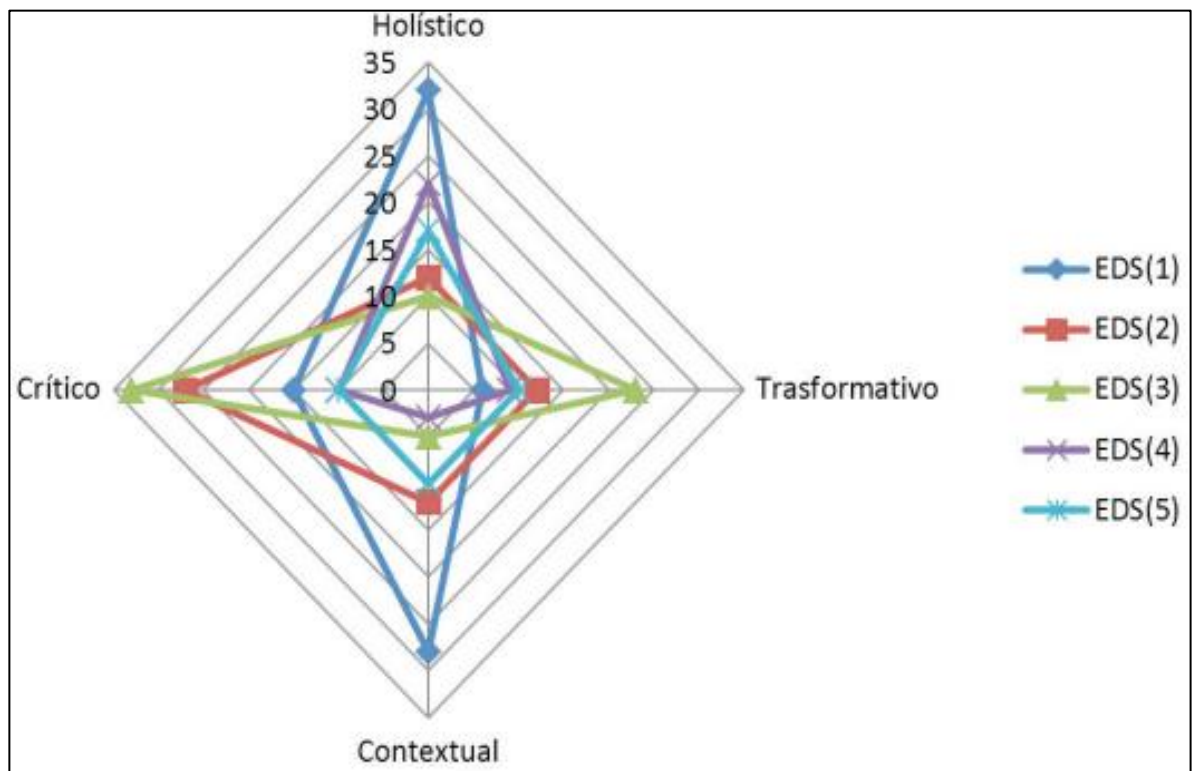
Por otra parte, Geli, et al. (2004) establecen que el término “competencias para el Desarrollo Sostenible” ha sido difundida como el conjunto complejo e integrado de conocimientos, destrezas, habilidades, actitudes y valores que las personas ponen en juego en diversos contextos ya sean sociales, educativos, laborales, entre otros. Esto con la finalidad de resolver situaciones relacionadas con las problemáticas ambientales.

En relación con lo anterior, Murga-Menoyo (2015) presentan al desarrollo sostenible como un modelo para ser vinculado en la educación, presentado un patrón básico

que logre dar respuesta a la diversidad de escenarios formativos y con la necesidad de ser vinculados situaciones contextualizadas, respondiendo a ¿qué se entiende por educar para el desarrollo sostenible?

Para tales fines, la UNESCO (2014) logra dilucidar 4 aspectos importantes para poder abordar la EDS. El primer aspecto relaciona los aspectos holísticos relacionados a los aspectos sostenibles que generen personas que sean capaces de poner en juego un tipo de pensamiento relacional e integrador. El segundo aspecto relaciona contenidos contextuales, donde se espera que el desarrollo sostenible sea generado a partir del análisis de las problemáticas presentadas al interior de las comunidades, para dar soluciones y potenciar al máximo sus posibilidades y elegir su camino. El tercer aspecto vincula el enfoque crítico a partir de evidencias empíricas cuestionando el modelo de la producción-consumo y los estilos de vida generados a partir de este paradigma. Por último, se contempla la relación del ámbito transformativo, que se vincula a la toma de conciencia, el cambio hacía modos de vida sostenibles desde esferas sociales ambientales económicas y ecológicas (Murga-Menoyo,2015),

**Figura 4.** Prismas para abordad la EDS.



**Fuente.** Basado en la UNESCO (2014a)

Las 4 perspectivas ilustradas en la figura 4, se complementan entre sí por ello surge la necesidad de vincular las competencias para el desarrollo sostenible dado que

dichos aspectos, requieren la vinculación de capacidades para mejorar las posibilidades de adquirir conocimientos y competencias para el desarrollo sostenible (UNESCO, 2014f, p. 4, punto: e). Así pues, las esferas ambientales, sociales, y económicas se destacan como focos de atención forjando en los individuos interrelacionadas que denominamos «competencias en sostenibilidad» (Murga-Menoyo,2015)

El término «competencia» aparece asociado con otros varios –como conocimientos, habilidades, destrezas, aptitudes, actitudes, hábitos o valores– e, incluso, en ocasiones, se utiliza como equivalente, si bien cada competencia es una combinación dinámica y relacionando el producto final de un proceso formativo. Si bien, cada una de las competencias posee características en común, orientadas a aspectos cognitivos, axiológicos y procedimentales que se vinculan al mundo subjetivo permeados por sentimientos, afectos y vivencias propios de cada persona. Por otra parte, se destaca en las competencias un carácter versátil debido a la facilidad que presentan para adaptarse a las problemáticas ambientales, además de permitir que el individuo pueda actuar de forma propositiva en los diferentes contextos a los cuales se ve expuesto (Murga-Menoyo,2015)

Finalmente, resulta importante la formación de competencias para el desarrollo sostenible mediante los diferentes aspectos que se presentan en la figura 4, los cuales se relacionan con el fin de identificar los elementos y componentes que dan lugar a las CDS, y posteriormente se relacionarán a las capacidades generando indicadores (conductas) que permitirán evidenciar el desarrollo de la competencia correspondiente como se evidencia en la tabla 5.

**Tabla 5.** Matriz básica de competencias para la sostenibilidad.

| Competencias<br>(UNESCO, 2014c, p.12) | Componentes *                                                     | Capacidad para...                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Análisis crítico                      | Pensamiento crítico<br>Compromiso ético<br>Compromiso intelectual | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprender que el conocimiento es incompleto y está teñido de subjetividad</li> <li>- Comprender que todo sistema (conceptual, socioeconómico, etc.) presenta disfunciones que pueden ser identificadas y corregidas</li> <li>- Reconocer las disfunciones sociales y económicas que se oponen al desarrollo sostenible</li> <li>- Proponer alternativas de mejora</li> </ul> |

| Competencias<br>(UNESCO, 2014c, p.12)                                 | Componentes *                                                                                                                                                                           | Capacidad para...                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Reflexión sistémica                                                   | Pensamiento relacional<br>Pensamiento holístico<br>Sentimiento de pertenencia a la comunidad de vida                                                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Comprender la realidad, física y social, como un sistema dinámico de factores interrelacionados, a nivel global y local.</li> <li>-Comprender las interrelaciones entre valores, actitudes, usos y costumbres sociales, estilos de vida.</li> <li>- Profundizar en las causas de los fenómenos, hechos y problemas.</li> <li>- Comprender al ser humano como un ser ecodependiente</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Toma de decisiones colaborativa                                       | Habilidades argumentativas<br>Habilidades participativas<br>Compromiso democrático y con los derechos humanos universales                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Poner en juego habilidades de trabajo colaborativo en grupos diversos</li> <li>- Reconocer el derecho de las personas a participar en todas las cuestiones que les afectan y en los procesos de desarrollo sostenible (procesos endógenos)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Sentido de responsabilidad hacia las generaciones presentes y futuras | Compromiso ético Compromiso social<br>Pensamiento anticipatorio<br>Pensamiento sincrónico y diacrónico<br>Responsabilidad universal, sincrónica, diacrónica y diferenciada<br>Compasión | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprender los efectos que, a medio y largo plazo, tienen los comportamientos individuales sobre los usos y costumbres sociales, y, a través de ellos, sobre colectivos humanos de la propia comunidad y de otras.</li> <li>-Comprender las consecuencias de los comportamientos individuales y colectivos sobre las condiciones biológicas necesarias para la vida, presente y futura.</li> <li>- Cuidar las relaciones intra e intergeneracionales, con criterios de equidad y justicia.</li> <li>- Contribuir al cambio por la sostenibilidad, adoptando alternativas posibles a los estilos de vida injustos e insostenibles hoy consolidados</li> </ul> |

**Fuente.** Murga-Menoyo (2015 p.69)

### 6.4.1. Toma de decisiones Colaborativa

Se presenta la cuarta competencia fundamental para el desarrollo sostenible, la toma de decisiones colaborativa (TDC), la cual, se basa en el peso particular que la perspectiva de la sostenibilidad otorga a la participación como proceso, pero no únicamente en este sentido. La implicación, comprende un componente fundamental del desarrollo sostenible, que debe ser autónomo, emerger desde las comunidades y ajustarse a la cultura propia de las comunidades, sus necesidades emocionales, anhelos, situaciones, alternativas legítimas, entre otros. El secreto radica en impulsar estrategias de desarrollo que restituyan a las personas la responsabilidad de su destino, consoliden sus culturas y protejan los ecosistemas locales, sus percepciones y puedan desarrollar habilidades particulares, con la participación en conjunto (Murga-Menoyo, 2015). Se presenta la tabla 6, la cual presenta una rubrica que permite evidenciar las capacidades y niveles de desempeño resultado del proceso de aprendizaje.

**Tabla 6.** Componentes de la competencia Toma de Decisiones Colaborativa.

| <b>Componentes:</b> Habilidades argumentativas y participativas. compromiso democrático y con los derechos humanos universales.                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Capacidad para ...                                                                                                                                                                                                                       | <b>Indicadores y niveles de desempeño (resultados de aprendizaje: el estudiante...)</b>                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                                                                                                                                                                                                                                          | Nivel 1<br>(Aprobado)                                                                                                                                                                                                                                    | Nivel 2<br>(Notable)                                                                                                                                                                                                     | Nivel 3<br>(Sobresaliente)                                                                                                                                                                                                                           |
| -Poner en juego habilidades de trabajo colaborativo en grupos diversos<br><br>-Reconocer el derecho de las personas a participar en todas las cuestiones que les afectan y en los procesos de desarrollo sostenible (procesos endógenos) | -Formula propuestas para planificar el trabajo en equipo.<br><br>-Conoce las propuestas de los miembros del equipo.<br><br>-Participa en el debate sobre las distintas alternativas<br><br>-Utiliza argumentos para defender los puntos de vista propios | -Afronta los conflictos mediante la negociación con los miembros del grupo.<br><br>-Dialoga en contextos interdisciplinarios e intra disciplinarios<br><br>-Juzga las propuestas priorizando el criterio del bien común. | Afronta los conflictos considerando las diferencias como aspectos positivos que enriquecen y mejoran al conjunto.<br><br>-Facilita el consenso en caso de diferencias, desacuerdos o conflictos intra-grupo.<br><br>-Acepta las decisiones del grupo |

**Fuente.** Murga-Menoyo (2015 p.76)

La construcción de esta habilidad implica un avance más en la propuesta del Informe Delors (1997), que destaca el "aprender a vivir en sociedad" como uno de los objetivos principales de la educación. La toma de decisiones en conjunto no solo implica "vivir en equipo", sino también compartir experiencias y decisiones.

Identificar el derecho del otro a colaborar en las decisiones compartidas. Progresar hacia una democracia consciente (Murga-Menoyo, 2015).

Para ello, se deben desarrollar las diversas capacidades que surgen de sus múltiples componentes. Dentro de los esenciales, se incluyen las capacidades de argumentación y participación, así como el compromiso con la democracia y los derechos humanos universales (Murga-Menoyo, 2015).

La adquisición de habilidades en sostenibilidad es una tarea educativa y pedagógica apremiante, necesita de un tipo de educación que la permita. Por lo tanto, un desafío crucial para fortalecer el modelo educativo para el desarrollo sostenible es la capacitación de los docentes, que debe tratarse en dos aspectos: la obtención de estas habilidades en sí mismas y la adquisición de la competencia profesional para inculcarlas a los futuros estudiantes y alumnas (Murga-Menoyo, 2015).

Por consiguiente, en el papel de ciudadanos, los educadores requieren las habilidades para desempeñarse como tal en sociedades sustentables. Además, como educadores de los ciudadanos del futuro, deben igualmente que las habilidades particulares de su desempeño profesional se dirijan hacia la sostenibilidad y les capaciten para, a su vez, instruir a sus alumnos en los fundamentos y valores del desarrollo sostenible. Por lo tanto, estos últimos tendrán la capacidad de adaptarse en entornos sociales definidos por la sostenibilidad de su crecimiento (Murga-Menoyo, 2015).

## **6.5. REMOCIÓN DE METALES PESADOS EN FUENTES HÍDRICAS**

Los metales pesados son elementos que tienen pesos atómicos entre 63,5 y 200,6 y una gravedad específica superior a 5,0. Con el rápido desarrollo de industrias tales como instalaciones de revestimiento de metales, operaciones mineras, industrias de fertilizantes, curtidurías, baterías, industrias papeleras y pesticidas, etc., las aguas residuales de metales pesados se vierten directa o indirectamente al medio ambiente cada vez más, especialmente en los países en desarrollo. A diferencia de los contaminantes orgánicos, los metales pesados no son biodegradables y tienden a acumularse en los organismos vivos y se sabe que muchos iones de metales pesados son tóxicos o cancerígenos. Los metales pesados tóxicos de especial preocupación en el tratamiento de aguas residuales industriales incluyen zinc, cobre, níquel, mercurio, cadmio, plomo y cromo (Fu y Wang, 2011).

Se tiene presente que, las normativas cada vez más estrictas, hoy en día los metales pesados son los contaminantes medioambientales prioritarios y se están convirtiendo en uno de los problemas medioambientales más graves. Por lo tanto, estos metales pesados tóxicos deben eliminarse de las aguas residuales para proteger a las personas y al medio ambiente. Muchos métodos que se están utilizando para eliminar iones de metales pesados incluyen precipitación química,

intercambio iónico, adsorción, filtración por membrana, tecnologías de tratamiento electroquímico entre otras. Si bien, aunque se pueden emplear todas las técnicas de tratamiento de aguas residuales con metales pesados para eliminar metales pesados, tienen sus ventajas y limitaciones inherentes (Fu y Wang, 2011).

La peligrosa contaminación de las aguas residuales por metales pesados es uno de los problemas medioambientales más importantes en todo el mundo. Para cumplir con las regulaciones ambientales cada vez más estrictas, se utiliza una amplia gama de tecnologías de tratamiento como precipitación química, coagulación floculación, la flotación, el intercambio iónico y la filtración por membrana se han desarrollado para la eliminación de metales pesados de las aguas residuales (Fu y Wang, 2011).

#### **6.6. TOXICIDAD DEL CROMO**

El cromo es un elemento metálico, que ha sido ampliamente utilizado en diversas industrias, como las del acero, el recubrimiento, la fabricación de aleaciones, la curtición de pieles, la galvanoplastia, el tratamiento de la madera y la industria del tinte. Como consecuencia, se puede verter una enorme cantidad de diferentes compuestos de cromo en el medio ambiente, lo que puede afectar negativamente a la vida biológica y ecológica. Pueden existir diferentes estados de oxidación del cromo, desde el Cr (0) hasta el Cr (VI) como forma más oxidada. Sin embargo, sólo los estados de oxidación (III) y (VI) suelen estar presentes en el medio ambiente debido a su estabilidad. El cromo trivalente (Cr(III)) es esencial para el cuerpo humano, con una cantidad de 50-200 g al día. Por el contrario, el cromo hexavalente (Cr(VI)) es conocido por su toxicidad, puede penetrar fácilmente en el interior de la célula y dañarla (Hilali, et al., 2020).

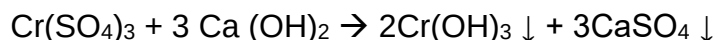
Sumado a ello, tanto la exposición breve como la prolongada al cromo hexavalente pueden causar diversas enfermedades como ulceración, dermatitis de contacto, bronquitis crónica, hepática gastrointestinal, enfisema y neumonía, hemorragia, daños hepáticos y renales y cáncer. Puede afectar a muchos órganos del cuerpo que pueden llevar a la muerte. La Organización Mundial de la Salud (OMS) citó el valor de 50 µg/L-1 como valor orientativo provisional para el Cr (VI) en las aguas subterráneas, mientras que la Agencia de Protección Ambiental (EPA) reguló 100 µg/L-1 para el cromo total en el agua potable (Hilali, et al., 2020).

#### **6.7. REMOCIÓN DE CROMO POR PRECIPITACIÓN QUÍMICA**

El Cr es el principal contaminante estudiado en la remediación de aguas residuales de curtidurías y en los últimos años se ha prestado atención a la eliminación de otras sustancias de las aguas residuales de curtidurías además del Cr, por ejemplo nitrógeno, fósforo, iones cloruro, compuestos de azufre, colorantes e iones metálicos. En este sentido, se han empleado varios procesos de tratamiento; entre ellos se estudian ampliamente la absorción por sólidos inorgánicos, los tratamientos biológicos y la eliminación por métodos electroquímicos en día, no existe una

tecnología única capaz de eliminar simultáneamente los principales contaminantes de las aguas residuales de las curtidurías en los niveles deseados. Sin embargo, a menudo se aplican métodos combinatorios para satisfacer las regulaciones ambientales, y alcanzar las especificaciones para reintegrar al proceso de curtido aquellas corrientes tratadas, principalmente Cr (Reyes et al., 2020).

La precipitación química es una alternativa para eliminar el  $\text{Cr}^{3+}$  como proveniente de efluentes, utilizando para tal fin un óxido de metal alcalino; Además, es factible promover otras reacciones químicas en las complejas aguas residuales de la curtiduría mediante el uso de álcalis. La siguiente reacción química, usando  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , implica no sólo la eliminación de Cr sino también de sulfatos:



Es importante mencionar que en la literatura es común encontrar estudios sobre la utilización de  $\text{CaO}$  y  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  para eliminar el Cr en las aguas residuales, y el exceso de concentraciones de álcali promueve las reacciones. Sin embargo, la utilización de una variedad de concentraciones de álcali no se explora ni se comprende ampliamente para el mismo propósito. Aunque existe evidencia de la eliminación de otras especies químicas mediante la adición de álcalis en las aguas residuales de las curtidurías, aún faltan debates sobre la eficiencia a este respecto en la literatura científica (Reyes et al., 2020).

Por otra parte, se hace énfasis en varios métodos para eliminar el cromo de las aguas residuales, como precipitación electroquímica, membrana de intercambio catiónico, extracción con solventes, coagulación, proceso y filtración de membrana, intercambio iónico y adsorción. Con excepción del método de precipitación, la mayoría de los métodos de purificación son costosos en términos de instalación y mantenimiento. Sin embargo, esta recuperación de cromo separado también es difícil y costosa. Las investigaciones han demostrado que el  $\text{CaCO}_3$  tiene potencial para usarse en la eliminación de Cr (III). El  $\text{MgO}$  ya es popular como agente precipitante. El  $\text{NaHCO}_3$  también tiene potencial para ser utilizado como agente precipitante dado que ya está disponible en las curtidurías como agente neutralizante (Uddin et al., 2020).

Por último, la precipitación de sulfuros también es un proceso eficaz para el tratamiento de iones de metales pesados tóxicos. Una de las principales ventajas de utilizar sulfuros es que las solubilidades de los precipitados de sulfuro metálico son drásticamente menores que las de los precipitados de hidróxido y los precipitados de sulfuro no son anfóteros. Y, por tanto, el proceso de precipitación de sulfuros puede lograr un alto grado de eliminación de metal en un amplio rango de pH en comparación con la precipitación con hidróxido. Los lodos de sulfuro metálico también exhiben mejores características de espesamiento y deshidratación que los correspondientes lodos de hidróxido metálico (Fu y Wang, 2011).

Por otra parte, En las curtidurías, la precipitación de cromo (III) es una práctica habitual. Los agentes precipitantes químicos reaccionan con iones de metales pesados y los convierten en partículas sólidas insolubles en operaciones de precipitación química. Luego se podría utilizar sedimentación o filtración para separar el precipitado de la solución. El uso de hidróxido de calcio, hidróxido de sodio y óxido de magnesio para mejorar la precipitación, el ingrediente alcalino se agrega al efluente líquido con agitación al pH especificado, empleando este método se obtienen un sobrenadante libre de cromo (III) y un precipitado de hidróxido de cromo (III) (Awoke, et al., 2024).

Es importante destacar la adición y dosificación de álcali, el cual controla el desarrollo de productos de reacción que perjudican la reutilización posterior del cromo (III). Cuando se utiliza hidróxido (o carbonato) de calcio para la precipitación, el sulfato en las aguas residuales del curtido reacciona con el catión alcalino para generar sulfato de calcio. El álcali reacciona con el anión del ácido orgánico (fórmico, acético o láctico) utilizado como agente complejante de cromo (III). Los principales contaminantes que co-precipitan con el cromo incluyen productos de reacción, así como lípidos y proteínas desnaturalizadas, que son compuestos que la piel libera en cantidades sustanciales durante el proceso de precipitación. (Awoke, et al., 2024).

El  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ , es un producto que se produce en ambos agentes precipitantes cuando se produce la reacción química. Luego, agregando ácido sulfúrico fuerte al líquido de cromo gota a gota, ajuste el pH del cromo recuperado entre 2,8 y 3. El control de la coprecipitación de calcio requiere una selección adecuada de factores operativos (relación álcali-efluente y tiempo de reacción). Para reducir la cantidad de lípidos y proteínas desnaturalizadas en el precipitado de cromo (III), se utilizó como alternativa la ultrafiltración del efluente antes de la adición de álcali. Debido a que el componente alcalino no se recupera al final del proceso de precipitación, se requiere un suministro constante de esta materia prima. Al elegir un material alcalino, es importante considerar el costo y la facilidad de absorción, almacenamiento y manipulación. Estas condiciones se aplican al carbonato de calcio (magnesio o sodio), aunque la reacción con el cromo (III) ocurre menos directamente que con el hidróxido u óxido. El carbonato de calcio, entre los tres álcalis, requiere más cuidado en la selección de variables operativas para el proceso de precipitación (Awoke, et al., 2024).

El cromo se produce principalmente en los estados de oxidación Cr (III) y Cr (VI) en soluciones acuosas durante la precipitación química. El Cr (VI) se reduce frecuentemente a Cr (III) durante los procesos de eliminación de cromo, el cual se mantiene relativamente estable por el uso tecnologías de precipitación química. Los

agentes precipitantes químicos reaccionan con iones de metales pesados para formar partículas sólidas insolubles en procesos de precipitación química. Entonces se podría utilizar la sedimentación o la filtración, para separar el precipitado de la solución. En el proceso de precipitación, los agentes químicos mayormente empleados para la recuperación de cromo de las aguas residuales son: Hidróxido de Sodio, Hidróxido de Calcio y Óxido de Magnesio. Cuando se aplican estos agentes químicos, los procesos de precipitación química, se investigan los diversos factores que afectan el proceso de recuperación de Cr (III), además se evidencian los efectos de estos factores en el proceso de precipitación, incluido el pH, el tiempo de mezcla, la velocidad de sedimentación, los cuales son variables importantes para controlar y generar una precipitación, con niveles de remoción elevados (Awoke, et al., 2024).

#### **6.8. REMOCIÓN DE CROMO POR BIOADSORBENTES**

La biomasa vegetal se compone de troncos y desechos agrícolas y está disponible en formatos de hojas, semillas, raíces, cortezas, cáscaras y otros formatos de biomasa. Los componentes lignocelulósicos son los fundamentos estructurales de la madera y otros materiales vegetales que existen en cantidades abundantes en la biosfera, son razonables y tienen un valor rentable de poco a bajo, y son muy prometedores para el futuro (Paranjape y Sadgir, 2022).

Esta metodología de remoción de agentes contaminantes en cuerpos de agua se enfoca en un principio químico conocido como bioadsorción el cual se basa en la eliminación de elementos de la solución mediante materiales biológicos (tales sustancias pueden ser formas insolubles o solubles y gaseosas, inorgánicas u orgánicas). La bioadsorción es un sistema fisicoquímico que puede involucrar procesos como adsorción, intercambio iónico, precipitación, absorción y textura de la superficie. El mecanismo de bioadsorción es muy complejo y, en algunas circunstancias, pueden estar operativos varios mecanismos. Debido al gradiente de concentración y la difusión a través de las paredes y membranas celulares, principalmente se produce intercambio iónico, adsorción por fuerzas físicas, quelación y atrapamiento en capilares y espacios inter e interfibrilares de la red estructural de polisacáridos. La variedad de componentes estructurales que se encuentran en la biomasa contribuye a los numerosos grupos funcionales que pueden interactuar con los tipos de metales y mejorar su afinidad, por ejemplo, carboxilo, fosfato, hidroxilo, amino, amido y tiol, etc. (para enlaces fuertes o débiles con iones). (Paranjape y Sadgir, 2022).

## **7. METODOLOGÍA**

A continuación, se especifica el tipo de investigación, alcance, diseño, muestra de estudio y fases para el desarrollo del presente estudio:

### **7.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

En el enfoque de la presente investigación, adoptó un enfoque cualitativo, embargo es importante precisar que, se obtienen también datos cuantitativos los cuales proceden del trabajo experimental realizado por parte del investigador y la muestra de estudio. Por consiguiente, a partir de los postulados generados por Hernández-Sampieri et al, (2014), donde se concibe el paradigma investigativo como un proceso que recolecta, analiza y vincula los datos obtenidos (cualitativos) en una misma investigación con el fin de responder a un planteamiento. La justificación de la implementación del este método radica en que existen realidades subjetivas, construidas en el desarrollo de la investigación, por tal motivo, se parte de la premisa de entender que el mundo social es relativo y este puede ser entendido únicamente desde el punto de vista de los actores estudiados (muestra de estudio) (Hernández Sampieri et al, 2014).

Por otra parte, el paradigma en el cual se fundamenta este trabajo es el crítico, según Miranda y Ortiz (2020), se establece que, mediante el discurso es posible encontrar maneras de comprender y entender el conocimiento de las realidades (contexto) y así mismo, se puedan orientar los saberes de manera autónoma en función a la Toma de Decisiones Colaborativa, con base en una autorreflexión que involucra los componentes (AA), (PC) y (RPS), particularmente en el ámbito escolar donde es importante vincular visiones globales y dialécticas de las realidades que se agrupan en los entornos educativos, adoptar métodos que permitan la participación en la construcción de conocimiento.

### **7.2. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN**

Para este apartado se enuncia y se especifica el sentido de la investigación, teniendo presente el enfoque exploratorio-descriptivo, dado que según Hernández-Sampieri et al, (2014), desde el enfoque exploratorio se busca indagar y descubrir un determinado tema poco indagado, que suele ser novedoso o del cual aún no se registra en bases de datos algún abordaje o desarrollo metodológico, con el fin de obtener información sobre los contenidos, conceptos o variables preliminares en aras de generar una indagación contextualizada y siendo delimitada, teniendo presente la muestra de estudio a aplicar.

Por otra parte, se vincula el enfoque descriptivo el cual relaciona todos aquellos aportes que atribuyen de características a los contextos, sucesos, situaciones, fenómenos y variables, donde objetivamente se hace énfasis en características, propiedades, del grupo muestra de estudio de análisis de la investigación, para

finalmente recolectar información, de manera conjunta o independiente, respecto a los temas de interés y que orienten la investigación a la búsqueda de resultados (Hernández Sampieri et al, 2014).

### **7.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

De conformidad con los objetivos y la pregunta de investigación, se abordará el enfoque cualitativo, contemplando algunos datos cuantitativos. Según Hernández-Sampieri et al, (2014) las investigaciones cualitativas se basan en una lógica y proceso inductivo donde se pretende explorar y describir, y luego generar perspectivas teóricas. Particularmente los instrumentos y actividades de la presente investigación, pretenden la recolección de datos no estandarizados, obteniendo las perspectivas y puntos de vista de la muestra de estudio seleccionada, orientadas por interrogantes, recolectando datos expresados mediante el lenguaje escrito, los cuales se describen, analizan y convierten en tendencias con el fin de dar el debido cumplimiento a los objetivos específicos planteados y conjuntamente el objetivo general de la investigación, así mismo generar una respuesta a la pregunta que orienta la presente investigación (Hernández Sampieri et al, 2014).

Una vez contruidos los instrumentos, cuestionarios y guías de trabajo, sometieron a validación por parte de 2 expertos de Licenciatura en Química y vinculados a estudios posgraduales en Maestría en Docencia de la Química, lo cual permitió establecer la viabilidad y pertinencia para su implementación, esto por medio de una rúbrica adaptada a las actividades de la presente investigación (ANEXO O). Teniendo presente la validación por parte de los expertos, se contemplaron los cometarios propuestos y se realizaron los respectivos ajustes, para iniciar con la implementación.

### **7.4. MUESTRA DE ESTUDIO**

La muestra poblacional objeto de estudio, estuvo conformada por 6 estudiantes del Departamento de Química de la Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá D.C., encontrándose en el décimo semestre, periodo 2024-II; contando con intervenciones sincrónicas y presenciales mediadas por TIC. Los Profesores en Formación (PF), se encontraban cursando el espacio académico de Énfasis Disciplinar II, con una intensidad horaria de 3 horas en la semana. Cabe destacar que la muestra de estudio fue seleccionada debido a la pertinencia de las temáticas abordadas en el espacio académico, las cuales fueron acordes con la aplicación y el desarrollo de la investigación propuesta.

### **7.5. FASES DE LA INVESTIGACIÓN**

Para el desarrollo de la presente investigación, se propusieron 3 fases, las cuales se describen a continuación y se presenta en la tabla 7.

**Tabla 7.** Descripción de las fases y actividades de la investigación.

| <b>Fase</b> | <b>Nombre de la Fase</b>                                                                                                                                                                   | <b>Actividad propuesta</b>                                                                                                                          | <b>Anexo</b>                  |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| 1           | Caracterización del estado inicial de la competencia para el desarrollo sostenible TDC en el grupo de estudiantes del PLQ-UPN.                                                             | Prueba de conocimientos previos sobre el Desarrollo Sostenible                                                                                      | ANEXO A                       |
|             |                                                                                                                                                                                            | Retroalimentación de la Prueba de conocimientos previos sobre el Desarrollo Sostenible                                                              | ANEXO B                       |
|             |                                                                                                                                                                                            | Instrumento de caracterización – Competencias para el Desarrollo Sostenible TDC.                                                                    | ANEXO C                       |
|             |                                                                                                                                                                                            | Retroalimentación del instrumento de caracterización mediante la herramienta de diseño gráfico “aspectos relevantes de la contaminación industrial” | ANEXO D                       |
| 2           | Diseño e implementación de una estrategia educativa para la evolución de la competencia TDC, mediante la química en contexto, para remoción de cromo (III) en aguas residuales sintéticas. | Diseño e implementación del trabajo experimental de laboratorio – Precipitación química                                                             | ANEXO E<br>ANEXO F<br>ANEXO G |
|             |                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                     | ANEXO H<br>ANEXO I            |
|             |                                                                                                                                                                                            | Socialización de los datos obtenidos del trabajo experimental de laboratorio                                                                        | ANEXO J<br>ANEXO K<br>ANEXO L |
|             |                                                                                                                                                                                            | Cuestionario de resultados – una propuesta para el saneamiento del agua                                                                             | ANEXO M                       |
| 3           | Evaluación para la evolución de la competencia para el desarrollo sostenible TDC mediante la estrategia educativa.                                                                         | Instrumento de cierre – estado final de la competencia para el desarrollo sostenible - (Toma de Decisiones Colaborativa).                           | ANEXO N                       |

**Fuente.** Autor.

### 7.5.1. Fase – Caracterización del estado inicial de la competencia para el desarrollo sostenible TDC en el grupo de estudiantes del PLQ-UPN.

En esta fase, se pretende diseñar y aplicar una serie de cuestionarios que permitan analizar la competencia para el desarrollo sostenible -TDC, los conceptos previos que poseen sobre el Desarrollo Sostenible y la vinculación con respecto a la formación docente y la educación para el Desarrollo Sostenible.

#### 7.5.1.1. Prueba de conocimientos previos sobre el Desarrollo Sostenible

Inicialmente, se aplica la primera actividad denominada “Prueba de conocimientos generales – Una primera mirada al Desarrollo Sostenible” (ANEXO A), con el fin de conocer las perspectivas de los Profesores en Formación sobre el Desarrollo Sostenible, la Educación para el Desarrollo Sostenible y su vinculación con el término "competencias", donde se plantean preguntas abiertas y se solicita que se dé respuesta a ellas mediante los conocimientos el PF posee. En consecuencia, el investigador, realiza una retroalimentación con respecto a los términos abordados en el instrumento, mediante una herramienta de diseño gráfico (ANEXO B), con el fin de significar el Desarrollo sostenible (Salas y Ortiz, 2018); Desarrollo Sostenible, Educación para el Desarrollo Sostenible y las Competencias para el Desarrollo Sostenible (Murga-Menoyo, 2015).

Con el fin de evaluar dichos conocimientos previos, sobre el desarrollo sostenible, se presenta la tabla 8, para relacionar la respuesta del PF, con la manera de significar la sostenibilidad, según los planteamientos de (Salas y Ortiz, 2018) y (Murga-Menoyo, 2015).

**Tabla 8.** Categorías propuestas para relacionar el término sostenibilidad

| Categorías para significar el término – “Desarrollo Sostenible” (Salas y Ortiz, 2018) y (Murga-Menoyo, 2015) |                                                                                                                                    |                                                                                                      |                                                                                                                             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Conjunto de criterios socio-ecológicos para orientar acciones humanas o sus productos                        | Visión global, que reúne la revisión de propósitos, expectativas y objetivos medioambientales, sociales y económicos de un sistema | Sistemas que pueden ser intervenidos con capacidades tales como: resiliencia equilibrio y adaptación | Vinculación de las dimensiones o variables, sociales, económicas y ecológicas de un producto o sistema de actividad humana. |

**Fuente.** Tomado de Salas y Ortiz (2018).

### 7.5.1.2. Instrumento de caracterización – Competencias para el Desarrollo Sostenible TDC.

Posteriormente, se implementa el *“Instrumento de caracterización - Competencias para el Desarrollo Sostenible – Toma de Decisiones Colaborativa”* (ANEXO C), con el fin de caracterizar el estado inicial de la competencia. Dicha prueba consta de 7 apartados, que involucran una serie de preguntas abiertas en función a un caso de estudio; la solución a problemáticas que vinculan la contaminación del recurso hídrico; una reflexión de un vídeo y finalmente la percepción que presenta el PF con respecto al rol que desempeñará como futuro docente.

Adicionalmente, se plantea generar una categorización mediante la implementación de una serie de matrices que logren dar cuenta del estado inicial que presenta el PF, frente a la solución del instrumento de caracterización.

Existen distintas maneras de clasificar las competencias, partiendo de los propósitos que se quieren evaluar a partir de dimensiones, lo cual implica conocer y comprender, pero también actuar y ser atribuidos por a una finalidad particular para el estudio del desarrollo del componente de la competencia, lo mencionado, se evidencia en la tabla 9.

**Tabla 9.** Dimensiones abordadas en la competencia para el Desarrollo Sostenible TDC

| Competencia: Toma de Decisiones Colaborativa         |                      |                                                                                                              |
|------------------------------------------------------|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Componentes de la competencia                        | Dimensión            | Finalidad                                                                                                    |
| Análisis Argumentativo                               | Conocer y Comprender | Posee conocimiento teórico de un campo académico específico en función a la resolución de problemas          |
| Pensamiento crítico de las situaciones.              | Saber Actuar         | Relaciona el conocimiento al campo académico con el fin de mejorar y optimizar la situación propuesta.       |
| Resolución de problemas ante situaciones en contexto | Saber Ser            | Genera una aplicación práctica del conocimiento ante una situación problema planteada para dar una solución. |

**Fuente.** Murga-Menoyo (2015)

Para tales fines, Murga-Menoyo plantea matrices donde se sugiere mantener los siguientes criterios: en primera instancia que sea comprensible y mediante ella se puedan conocer las capacidades; en segundo lugar, que combine amplitud con especificidad, dado que es importante que los criterios establecidos logren dar cuenta de los niveles de logro; por otra parte, se hace necesario que dicha matriz sea útil para concretar evidencias, y finalmente que admita alternativas y adaptaciones ante los entornos propuestos como se evidencia en la tabla 10.

**Tabla 10.** Indicadores y niveles de desempeño de la Competencia para el Desarrollo Sostenible – TDC.

| <b>Competencia: Toma de Decisiones Colaborativa</b>               |                                                                                                              |                                                                                                   |                                                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Componentes de la competencia</b>                              | <b>Indicadores y niveles de desempeño (Resultados de aprendizaje en el estudiante)</b>                       |                                                                                                   |                                                                                                                                                                           |
|                                                                   | <b>Nivel 1<br/>(Aprobado)<br/>(1 punto)</b>                                                                  | <b>Nivel 2<br/>(Notable)<br/>(2 Puntos)</b>                                                       | <b>Nivel 3<br/>(Sobresaliente)<br/>(3 Puntos)</b>                                                                                                                         |
| <b>Análisis Argumentativo (AA)</b>                                | Utiliza el conocimiento para aportar argumentos insustanciales ante una interrogante propuesta.              | Propone respuestas coherentes, empleando el conocimiento científico ante las interrogantes.       | Emplea el conocimiento científico con respecto a una interrogante de forma objetiva y de manera coherente y convincente.                                                  |
| <b>Pensamiento crítico ante situaciones (PC)</b>                  | Aporta argumentos someros en sus explicaciones desde un punto de vista neutral.                              | Genera explicaciones a partir de una situación problema, aportando soluciones puntuales y comunes | Dese una perspectiva global, explica razonablemente las implicaciones objeto de estudio, proponiendo soluciones contextualizadas a situaciones propuestas.                |
| <b>Resolución de problemas ante situaciones en contexto (RPS)</b> | Enuncia de forma superficial, ideas en función a la solución de los problemas planteados ante una situación. | Establece relaciones entre los conceptos y propone alternativas para resolver problemáticas       | Aplica los conceptos y las relaciones entre ellos a un contexto determinado, encontrando soluciones objetivas a problemas planteados, previniendo una evolución negativa. |

**Fuente.** Murga-Menoyo (2015)

Por consiguiente, las matrices se vinculan directamente a las rubricas evaluativas, los cuales son instrumentos concretos que logran establecer niveles de logro, dado que recoge diversas perspectivas e indicadores observables en el proceso formativo, permitiendo valorar el rendimiento del estudiante de acuerdo con criterios expresados en una escala que puede ser cualitativa o cuantitativa o mixta. Por consiguiente, las rubricas permiten al docente expresar con precisión qué se espera del estudiante con respecto a una determinada tarea. Por tal motivo, se presenta la tabla 11, la cual logra articular en una rúbrica, el interrogante de la actividad, el componente de la competencia, la dimensión abordada y finalmente el nivel del desempeño que presenta el PF, ante la solución de las preguntas establecidas.

**Tabla 11.** Rúbrica de evaluación para el instrumento de caracterización Competencias para el desarrollo sostenible (Toma de decisiones colaborativa)

| Competencia: Toma de decisiones colaborativas                                                                                                                                |                                                            |                      |                    |     |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------|--------------------|-----|-----|
| Interrogante                                                                                                                                                                 | Componente de la competencia                               | Dimensión            | Nivel de Desempeño |     |     |
|                                                                                                                                                                              |                                                            |                      | (1)                | (2) | (3) |
| Teniendo presente los anteriores fragmentos ¿cuáles considera que son las causas fundamentales de la contaminación por parte de las industrias?                              | Análisis Argumentativo (AA)                                | Conocer y Comprender | PA                 | PA  | PA  |
| Teniendo presente el siguiente cuadro, mencione 1 aspecto por cada una de las situaciones planteadas en función a “¿Qué consecuencias puede ocasionar?”                      |                                                            |                      | PA                 | PA  | PA  |
| Teniendo presente el caso anterior, mencione de qué forma se ven impactados los sectores ambiental, social y económico por parte de la situación presentada.                 | Pensamiento crítico ante situaciones (PC)                  | Saber Actuar         | PA                 | PA  | PA  |
| Teniendo presente los fragmentos presentados anteriormente, plantee dos formas para solucionar las problemáticas 1 y 2 presentadas en el texto.                              |                                                            |                      | PA                 | PA  | PA  |
| Una vez presentado el vídeo “Río Bogotá desde el aire” escriban una pequeña reflexión sobre las problemáticas expuestas en él.                                               | Resolución de problemas ante situaciones en contexto (RPS) | Saber Ser            | PA                 | PA  | PA  |
| Desde su rol como futuro docente ¿qué estrategias implementarían para abordar la problemática del impacto de la industria en la contaminación del medio ambiente en el aula? |                                                            |                      | PA                 | PA  | PA  |
| TOTAL, PUNTOS                                                                                                                                                                |                                                            |                      | Por asignar.       |     |     |
| Niveles de desempeño:                                                                                                                                                        |                                                            |                      |                    |     |     |
| (1) - (Aprobado) - (1-6 puntos); (2) - (Notable) (7-12 Puntos); (3) – (Sobresaliente) (13-18 Puntos)                                                                         |                                                            |                      |                    |     |     |
| *PA - (Por Asignar)                                                                                                                                                          |                                                            |                      |                    |     |     |

**Fuente.** Adaptado de Murga-Menoyo (2015)

Para la competencia “Toma de decisiones colaborativa” (TDC), es importante abordarla, desde el punto de vista sostenible, dado que concede la participación de forma estructurada y procedimental. Las intervenciones son fundamentales en el desarrollo sostenible, dado que debe surgir en virtud de causas internas, teniendo presente las situaciones de las comunidades y de acuerdo con los aspectos sociales ambientales y culturales, a fin de solventar necesidades sentidas, aspiraciones, circunstancias u opiniones. La finalidad particular de la competencia TDC es llevar a cabo formas de desarrollo donde las poblaciones puedan proponer un control con respecto a su presente y salvaguarden el futuro y el bienestar de planeta. Finalmente, se realizó una retroalimentación mediante una herramienta de diseño gráfico “aspectos relevantes de la contaminación industrial” (ANEXO D), con la finalidad de retroalimentar y trazar una guía de trabajo bajo las 3 industrias que generan una mayor cantidad de contaminantes.

#### **7.5.2. Fase – Diseño e implementación de una estrategia educativa para la evolución de la competencia TDC, mediante la química en contexto, para remoción de cromo (III) en aguas residuales sintéticas.**

En el desarrollo de esta fase, se diseñaron e implementaron 3 actividades para abordar el desarrollo de la competencia TDC, las cuales se muestran a continuación

##### **7.5.2.1. Diseño e implementación del trabajo experimental de laboratorio – Precipitación química**

En primera instancia, se diseñó guía de trabajo analítico en el laboratorio, direccionado en la precipitación de Cr (III) presente en aguas residuales sintéticas. Por lo cual, el investigador, consolidó 3 guías de laboratorio denominadas “*Trabajo práctico – Una propuesta para el saneamiento del agua*”. El objetivo del trabajo analítico estuvo direccionado a la cuantificación de Cr presente en aguas residuales sintéticas las cuales fueron preparadas a partir de una sal de cromo “*Cromo(III) Nitrato Nonahidrato*”  $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  las cuales oscilaban entre concentraciones de 1000 a 3000 ppm (Gómez, 2019). Dichas guías fueron consolidadas a partir de:

- La revisión documental en función a la metodología de precipitación química, empleando semilla de moringa químicamente modificada (Islam et al. 2021); precipitación química mediante agentes químicos como Hidróxido de sodio en solución y óxido de magnesio en 99% pureza p/p (Awoke, et al., 2024).
- Se realizó un proceso de modificación química empleando Hidróxido de Sodio 0,5 M, con semillas de moringa *oleífera*.
- La estandarización del proceso por parte del investigador, con el fin de consolidar las condiciones sugeridas del trabajo analítico en función a la precipitación química, propuestos por (Islam, et al., 2021) y (Awoke, et al., 2024), estableciendo: tiempos de contacto con el ARS, ajuste de pH, tiempos

de agitación, tamaño de partícula del Bioadsorbente y tiempo de contacto para la modificación química.

- El equipo empleado para las lecturas de absorbancia fue un espectrofotómetro de absorción atómica de serie AA-7000 de espectrofotómetros de absorción atómica presentando un análisis de alta sensibilidad.

#### **7.5.2.2. Socialización de los datos obtenidos del trabajo experimental de laboratorio**

Una vez se realiza la aplicación del trabajo experimental propuesto en el apartado anterior, se solicita a los Grupos de Trabajo (GT), presenten mediante una herramienta digital, el trabajo experimental de laboratorio desarrollado donde se contemplan los siguientes apartados:

- Metodología (diagramas de flujo trabajo del proceso de laboratorio)
- Resultados (Imágenes), datos obtenidos, cálculos del trabajo de laboratorio
  - (% de remoción de cromo)
- Respuesta a las siguientes interrogantes:
  - ✓ Mediante el trabajo experimental realizado ¿de qué manera contribuye a la problemática expuesta (la problemática que se encuentra en la guía de laboratorio)– explique detalladamente.
  - ✓ ¿Cómo se vincula el desarrollo sostenible en el trabajo realizado?
  - ✓ ¿Qué otras alternativas propondrían para dar solución a la problemática expuesta?
- Conclusiones del trabajo realizado (Reflexión)
- Referencias bibliográficas

Por consiguiente, se implementa la rúbrica de evaluación para poder expresar de forma precisa, la manera en que el GT aborda las preguntas y además conocer el nivel en función a la evolución de la competencia TDC esta vez categorizada de manera grupal. Para tales fines se presenta la tabla 12, la cual pretende articular el interrogante de la actividad, con el componente de la competencia, la dimensión abordada y finalmente el nivel de desempeño que presenta el GT ante la respuesta a las preguntas planteadas. Es importante mencionar que la presente rubrica, es de carácter cualitativa y fue categorizada; en primer lugar, tendiendo presente la tabla 10, la cual presenta los indicadores y niveles de desempeño asociados al componente de la competencia y en segunda instancia, mediante el análisis ejecutado a través del Software ATLAS.ti.9 el cual genera redes semánticas, que permiten estudiar la relación de las citas propuestas por las respuestas de los GT.

**Tabla 12.** Rúbrica de evaluación para los resultados obtenidos en el trabajo experimental de laboratorio.

| <b>Competencia: Toma de decisiones colaborativas</b>                                                                                                                                   |                                                            |                      |                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------|---------------------------|
| <b>Interrogante</b>                                                                                                                                                                    | <b>Componente de la competencia</b>                        | <b>Dimensión</b>     | <b>Nivel de Desempeño</b> |
| ¿Cómo se vincula el desarrollo sostenible en el trabajo realizado?                                                                                                                     | Análisis Argumentativo (AA)                                | Conocer y Comprender | <i>Por asignar</i>        |
| ¿Qué otras alternativas propondrían para dar solución a la problemática expuesta?                                                                                                      | Pensamiento crítico ante situaciones (PC)                  | Saber Actuar         | <i>Por asignar</i>        |
| Mediante el trabajo experimental realizado ¿de qué manera contribuye a la problemática expuesta (la problemática que se encuentra en la guía de laboratorio)– explique detalladamente. | Resolución de problemas ante situaciones en contexto (RPS) | Saber Ser            | <i>Por asignar</i>        |
| <b>Niveles de desempeño:</b> (1) - (Aprobado); (2) - (Notable); (3) – (Sobresaliente)                                                                                                  |                                                            |                      |                           |

**Fuente.** Adaptado de Murga-Menoyo (2015)

### 7.5.2.3. Cuestionario de resultados del Trabajo Práctico - una propuesta para el saneamiento del agua

Para finalizar la fase que involucra el diseño de una estrategia educativa para la evolución de la competencia TDC, se hace énfasis en las preguntas asignadas, ítem (3) de la guía de laboratorio (ANEXOS E, F Y G), por consiguiente, se presente un cuestionario denominado “*Resultados Trabajo práctico - Una propuesta para el saneamiento del agua*” (ANEXO M). Para este caso, se presenta una rúbrica de evaluación propuesta por el investigador y adaptada desde (Murga-Menoyo, 2015) con la finalidad de asignar el nivel correspondiente en el que se encuentra el PF (analizada de forma individual), esto permite conocer el progreso que ha presentado la muestra de estudio, una vez se ha implementado la estrategia para conocer la evolución de la competencia TDC y los componentes que hacen parte de ella. Por consiguiente, se presenta la tabla 13 la cual muestra la relación de las preguntas propuestas y su articulación con el componente a desarrollar.

**Tabla 13.** Rúbrica de evaluación de los resultados finales – estrategia educativa para la evolución de la competencia TDC.

| Competencia: Toma de decisiones colaborativas                                                                                                                                                                                            |                                                            |                      |                    |     |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------|--------------------|-----|-----|
| Interrogante                                                                                                                                                                                                                             | Componente de la competencia                               | Dimensión            | Nivel de Desempeño |     |     |
|                                                                                                                                                                                                                                          |                                                            |                      | (1)                | (2) | (3) |
| ¿Obtuvo precipitación de cromo (III)?, explique detalladamente dicho proceso.                                                                                                                                                            | Análisis Argumentativo (AA)                                | Conocer y Comprender | PA                 | PA  | PA  |
| Describa detalladamente ¿por qué el cromo es uno de los contaminantes más perjudiciales para el ser humano?                                                                                                                              |                                                            |                      | PA                 | PA  | PA  |
| ¿Considera que las técnicas de precipitación química son importantes en los procesos industriales? – Justifique su respuesta detalladamente.                                                                                             | Pensamiento crítico ante situaciones (PC)                  | Saber Actuar         | PA                 | PA  | PA  |
| De las sesiones abordadas, enuncie: ¿el trabajo realizado aporta en su formación como futuro docente? – explique detalladamente.                                                                                                         |                                                            |                      | PA                 | PA  | PA  |
| Mediante el trabajo experimental realizado ¿de qué manera contribuye a la problemática expuesta? – explique detalladamente.                                                                                                              | Resolución de problemas ante situaciones en contexto (RPS) | Saber Ser            | PA                 | PA  | PA  |
| Desde su perspectiva como futuro docente, ¿considera que es importante abordar problemáticas ambientales que relacionan la contaminación del recurso hídrico, por qué? – Explique de qué manera lo contextualizaría en un aula de clase. |                                                            |                      | PA                 | PA  | PA  |
| TOTAL, PUNTOS                                                                                                                                                                                                                            |                                                            |                      | Por asignar.       |     |     |
| Niveles de desempeño:                                                                                                                                                                                                                    |                                                            |                      |                    |     |     |
| (1) - (Aprobado) - (1-6 puntos); (2) - (Notable) (7-12 Puntos); (3) – (Sobresaliente) (13-18 Puntos                                                                                                                                      |                                                            |                      |                    |     |     |
| *PA - (Por Asignar)                                                                                                                                                                                                                      |                                                            |                      |                    |     |     |

**Fuente.** Adaptado de Murga-Menoyo (2015)

### 7.5.3. Fase evaluación para la evolución de la competencia del desarrollo sostenible TDC mediante la estrategia educativa.

Una vez se diseña y se implementa la estrategia educativa, la cual vincula la química en contexto para la remoción de cromo (III) en ARS, con el fin de conocer la evolución de la competencia TDC, se presenta el “instrumento de cierre – estado final de la competencia para el desarrollo sostenible TDC” (ANEXO N) la cual permitió contrastar los resultados obtenidos con los iniciales, mediante una serie de preguntas similares al instrumento de caracterización. Mediante el uso del Software ATLAS.ti.9, se generaron redes semánticas que relacionaban el nivel de desempeño del PF con respecto el componente de la competencia para asignar una valoración final y conocer la evolución que tuvieron cada uno de los integrantes que participaron en la presente investigación. Todo lo mencionado en función la evolución de la Competencia para el Desarrollo Sostenible (Toma de Decisiones Colaborativa) a partir de la química en contexto y la remoción de Cromo III en ARS.

A continuación, se presenta la tabla 14, la cual muestra la relación de las preguntas propuestas y su articulación con el componente a desarrollar.

**Tabla 14.** Rúbrica de evaluación para el instrumento de cierre – estado final de la competencia para el desarrollo sostenible - TDC.

| Competencia: Toma de decisiones colaborativas                                                                                                                                                                                                    |                                           |                      |                    |     |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------|--------------------|-----|-----|
| Interrogante                                                                                                                                                                                                                                     | Componente de la competencia              | Dimensión            | Nivel de Desempeño |     |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                  |                                           |                      | (1)                | (2) | (3) |
| (1) Teniendo presente las 3 problemáticas expuestas, proponga una solución para cada una de ellas.                                                                                                                                               | Análisis Argumentativo (AA)               | Conocer y Comprender | PA                 | PA  | PA  |
| (2) ¿Cómo podría contribuir la Educación para el Desarrollo Sostenible frente a las diversas problemáticas que presenta la contaminación de las fuentes hídricas?                                                                                |                                           |                      | PA                 | PA  | PA  |
| (7) Realice una reflexión desde su posición como docente en formación, con respecto a las posibles soluciones que se pueden generar en los problemas de contaminación industrial. (Tenga en cuenta todas las sesiones de trabajo desarrolladas). | Pensamiento crítico ante situaciones (PC) | Saber Actuar         | PA                 | PA  | PA  |

| Competencia: Toma de decisiones colaborativas                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                            |              |                    |     |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|--------------|--------------------|-----|-----|
| Interrogante                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Componente de la competencia                               | Dimensión    | Nivel de Desempeño |     |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                            |              | (1)                | (2) | (3) |
| (4) Tenido presente las problemáticas expuestas en el caso de estudio, la empresa “Cromanal y curtidos S.A.S”, lo convoca con el fin de poder solventar particularmente la problemática que involucra los vertimientos. Explique al menos 2 metodologías para poder solventar los vertimientos de cromo (III) a los efluentes del agua. | Pensamiento crítico ante situaciones (PC)                  | Saber Actuar | PA                 | PA  | PA  |
| (3) Desde su rol como futuro docente ¿qué estrategias implementaría para abordar la problemática del impacto de la industria de las curtiembres en la contaminación del medio ambiente en el aula?                                                                                                                                      | Resolución de problemas ante situaciones en contexto (RPS) | Saber Ser    | PA                 | PA  | PA  |
| (5) ¿Desde su labor como futuro docente, ¿cómo contextualizaría en el aula de clase, la problemática de la contaminación de cromo en las fuentes hídricas causa de las industrias, vinculando el aspecto social, económico y ambiental?                                                                                                 |                                                            |              | PA                 | PA  | PA  |
| TOTAL, PUNTOS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                            |              | Por asignar.       |     |     |
| Niveles de desempeño:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                            |              |                    |     |     |
| (1) - (Aprobado) - (1-6 puntos); (2) - (Notable) (7-12 Puntos); (3) – (Sobresaliente) (13-18 Puntos)                                                                                                                                                                                                                                    |                                                            |              |                    |     |     |
| *PA - (Por Asignar)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                            |              |                    |     |     |

**Fuente.** Adaptado de Murga-Menoyo (2015)

## **8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

El espacio académico del *Énfasis Disciplinar II (Tecnologías Limpias)* ofrecido por la Universidad Pedagógica Nacional, en el ciclo de profundización de la Licenciatura en Química pretende que el estudiante, analice en un campo específico de la química, para este caso, se vincula el tratamiento de aguas contaminadas con metales pesados.

Por consiguiente, se presentan los hallazgos de la investigación, con su respectiva discusión de conformidad a cada una de las fases propuestas en el apartado metodológico, según los objetivos planteados y que guiaron la misma.

### **8.1. CARACTERIZACIÓN DEL ESTADO INICIAL DE LA COMPETENCIA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE TDC EN EL GRUPO DE ESTUDIANTES DEL PLQ-UPN.**

#### **8.1.1. Resultados – Prueba de conocimientos previos sobre el Desarrollo Sostenible**

Se realizó una actividad de conocimientos previos “Prueba de conocimientos generales – Una primera mirada al Desarrollo Sostenible” (ANEXO A), con el fin de conocer las perspectivas de los Profesores en Formación a cerca del Desarrollo Sostenible, la Educación para el Desarrollo Sostenible y la vinculación con el término competencias, posteriormente, se realizó una retroalimentación, mediante una herramienta de diseño gráfico (ANEXO B), realiza una retroalimentación con respecto a los términos abordados en el instrumento (DS, EDS, CDS).

De este modo, se aplicó la prueba de conocimientos previos a una muestra de estudio, la cual comprendía 6 estudiantes, los cuales diligenciaron en su totalidad el instrumento, la cual contemplaba 5 preguntas abiertas, y 1 de selección, con múltiple opción de respuesta, lo cual permitió categorizar la manera como los PF logran significar los conocimientos previos que poseen sobre el desarrollo Sostenible. En cada respuesta dada por los estudiantes, se realizó un análisis holístico, tomando como referencia los planteamientos de Salas y Ortiz (2018) y Murga-Menoyo (2015) adaptado por el autor. Para ello, de llevaron las respuestas enunciadas por los estudiantes al Software de ATLAS.ti.9, lo cual permitió la construcción de 4 redes semánticas partiendo de las respuestas expresadas por los PF.

Continuando con lo expuesto, en el Software, se crearon los grupos de códigos, relacionados a las categorías de interés para evidenciar la relación que presenta el PF, con los conceptos que posee sobre el Desarrollo Sostenible según los postulados de los autores citados en el anterior párrafo y agrupado en la tabla 15.

**Tabla 15.** Categorías propuestas para significar el término de Desarrollo Sostenible ingresados en ATLAS.ti.9.

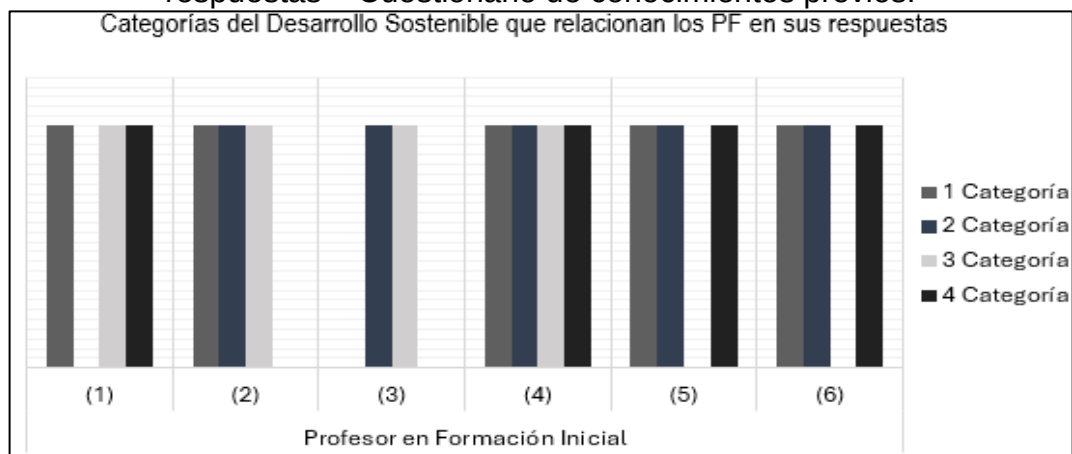
| <b>Categoría para significar Desarrollo Sostenible</b>                                                                             | <b>Código asignado en ATLAS.ti.9</b> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Conjunto de criterios socio-ecológicos para orientar acciones humanas o sus productos                                              | Categoría 1                          |
| Visión global, que reúne la revisión de propósitos, expectativas y objetivos medioambientales, sociales y económicos de un sistema | Categoría 2                          |
| Sistemas que pueden ser intervenidos con capacidades tales como: resiliencia, equilibrio y adaptación                              | Categoría 3                          |
| Vinculación de las dimensiones o variables, sociales, económicas y ecológicas de un producto o sistema de actividad humana.        | Categoría 4                          |

**Fuente:** Realizado con ATLAS.ti.9. Autor

Las preguntas del cuestionario de conocimientos previos fueron analizadas de manera individual, por ende, para cada uno de los estudiantes, se establece la cantidad de categorías que relaciona en el momento de responder las preguntas asociadas al instrumento, para tales fines, en primera instancia se presenta la figura 5, la cual evidencia de manera cualitativa que el PF3 – relaciona solo 2 categorías; los PF(1,2,5 y 6) – relacionan 3 categorías y, por último, solamente el PF4 – relaciona 4 categorías (todas).

Es importante destacar que dichas categorías fueron tomadas de los autores Salas y Ortiz (2018) quienes analizaron los significados que transmite el concepto de sostenibilidad, debido a las definiciones poco operativas y diversas. Para tales fines se establecen 4 categorías del concepto evidenciando que no son significados ambiguos y que, gracias a dicha clasificación de usos y significados, se puede definir mediante el estudio de variables sociales y ecológicas dentro de ciertos sistemas.

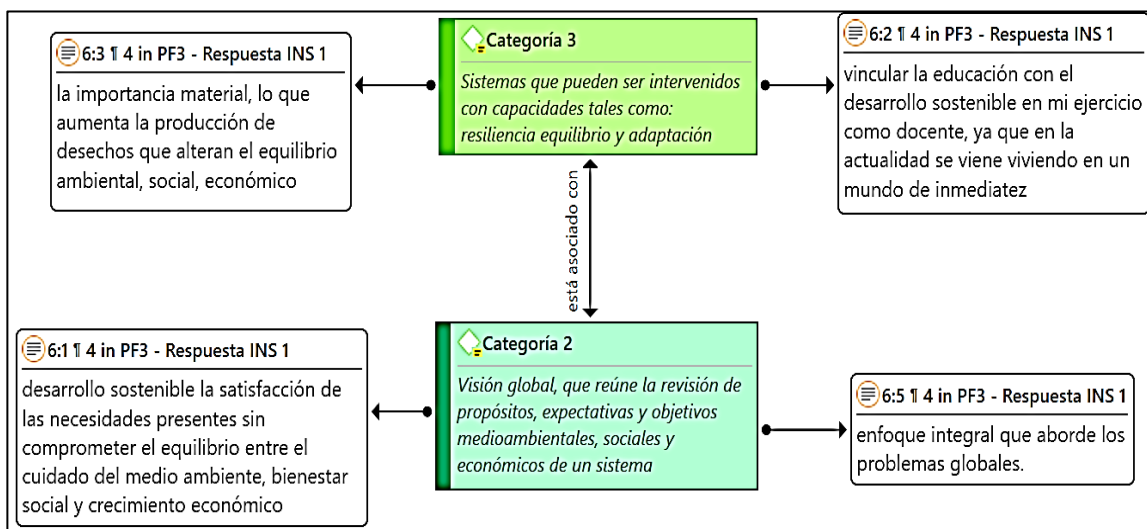
**Figura 5.** Categorías del Desarrollo Sostenible que relaciona los PF en sus respuestas – Cuestionario de conocimientos previos.



**Fuente:** Autor.

Inmediatamente, como muestra de los resultados del PF3, quien hace una relación de 2 categorías en las respuestas a las preguntas (1, 2 y 3) propuestas por el instrumento. Esto evidencia, que el PF, posee conocimientos con respecto al Desarrollo Sostenible, integrándolos mediante una visión global de propósitos y objetivos medioambientales sociales y económicos en un contexto, los cuales se encuentran directamente relacionados con capacidades para vincular la resiliencia, el equilibrio a la adaptación de la humanidad y se denota cuando en sus conjeturas, logra vincular la educación para el Desarrollo Sostenible. Lo descrito se evidencia en la figura 6, donde se muestra la red semántica en función a la respuesta dada por el PF3.

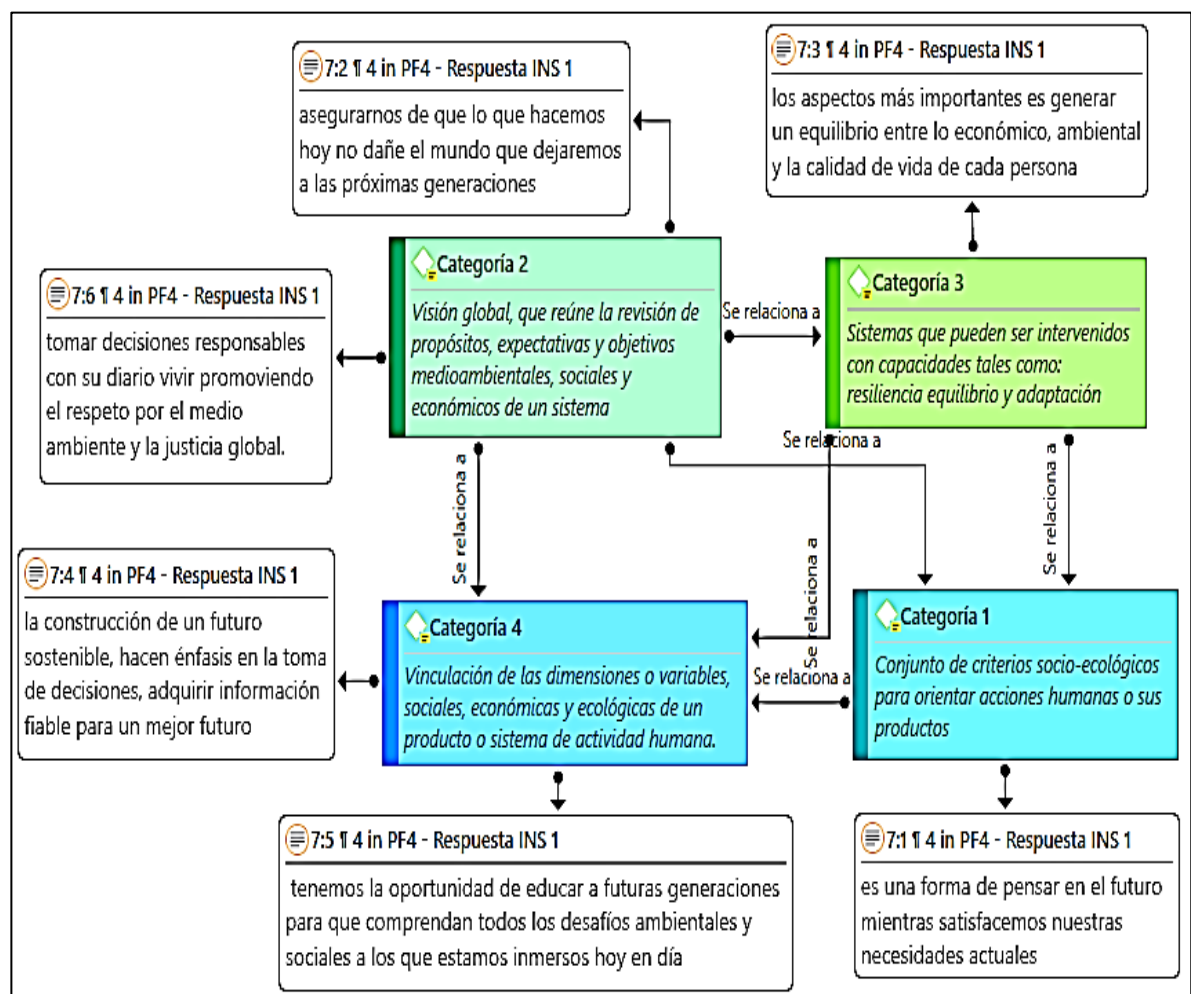
**Figura 6.** Resultados del PF3 a las preguntas del Cuestionario de conocimientos previos empleando ATLAS.ti.9.



**Fuente:** Realizado con ATLAS.ti.9. Autor.

Por otra parte, el PF4, logra integrar las 4 categorías planteadas por Salas y Ortiz (2018) y Murga-Menoyo (2015), esto se evidencia, dado que, en sus respuestas, se enuncian diversos criterios socio-ecológicos desde las acciones humanas, para satisfacer las necesidades actuales y pensar en el futuro; además, genera una visión global sobre las visiones medioambientales, sociales y económicas a fin de tomar decisiones responsables en el diario vivir y la justicia global; relaciona sistemas y contextos que pueden ser intervenidos en capacidad de resiliencia, generando un equilibrio económico, ambiental relacionado la calidad de vida en cada persona y por último, vincula las variables sociales, económicas y ecológicas de la actividad humana, mediante la -construcción de un futuro sostenible, a partir de la toma de decisiones fiables en pro a mejorar las generaciones futuras. Posteriormente se presenta la Figura 7, donde se muestra la red semántica en función a la respuesta dada por el PF4.

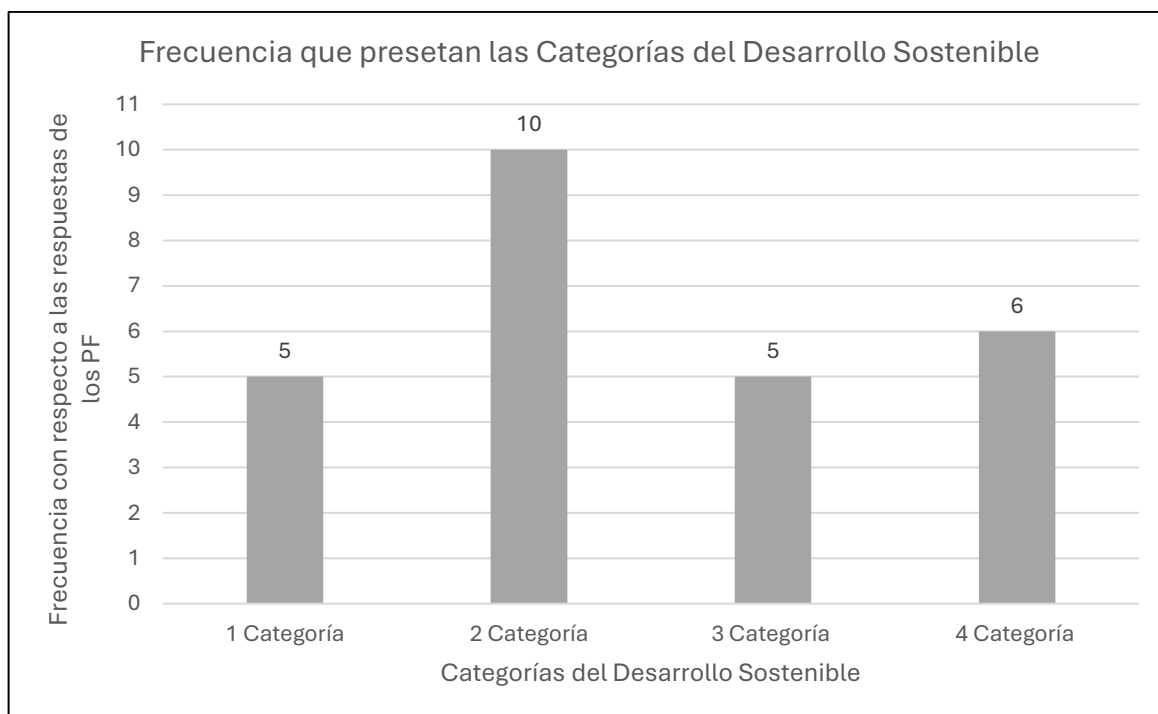
**Figura 7.** Resultados del PF4 a las preguntas del Cuestionario de conocimientos previos empleando ATLAS.ti.9.



**Fuente:** Realizado con ATLAS.ti.9. Autor.

Por último, se realiza un análisis en función a las categorías propuestas para significar el término Desarrollo Sostenible y la frecuencia que presentaron cada una de ellas, con respecto a las respuestas emitidas por la muestra de estudio. La figura 8, muestra las frecuencias correspondientes para cada una de ellas.

**Figura 8.** Frecuencia de las categorías – Desarrollo Sostenible con respecto a las respuestas de los PF



**Fuente:** Autor.

Con respecto a las frecuencias obtenidas, se evidencia que para la muestra de estudio, la categoría 2 (Visión global, que reúne la revisión de propósitos, expectativas y objetivos medioambientales, sociales y económicos de un sistema) – presenta la mayor frecuencia (10 veces); la categoría 4 (Vinculación de las dimensiones o variables, sociales, económicas y ecológicas de un producto o sistema de actividad humana) – presenta una frecuencias (6 veces) y finalmente las categorías 1 (Conjunto de criterios socio-ecológicos para orientar acciones humanas o sus productos) y 3 (Sistemas que pueden ser intervenidos con capacidades tales como: resiliencia equilibrio y adaptación) – presentan una frecuencia (5 veces cada una).

Finalmente, con los resultados obtenidos en la figura 8, se logra evidenciar que las respuestas emitidas por los PF, los ubican particularmente en la categoría 2, relacionando al Desarrollo Sostenible directamente como objetivo de la humanidad aludiendo a propósitos, metas valores u objetivos ambientales sociales y

económicos (Salas y Ortiz, 2018). Por consiguiente, la muestra de estudio asocia el término sostenibilidad como sinónimo del desarrollo sostenible, dado que “un desarrollo sostenible que satisfaga las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (World Commission on Environment and Development, 1987). La definición expuesta por la Comisión se asemeja en gran manera a las emitidas por los PF, corroborando que dicha categoría es la que más predomina.

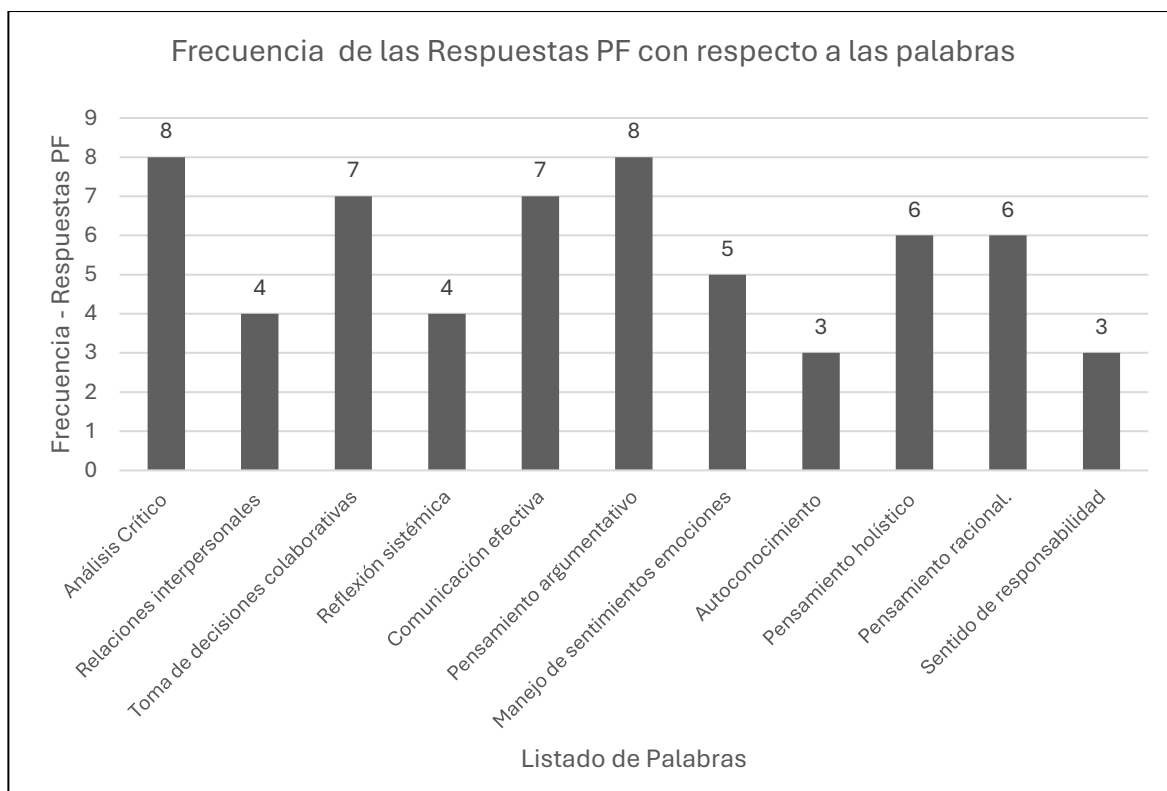
Con respecto al interrogante 5, “A continuación, se presenta un listado de palabras. Desde su criterio, seleccione las que considere competencias”, se pretende inferir si los PF, logran identificar cual, del listado de palabras dentro del cuestionario, son competencias. La tabla 16 muestra los resultados obtenidos por parte de la muestra de estudio y así mismo se presenta la figura 9 la cual expone las frecuencias de las respuestas emitidas por lo PF, con respecto a la percepción que tienen sobre una competencia.

**Tabla 16.** Resultado obtenido por parte de los PF con respecto a la selección de palabras

| <b>Listado de Palabras</b>       | <b>Frecuencia PF</b> |
|----------------------------------|----------------------|
| Análisis Crítico                 | 8                    |
| Relaciones interpersonales       | 4                    |
| Toma de decisiones colaborativas | 7                    |
| Reflexión sistémica              | 4                    |
| Comunicación efectiva            | 7                    |
| Pensamiento argumentativo        | 8                    |
| Manejo de sentimientos emociones | 5                    |
| Autoconocimiento                 | 3                    |
| Pensamiento holístico            | 6                    |
| Pensamiento racional.            | 6                    |
| Sentido de responsabilidad       | 3                    |

**Fuente:** Autor.

**Figura 9.** Frecuencias obtenidas por parte de lo PF, en respuesta a las palabras que consideran competencias



**Fuente:** Autor.

Los resultados emitidos por parte de los PF, muestra que las frecuencias más altas con respecto a lo que la muestra de estudio considera como “competencias” evidencian que; “*Análisis Crítico*” – con una frecuencia de (8); por otra parte “*Toma de decisiones colaborativa*” – presenta una frecuencia de (7); “*Reflexión sistémica*” – presenta una frecuencia de (4) y finalmente “*Sentido de responsabilidad*” – presenta una frecuencia de (3).

El listado de palabras descrito, corresponden a competencias las cuales son propuestas por (Murga-Menoyo, 2015). La muestra de estudio presenta dificultad para relacionar el término “competencia”, dado que 2 de estas palabras presentan frecuencias bajas, además el término “*Pensamiento argumentativo*” y “*comunicación efectiva*” poseen una frecuencia alta (8) y (7) respectivamente. Es importante destacar que las competencias, hacen referencia a un conjunto amplio que incluye habilidades y abarca conocimientos, actitudes y comportamientos definidas en contextos profesionales y educativos (Murga-Menoyo, 2015).

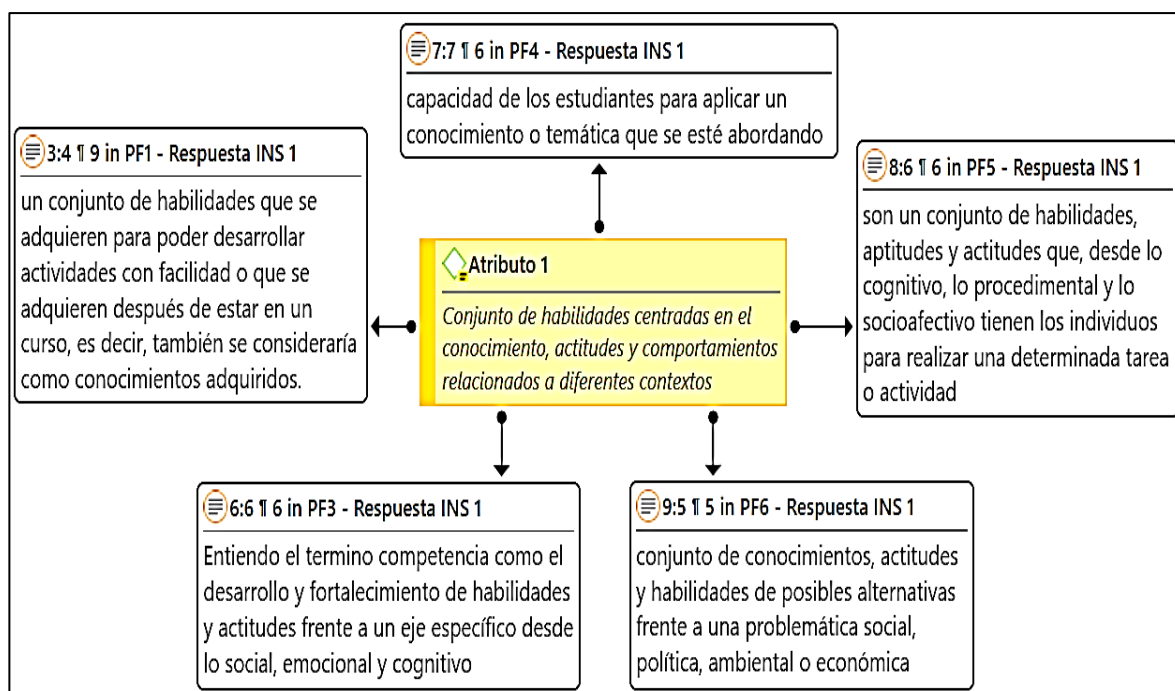
Con respecto a la pregunta “¿Qué entiende por el término “competencia” relacionado al ámbito educativo?” se realiza la triangulación de la información

mediante 3 atributos que vinculan la definición planteada por (Murga-Menoyo, 2015), los cuales se presentan a continuación:

- **Atributo 1.** Conjunto de habilidades centradas en el conocimiento, actitudes y comportamientos relacionados a diferentes contextos (González y Wagenaar, 2003).
- **Atributo 2.** Carácter versátil donde los individuos adaptan sus acciones ante los cambios que producen las problemáticas (Fraijo et al., 2010).
- **Atributo 3.** Permiten actuar con eficacia, con respecto a la resolución de problemas, para mejorar y optimizar una situación (Hill, et al., 2010).

Para el análisis correspondiente con respecto a la interrogante propuesta, se presenta la figura 10, la cual vincula la respuesta suministrada por el PF, a los atributos previamente mencionados, lo cual permitirá caracterizar a la muestra de estudio con respecto a la definición de competencia.

**Figura 10.** Resultados del atributo 1 en función a las respuestas de los PF

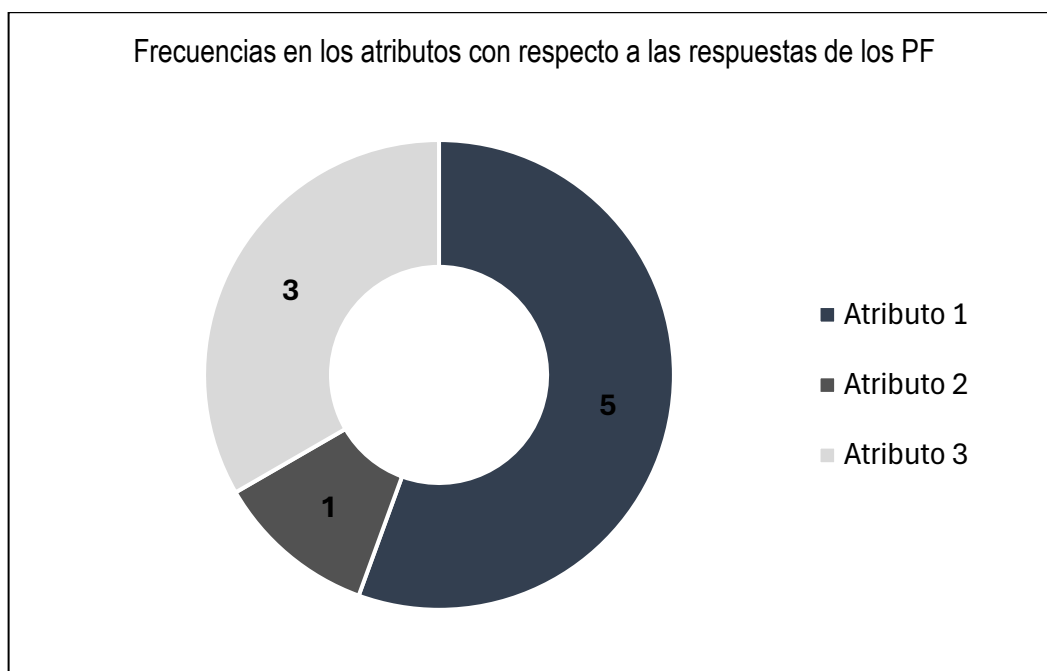


**Fuente:** Realizado con ATLAS.ti.9. Autor.

El atributo 1 – “Conjunto de habilidades centradas en el conocimiento, actitudes y comportamientos relacionados a diferentes contextos”, presenta una frecuencia de (5) según las respuestas emitidas por los PF, pues relacionan la palabra

“competencias” con el término “habilidad”, en función al desarrollo de una tarea, vinculación de una situación en particular aplicado a distintos contextos. Es el atributo que prevalece sobre la muestra de estudio y que además presenta la frecuencia más elevada.

**Figura 11.** Frecuencias obtenidas por parte de lo PF, en respuesta al término competencias



**Fuente:** Autor.

Finalmente, mediante la figura 11, se evidencia que el atributo que más predomina en la muestra de estudio es el 1, dado que presenta la frecuencia más elevada, por otra parte, el atributo 3 – “Permiten actuar con eficacia, con respecto a la resolución de problemas, para mejorar y optimizar una situación”, presenta una frecuencia de (3), en las respuestas emitidas por loes estudiantes y el atributo 2 – “Carácter versátil donde los individuos adaptan sus acciones ente los cambios que producen las problemáticas” tan solo presenta una frecuencia de (1). Las respuestas emitidas por los PF logran vincular las habilidades con las competencias, sin embargo, es importante destacar que el autor (Murga-Menoyo, 2015), indica que las habilidades se centran en la capacidad de hacer una tarea particular, mientras que la competencia incluye la habilidad, pero también incorpora el conocimiento y la actitud para emplear dicho conjunto de habilidades en un contexto.

Por último, una vez los PF diligenciaron el “cuestionario de conocimientos generales – Una primera mirada al Desarrollo Sostenible”, se realizó una sesión de retroalimentación, en la cual el investigador empleó una herramienta digital para

poder explicar: las maneras como se logra significar el concepto de Desarrollo Sostenible mediante las categorías establecidas bajo los planteamientos de (Salas y Ortiz, 2018), la importancia de la vinculación del DS con la educación para el desarrollo sostenible, el abordaje del término “competencia” y la diferencia que existe con el término “habilidad”, para finalmente presentar las competencias para el desarrollo sostenible, las cuales son objeto de estudio de la presente investigación, particularmente -TDC, en función a lo expuesto por el autor (Murga-Menoyo, 2015).

### 8.1.2. Resultados - Instrumento de caracterización – Competencias para el Desarrollo Sostenible TDC.

Una vez se implementó el “Instrumento de caracterización - Competencias para el Desarrollo Sostenible – Toma de Decisiones Colaborativa” (ANEXO C), se caracterizan las respuestas de la muestra de estudio involucrada en la presente investigación donde se contemplaron 7 preguntas, las cuales corresponde a cada uno de los componentes que estructura la competencia DTC y que se encuentra sujeto a una dimensión y evaluada por un nivel de desempeño, lo descrito se evidencia en la tabla 17. Teniendo presente las respuestas emitidas por los PF, se implementa la rúbrica de evaluación la cual fue expuesta en el apartado metodológico (ver tabla 11) permitió generar una categorización en los niveles propuestos para cada componente.

**Tabla 17.** Criterios empleados para la evaluación de la competencia TDC.

| Competencia: Toma de Decisiones Colaborativa |                      |                                                                                                                                                            |
|----------------------------------------------|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Componente                                   | Dimensión            | Nivel                                                                                                                                                      |
| Análisis Argumentativo                       | Conocer y Comprender | <b>Nivel 1 – Aprobado</b><br>Utiliza el conocimiento para aportar argumentos insustanciales ante una interrogante propuesta.                               |
|                                              |                      | <b>Nivel 2 – Notable</b><br>Propone respuestas coherentes, empleando el conocimiento científico ante las interrogantes                                     |
|                                              |                      | <b>Nivel 3 – Sobresaliente</b><br>Emplea el conocimiento científico con respecto a una interrogante de forma objetiva y de manera coherente y convincente. |

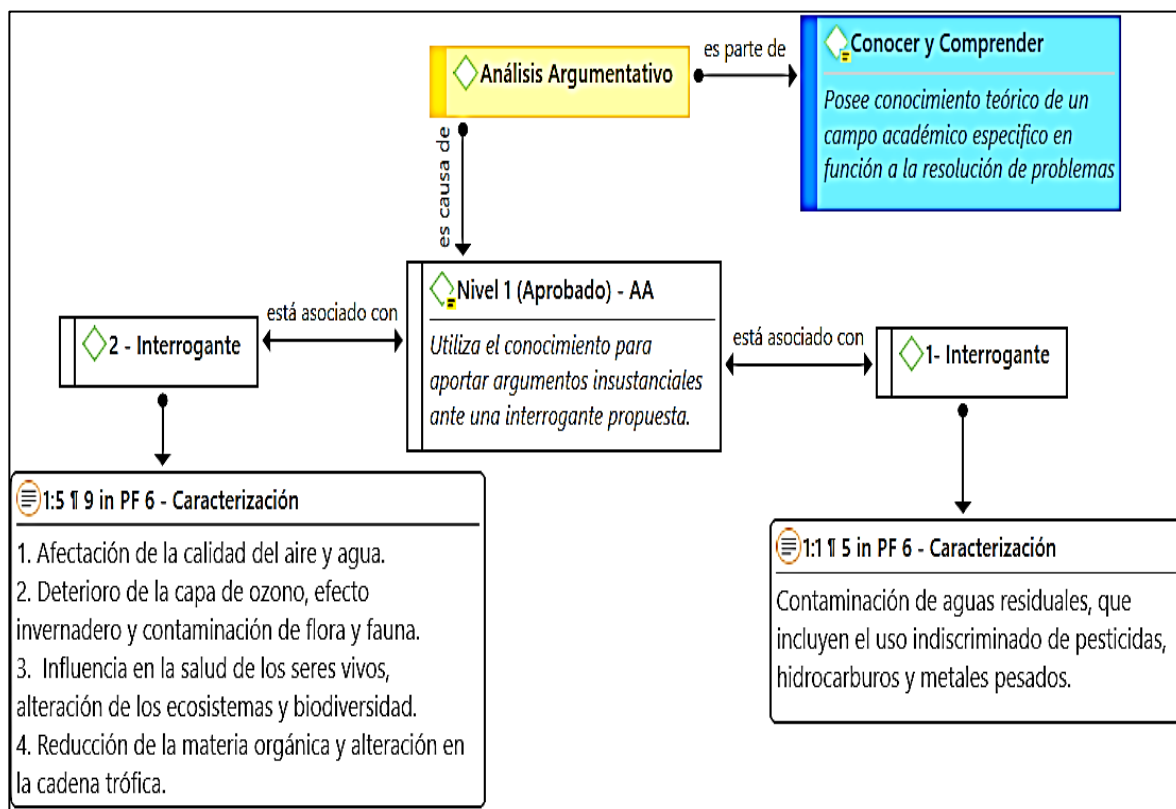
| Competencia: Toma de Decisiones Colaborativa         |              |                                                                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------------------|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Componente                                           | Dimensión    | Nivel                                                                                                                                                                                                       |
| Pensamiento crítico de las situaciones.              | Saber Actuar | <b>Nivel 1 – Aprobado</b><br>Aporta argumentos someros en sus explicaciones desde un punto de vista neutral.                                                                                                |
|                                                      |              | <b>Nivel 2 – Notable</b><br>Genera explicaciones a partir de una situación problema, aportando soluciones puntuales y comunes                                                                               |
|                                                      |              | <b>Nivel 3 – Sobresaliente</b><br>Dese una perspectiva global, explica razonablemente las implicaciones objeto de estudio, proponiendo soluciones contextualizadas a situaciones propuestas.                |
| Resolución de problemas ante situaciones en contexto | Saber Ser    | <b>Nivel 1 – Aprobado</b><br>Enuncia de forma superficial, ideas en función a la solución de los problemas planteados ante una situación.                                                                   |
|                                                      |              | <b>Nivel 2 – Notable</b><br>Establece relaciones entre los conceptos y propone alternativas para resolver problemáticas                                                                                     |
|                                                      |              | <b>Nivel 3 – Sobresaliente</b><br>Aplica los conceptos y las relaciones entre ellos a un contexto determinado, encontrando soluciones objetivas a problemas planteados, previniendo una evolución negativa. |

**Fuente:** Autor.

Las preguntas del instrumento de caracterización fueron analizadas de manera individual, por ende, se presenta un análisis para cada PF, donde se asigna un nivel a la respuesta del interrogante propuesto, y dicho nivel se encuentra asociado a una valoración cuantitativa, donde, mediante el cálculo de la sumatoria total de las respuestas, permite establecer el nivel que presenta la competencia TDC - (Aprobado, Notable, Sobresaliente).

Teniendo presente lo expuesto, a continuación, se presentan como muestra, los resultados obtenidos del instrumento de caracterización, en función al componente de la competencia TDC y los interrogantes propuestos.

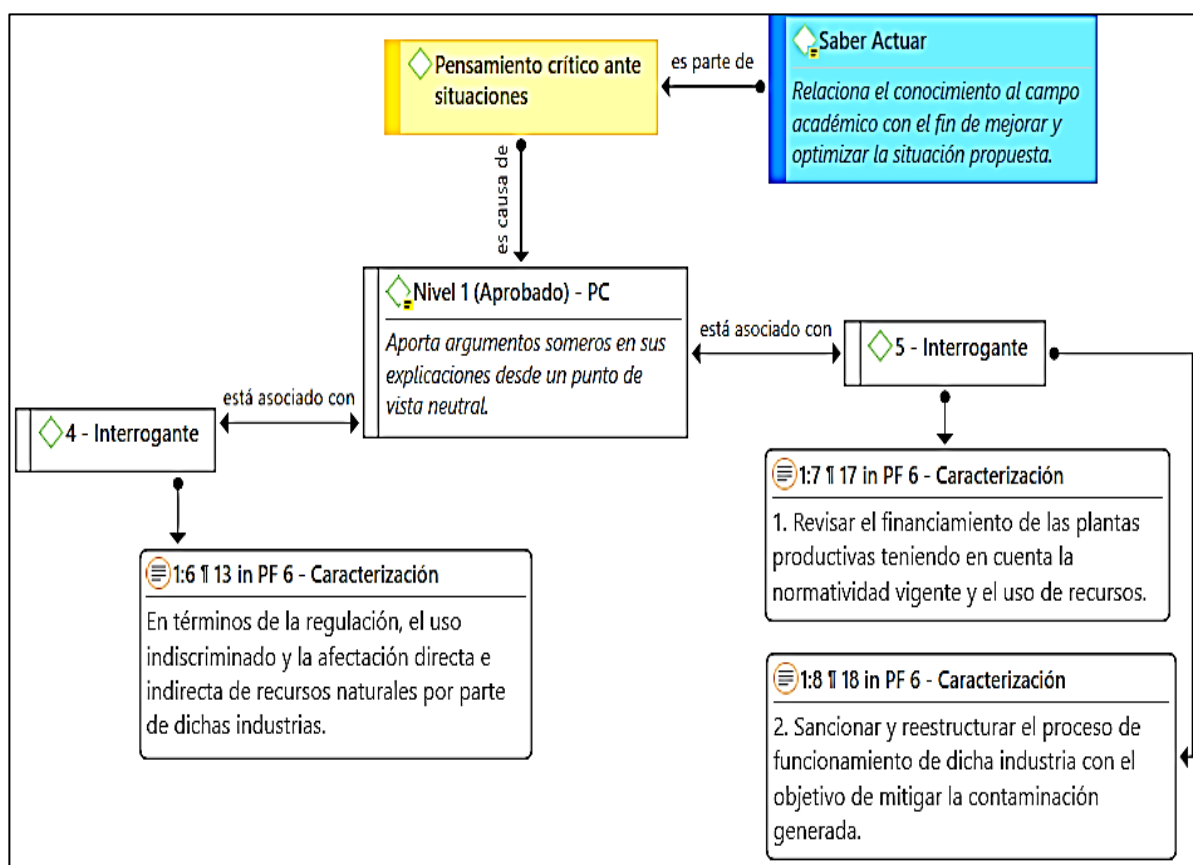
**Figura 12.** Resultados del PF6 – Componente Análisis Argumentativo.



**Fuente:** Realizado con ATLAS.ti.9. Autor.

La figura 12, denota que el PF6, para el componente “Análisis Argumentativo”, presenta un nivel 1 – (Aprobado), dado que mediante la red semántica construida a partir de software ATLAS.ti.9, detalla en primera instancia la respuesta dada al interrogante 1 – “*Teniendo presente los anteriores fragmentos ¿cuáles considera que son las causas fundamentales de la contaminación por parte de las industrias?*”, donde especifica elementos importantes en función a la contaminación en aguas, mediante el uso de agentes químicos descritos como pesticidas y metales pesados. Por otra parte, con respecto al interrogante 2 – “*Teniendo presente el siguiente cuadro, mencione 1 aspecto por cada una de las situaciones planteadas en función a ¿Qué consecuencias puede ocasionar?*”, enuncia de forma superficial cada una de las consecuencias que generan los apartados propuestos. Por tal razón, el PF6, emplea el conocimiento para aportar argumentos muy generales frente a las interrogantes propuestas encontrándose en un nivel 1 para el componente en mención.

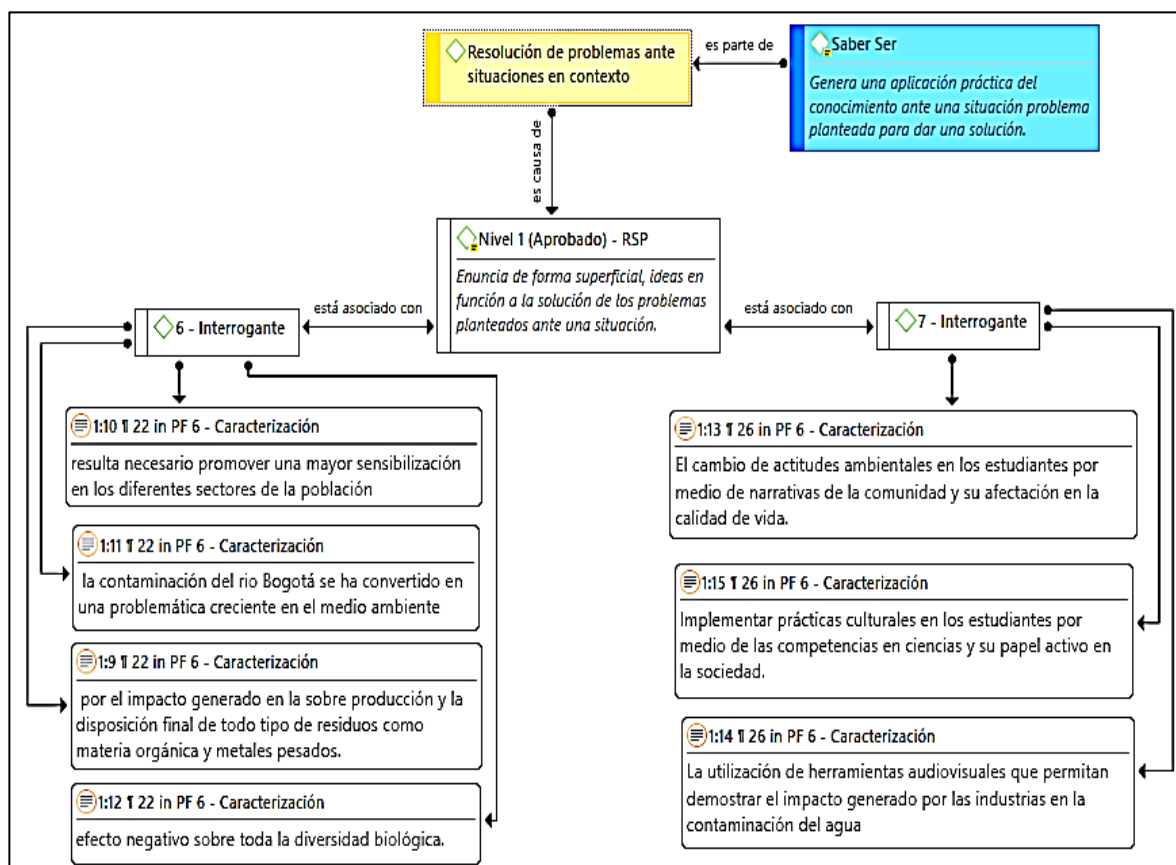
**Figura 13.** Resultados del PF6 – Componente Pensamiento crítico ante situaciones



**Fuente:** Realizado con ATLAS.ti.9. Autor.

Por consiguiente, se presenta la figura 13, donde se muestran las respuestas emitidas por el PF6. Con respecto al interrogante 4 – *“Teniendo presente el caso anterior, mencione de qué forma se ven impactados los sectores ambiental, social y económico por parte de la situación presentada”* logra generar aportes condensados con respecto a el daño que se le da a los recursos naturales por parte de la industria, sin embargo, no vincula aspectos sociales ambientales y económicos. El interrogante 5 – *“Teniendo presente los fragmentos presentados, plantee dos formas para solucionar las problemáticas 1 y 2 presentadas en el texto”*, las soluciones propuestas por el PF ante las problemáticas planteadas generan un alcance resolutorio con respecto a la pregunta, es importante destacar que se aportan argumentos someros en sus explicaciones, siendo neutrales y superficiales. Por tal motivo se categoriza en el nivel 1 – Aprobado.

**Figura 14.** Resultados del PF6 – Componente Resolución de problemas ante situaciones en contexto



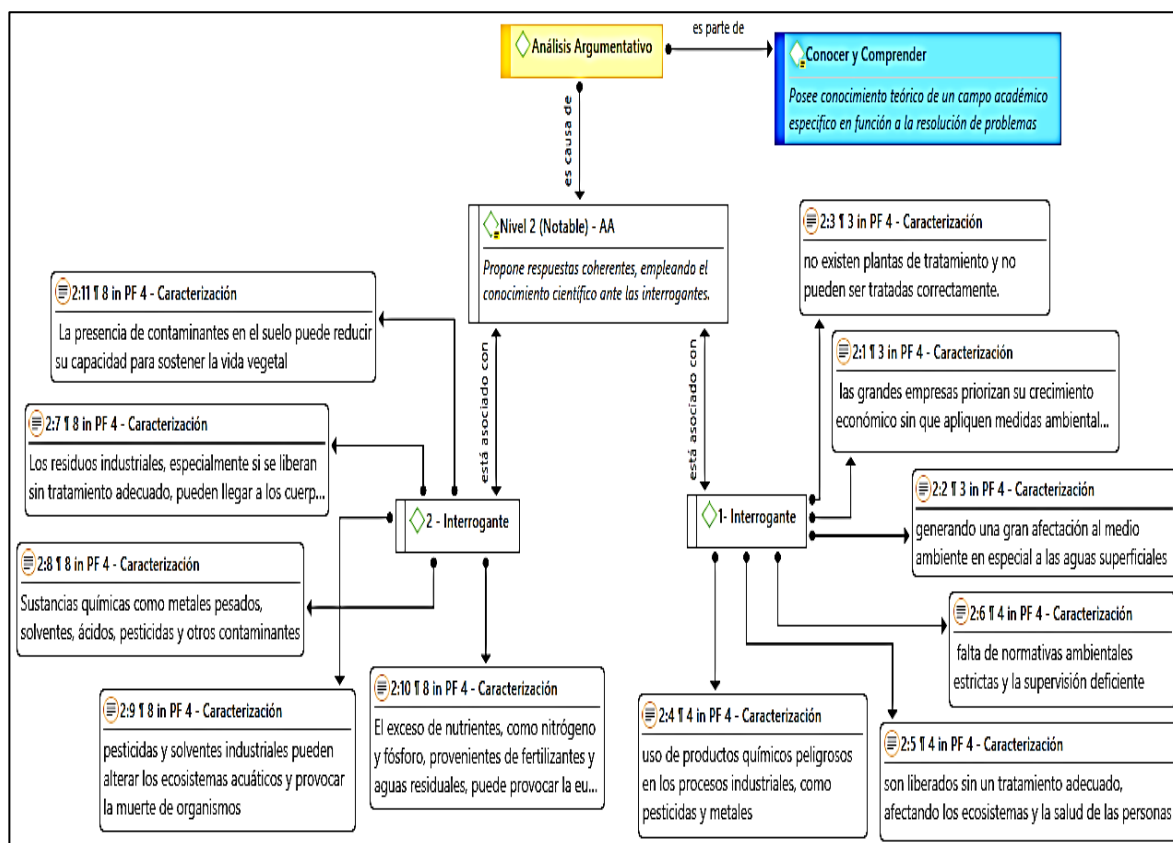
**Fuente:** Realizado con ATLAS.ti.9. Autor.

Por último, se analiza el componente “Resolución de problemas antes situaciones en contexto”, como se muestra en la figura 14. Para este caso el PF6, frente al interrogante 6 – *“Una vez presentado el vídeo “Río Bogotá desde el aire” escriban una pequeña reflexión sobre las problemáticas expuestas en él”* denota elementos importantes en función a diferentes formas de abordar el impacto de las industrias sobre el cuerpo de agua, además de proponer diferentes formas para mejorar la calidad del recurso hídrico. Con respecto al interrogante 7 – *“Desde su rol como futuro docente ¿qué estrategias implementarían para abordar la problemática del impacto de la industria en la contaminación del medio ambiente en el aula?”*, se abordan elementos importantes en cuanto a la implementación de elementos gráficos y audiovisuales, prácticas culturales y narrativas que permitan contextualizar la problemática en el aula. Finalmente, el PF6 logra enunciar de manera superficial, alternativas para poder dar solución a las problemáticas propuestas, empleando el uso de diversas actividades dentro del aula, sin especificar un contexto particular. Por lo expuesto el PF, se categoriza en un nivel 1 – Aprobado , dado que sus respuestas presentan ideas básicas sin relacionarse

a una situación contextual que involucra a las problemáticas propuestas; esto de logra evidenciar en la red semántica, dado que presenta una cantidad de citas baja en donde se esperaría que se presenten soluciones más estructuradas, generando una relación entre los conceptos y el contexto.

En consecuencia, se presenta como muestra, los resultados obtenidos del instrumento de caracterización, relacionando al PF4, el cual presenta niveles de categorización diferentes a los del PF6.

**Figura 15.** Resultados del PF4 – Componente Análisis Argumentativo.

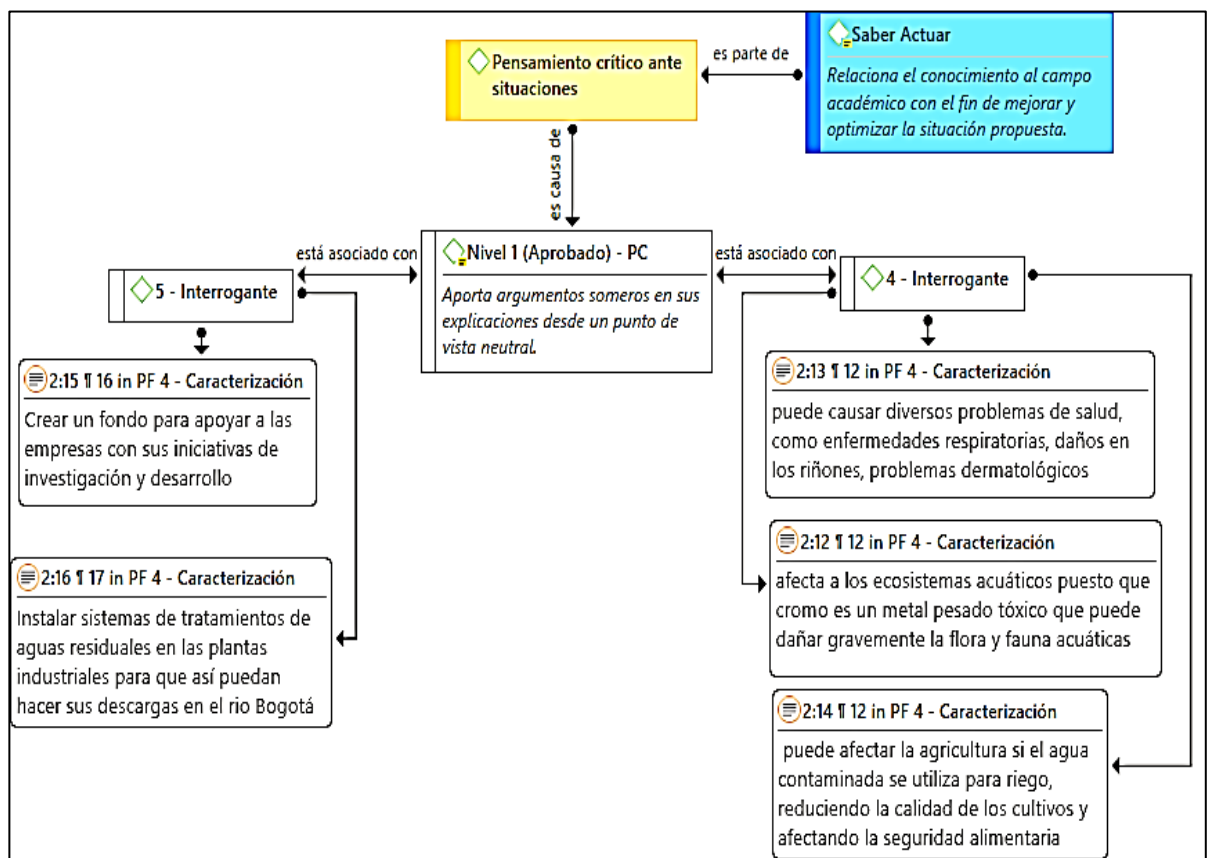


**Fuente:** Realizado con ATLAS.ti.9. Autor.

La figura 15, expone la red semántica construida mediante el software ATLAS.ti.9, en el cual se denota que el componente de la competencia “Análisis argumentativo” es cauda del nivel asignado y que por consiguiente se encuentra estrechamente relacionado con las preguntas propuestas para dicho componente. Se categoriza al PF4 en un nivel 2, ya para el interrogante 1 - “Teniendo presente los anteriores fragmentos ¿cuáles considera que son las causas fundamentales de la contaminación por parte de las industrias?”, dentro de la respuestas emitidas, emplea un discurso coherente, empleando el uso del conocimiento científico debidamente estructurado, atribuyendo de forma puntual las causas fundamentales

de contaminación y evidenciando aspectos puntuales en las industrias que generan un daño al recurso hídrico, además de identificar de manera general aspectos que podrías regular la el daño a las aguas. Con respecto al interrogante 2 – “*Teniendo presente el siguiente cuadro, mencione 1 aspecto por cada una de las situaciones planteadas en función a ¿Qué consecuencias puede ocasionar?*”, enuncia en sus respuestas, las consecuencias que pueden ocasionar diferentes tipos de sustancias, involucrando diversas esferas ambientales (suelo, agua y aire) y como se ven afectados los diferentes ecosistemas que ellas habitan. Por consiguiente, para ambas interrogantes, el PF4, se encuentra en un nivel 2 – Notable , dado que las respuestas presentadas, aluden al conocimiento científico que posee, generando un número de citas elevado y coherente.

**Figura 16.** Resultados del PF4 – Componente Pensamiento crítico antes situaciones

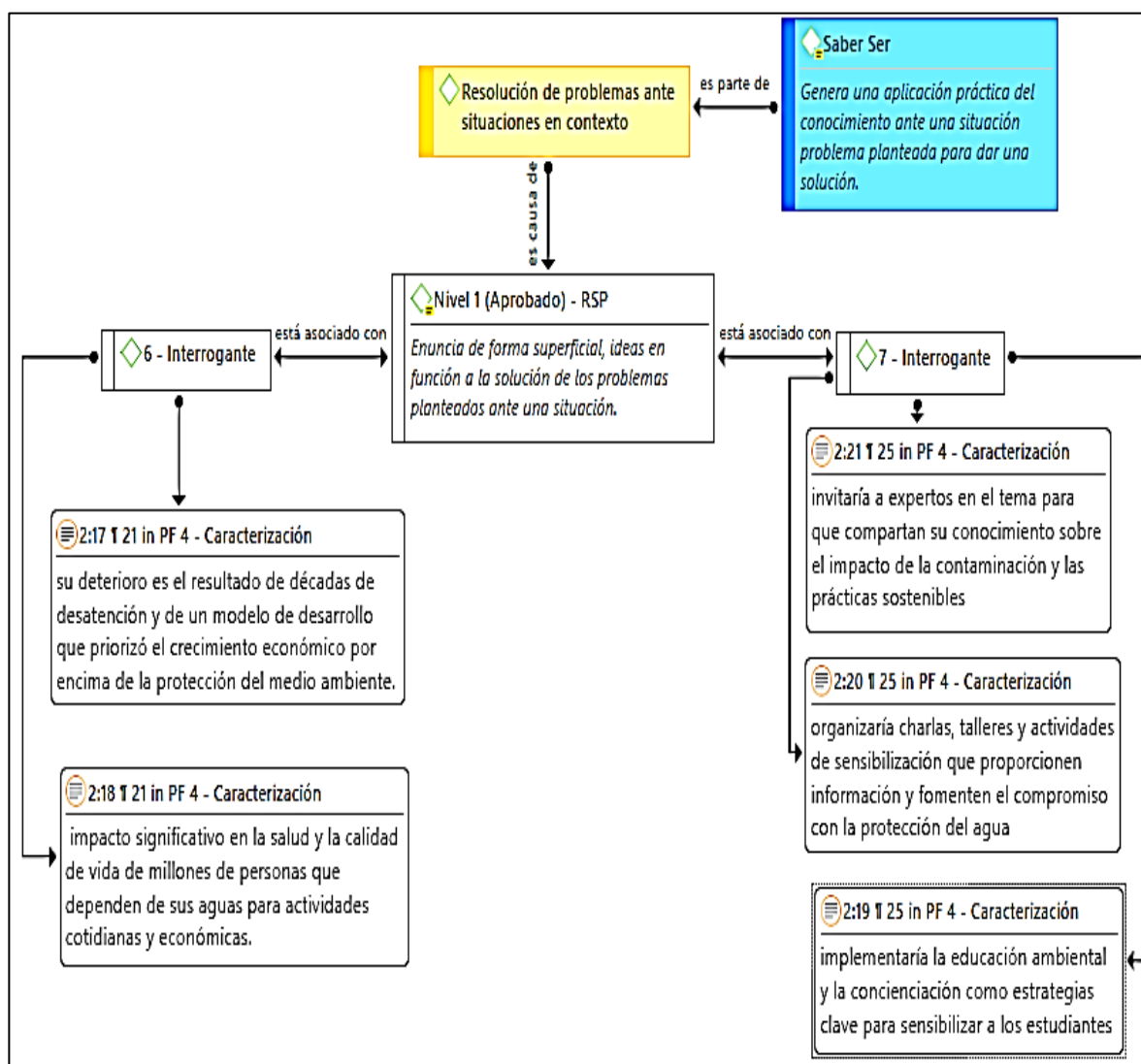


**Fuente:** Realizado con ATLAS.ti.9. Autor.

Con respecto a la figura 16, se presente la red semántica en donde para el componente “Pensamiento crítico ante situaciones” se establece un nivel 1 – Aprobado, dado que, el PF4, enuncia dentro de sus respuestas argumentos someros y superficiales para dar una respuesta a las preguntas propuestas, las

cuales buscan dentro de lo PF, generar una perspectiva global, es decir que se logra relacionar todos los aspectos que involucren las esferas (social ambiental y económico), donde se pueda explicar de manera razonable, proponiendo soluciones contextualizadas desde el conocimiento en el campo académico. Para lo cual es importante profundizar en las respuestas emitidas, dado que son superficiales y de carácter neutral, con respecto al caso de estudio propuesto.

**Figura 17.** Resultados del PF4 – Componente Resolución de problemas ante situaciones en contexto



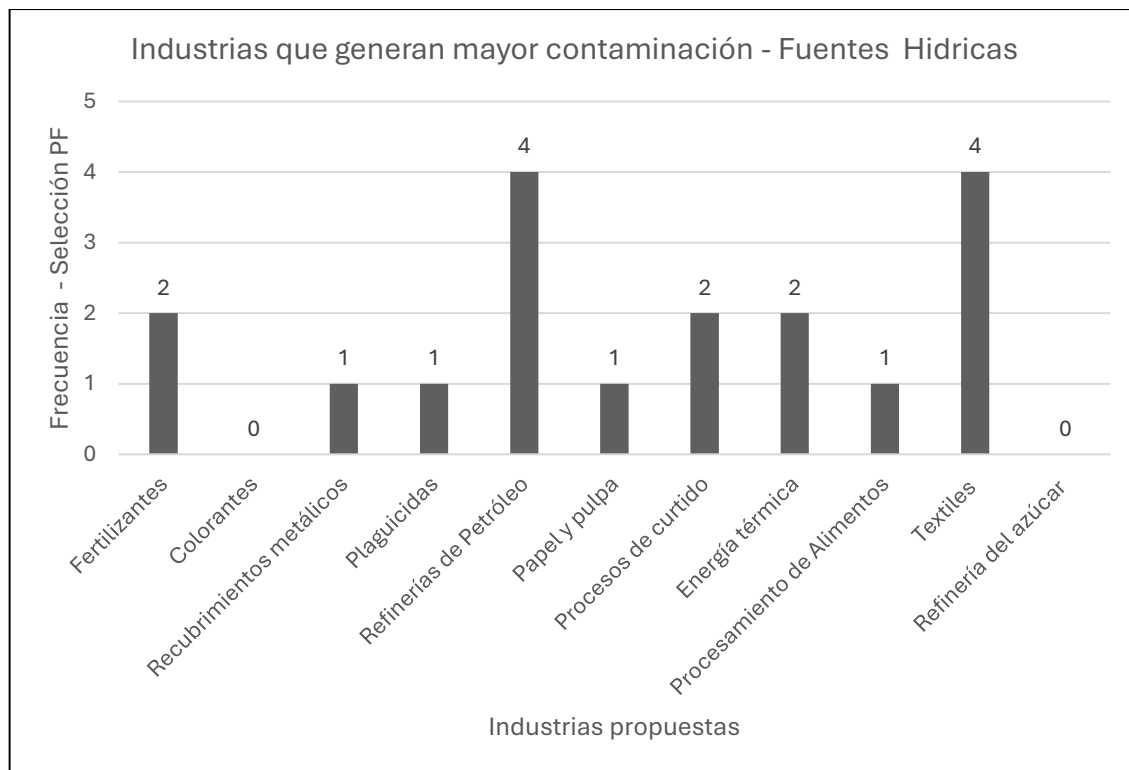
**Fuente:** Realizado con ATLAS.ti.9. Autor.

Finalmente, en cuanto al último componente de la competencia TDC, - “resolución de problemas ante situaciones en contexto”, se presenta la figura 17, en la cual, el PF4 presenta ideas superficiales en función a las interrogantes planteadas, esto se

evidencia mediante la red semántica construida, con las respuestas emitidas por el estudiante, en donde existe una baja cantidad de citas que puedan dar solución a la pregunta y que pueda abarcarla desde la dimensión saber ser, dado que es indispensable que se puedan consolidar las ideas en función a la solución del problema, partiendo del conocimiento práctico y comprendiendo toda la situación, de tal forma que las respuestas logren no lo proponer como es el caso que se presenta en el análisis de las respuestas, también que se logre dar una adecuada contextualización, para poder abordar de forma adecuada la problemática propuesta y se pueda evitar una evolución negativa. Con respecto a lo mencionado, el PF4, se categoriza en un nivel 1 – Aprobado.

Con respecto al interrogante 3 – “A continuación, se presentará un listado de industrias que tienen un alto impacto en la economía de un país. Según su percepción seleccione las 3 industrias que generan una mayor contaminación, principalmente en las fuentes hídricas”, esta pretende conocer la percepción de la muestra de estudio con respecto a las 3 industrias (que según su percepción), generan mayor contaminación en las fuentes hídricas.

**Figura 18.** Frecuencias de los resultados – Industrias que generan mayor contaminación – Fuentes hídricas por parte de los PF.



**Fuente:** Autor.

La figura 18, muestra la frecuencia respecto a la selección que realizaron los PF, bajo la percepción que ellos presentaban ante la indicación “*seleccione las 3 industrias que generan una mayor contaminación, principalmente en las fuentes hídricas*”. Dentro de los resultados se evidencia que “Refinerías de petróleo” y “Textiles”, presentan una frecuencia de 4 la cual es la más alta, seguida de “fertilizantes”, “Procesos del curtido” y “energía térmica” con una frecuencia de 2. Se puede analizar que los datos obtenidos son ambiguos, dado que se presentan ponderaciones similares. Sin embargo, se hace la aclaración a partir de los autores (Martínez y Buitrago, 2018), quienes establecen una revisión del estado de las industrias en Colombia, y particularmente enfatizan en las industrias que generan mayor contaminación a los cuerpos de aguas, las cuales son: *1 – industria de las curtiembres, 2 – industria textil y 3 – Industria de recubrimientos metálicos*.

Una vez los PF culminan el desarrollo del instrumento de caracterización, el investigador realizó una intervención con respecto a los aspectos más importantes de la contaminación industrial (ANEXO D), con la finalidad de retroalimentar las respuestas emitidas y además indicar las por qué las 3 industrias mencionadas (las cuales generan mayor daño a los cuerpos de agua) se implementará el trabajo práctico de laboratorio, el cual hace parte de los resultados de la fase 2.

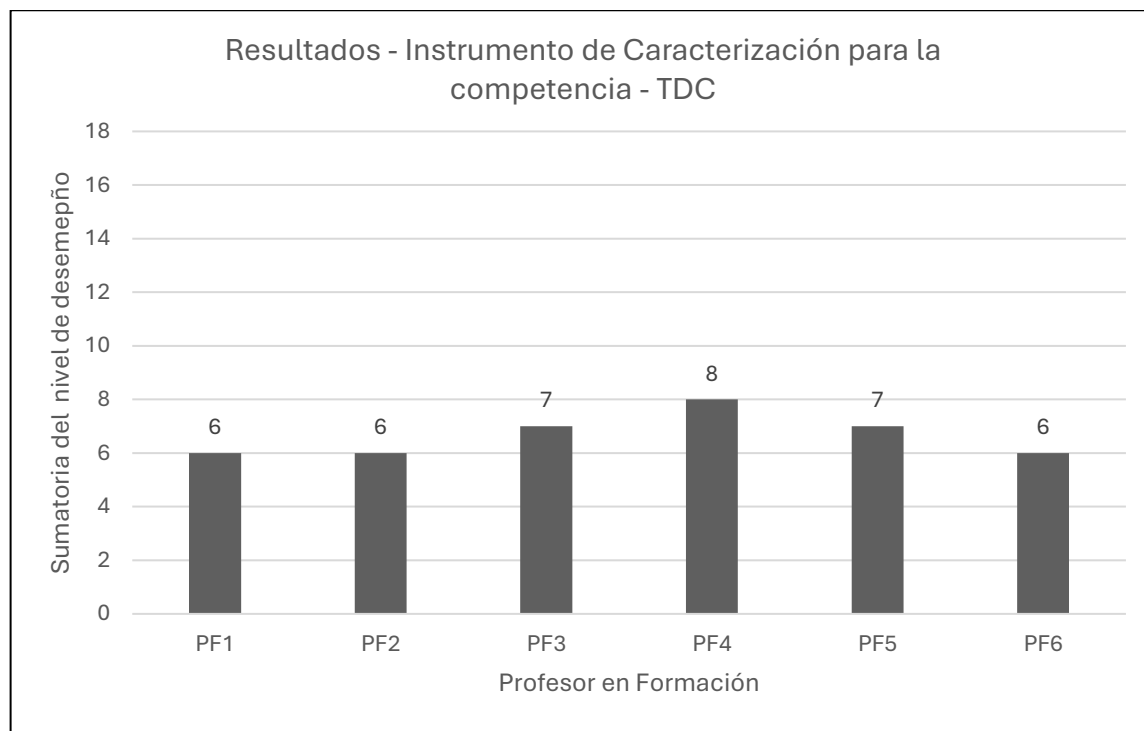
Por último, se presenta la tabla 18, la cual muestra la sistematización de los datos obtenidos luego de aplicar el instrumento de caracterización; se evidencia los componentes de la competencia, y el nivel asignado a cada PF, en función a la respuesta suministrada. Es importante destacar que los niveles se asignaron, mediante el análisis realizado a través del Software ATLAS.ti.9 tal cual como se muestra en las figuras 12 – 18.

**Tabla 18.** Resultados del instrumento de caracterización para la competencia - TDC

| Instrumento de caracterización – Competencias para el Desarrollo Sostenible – TDC |                                       |               |               |               |               |               |                                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------------------------------|
| N°<br>PF                                                                          | Compontes de la competencia a Evaluar |               |               |               |               |               | Sumatoria<br>del nivel de<br>desempeño |
|                                                                                   | AA                                    |               | PC            |               | RSP           |               |                                        |
|                                                                                   | 1<br>pregunta                         | 2<br>pregunta | 4<br>pregunta | 5<br>pregunta | 6<br>pregunta | 7<br>pregunta |                                        |
| 1                                                                                 | Nivel 1                               | Nivel 1       | Nivel 1       | Nivel 1       | Nivel 1       | Nivel 1       | 6 puntos                               |
| 2                                                                                 | Nivel 1                               | Nivel 1       | Nivel 1       | Nivel 1       | Nivel 1       | Nivel 1       | 6 puntos                               |
| 3                                                                                 | Nivel 1                               | Nivel 1       | Nivel 1       | Nivel 1       | Nivel 2       | Nivel 1       | 7 puntos                               |
| 4                                                                                 | Nivel 2                               | Nivel 2       | Nivel 1       | Nivel 1       | Nivel 1       | Nivel 1       | 8 puntos                               |
| 5                                                                                 | Nivel 1                               | Nivel 2       | Nivel 1       | Nivel 1       | Nivel 1       | Nivel 1       | 7 puntos                               |
| 6                                                                                 | Nivel 1                               | Nivel 1       | Nivel 1       | Nivel 1       | Nivel 1       | Nivel 1       | 6 puntos                               |

**Fuente:** Autor.

**Figura 19.** Nivel de desempeño obtenido para cada PF de la competencia TDC.



**Fuente:** Autor.

Según la interpretación de la figura 19, se contempla que para el análisis de la competencia TDC en un estado inicial, 3 profesores en formación se categorizan en nivel 1 – (Aprobado) con un nivel de desempeño de (6); 2 estudiantes presentan un nivel 2 – (Notable), con una puntuación para el nivel de desempeño de (7), y finalmente un estudiante se encuentra ubicado en un nivel 2 – (Notable), con un nivel de desempeño de (8), este último es el nivel más alto que se presenta en la muestra de estudio, una vez se aplicó el instrumento de caracterización, teniendo presente los criterios empleados para la evaluación de los desempeños presentados para conocer el estado inicial de la competencia TDC.

Es importante mencionar que se realizó la selección de los PF 4 y 6, ya que presentaban niveles de desempeños diferentes. El PF4, presentaba un nivel de desempeño de 8 puntos, siendo el más alto de toda la muestra de estudio, por otra parte el PF 6 presenta un nivel 6 de desempeño de 6 junto con PF1 y el PF2, denotando que no existieron diferencias significativas dentro de las respuestas en función a las redes semánticas y las citas propuestas por la muestra de estudio, seleccionado para este caso 2 de los PF con niveles diferentes evidenciados en las figuras de la 12 a la 17.

## **8.2. RESULTADOS - DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTRATEGIA EDUCATIVA PARA LA EVOLUCIÓN DE LA COMPETENCIA TDC, MEDIANTE LA QUÍMICA EN CONTEXTO, PARA REMOCIÓN DE CROMO (III) EN AGUAS RESIDUALES SINTÉTICAS.**

A continuación, se presentan los resultados y el análisis obtenidos, para cada uno de los apartados que involucran el diseño y la implementación de la estrategia educativa en función al desarrollo de la competencia TDC.

### **8.2.1. Diseño e implementación del trabajo experimental de laboratorio – Precipitación química**

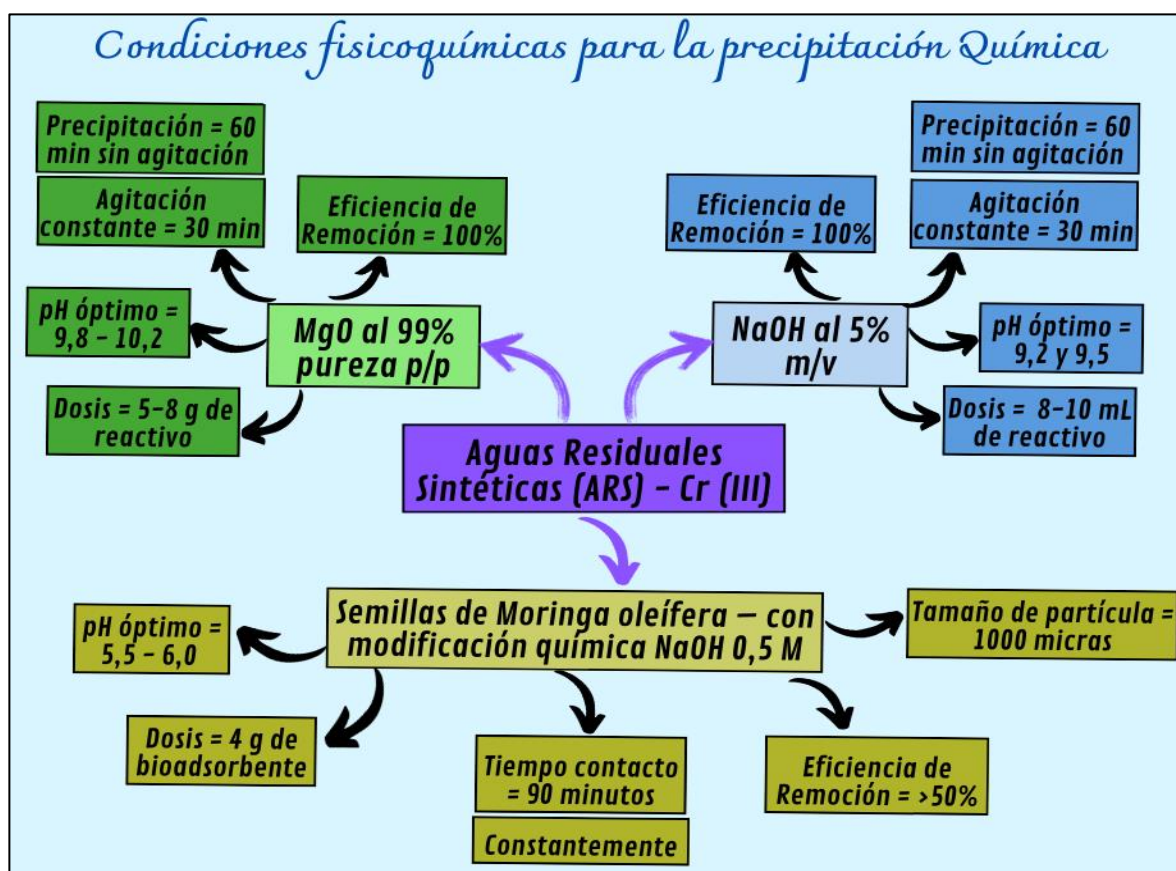
El proceso ejecutado en el laboratorio aborda la metodología propuesta por (Islam et al., 2021) con respecto a la modificación química de la semilla de moringa dentro de la cual se contempló:

- Pre-tratamiento de las semillas de Moringa *Oleífera*, se someten a un lavado con agua potable retirando las impurezas, cáscaras y suciedad, posteriormente se dejan secar al ambiente por aproximadamente 1 semana.
- Molienda, para reducción del tamaño de partícula empleando un filtro de 1000 micras
- Modificación química del polvo de semillas de moringa *Oleífera*, con NaOH (0,5 M), contemplando un tiempo de contacto de 8 horas.
- Ajuste de pH =  $7,0 \pm 0,2$ , para retirar el exceso de Álcali
- Filtración al vacío para separar el biondorbente de la solución.
- Secado en estufa a 105°C por 3 horas

Lo descrito, se puede evidenciar en el ANEXO H, donde se presenta el diagrama de flujo correspondiente y sus respectivas imágenes.

Por otra parte, se realizó el tiempo de contacto del Bioadsorbente (semillas de Moringa *oleífera* – con modificación química NaOH 0,5 M) y los agentes químicos precipitantes (NaOH 5% m/v; MgO al 99% pureza p/p). Para lo cual el investigador pudo estandarizar los procesos correspondientes ajustando las condiciones fisicoquímicas del proceso como de muestran en la figura 20, con el fin de obtener remociones del (100%) para el caso de los precipitantes químicos y de más del 50 % con el Bioadsorbente. Es importante mencionar que, para las lecturas correspondientes, se empleó un patrón de cromo (III) y se usó el Espectrofotómetro de Absorción Atómica (EAA) AA-7000 SHIMADZU. El ANEXO I, muestra los resultados obtenidos del proceso ejecutado.

**Figura 20.** Condiciones fisicoquímicas estandarizadas en el proceso de precipitación química de Cr (III)



Fuente: Autor.

Con respecto a la guía denominada Trabajo práctico – Una propuesta para el saneamiento del agua, esta se consolidó a partir de los siguientes aspectos:

- Se presenta un caso de estudio vinculado a una salida de campo, en donde se evidencia la contaminación generada a causa de las industrias, las cuales aportan una gran cantidad de Cromo (III). Dichas industrias son propuestas por los autores (Martínez y Buitrago, 2018) quienes enuncian que las 3 industrias que generan mayor contaminación y vertimientos de cromo a los efluentes son las industrias del tratamiento de los procesos del curtido, textilerías y proceso en recubrimientos metálicos.
- Se vinculan diferentes cuerpos de agua, dentro de los cuales se destacan nacimiento del río Bogotá, El río Tunjuelo y el Canal de San Francisco.
- Consecuentemente, se indica que se realiza un muestreo al agua proveniente de los desechos de las industrias con el fin de realizar un trabajo

experimental que pueda generar una solución a la problemática expuesta en la guía.

- Se presenta el procedimiento de laboratorio, el cual es desarrollado por parte de la muestra de estudio, con el fin de aplicar diferentes técnicas de precipitación química a las muestras de agua extraídas propuestas en el caso de estudio.
- En el apartado de resultados, se solicita que puedan plasmar los resultados obtenidos mediante una herramienta de diseño gráfico, dentro de la cual se debía incluir: el apartado metodológico; resultados experimentales; análisis de los resultados obtenidos; conclusiones y referencias bibliográficas.

A continuación, se presenta la tabla 19, donde se explica la metodología de trabajo que involucra las guías propuestas por el investigador con respecto al trabajo experimental realizado por parte de los PF. Es importante aclarar que para esta actividad generaron 3 Grupos de Trabajo (GT).

**Tabla 19.** Metodología del trabajo experimental del laboratorio desarrollada con los GT.

| Grupo de trabajo | Industria                | Técnica de precipitación                                    | Cuerpo de agua         | Guía de laboratorio |
|------------------|--------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------|---------------------|
| GT1              | Curtiembres              | Bioadsorbente (semilla de moringa con modificación Química) | Río Tunjuelito         | ANEXO E             |
| GT2              | Textilería               | Solución de NaOH (5% m/v)                                   | Canal de San Francisco | ANEXO F             |
| GT3              | Recubrimientos Metálicos | Óxido de Magnesio (99% Pureza p/p)                          | Nacimiento Río Bogotá  | ANEXO G             |

**Fuente.** Autor.

### 8.2.2. Socialización de los datos obtenidos del trabajo experimental de laboratorio

Los resultados obtenidos, por parte de los GT, se consolidaron en una herramienta de diseño gráfico, con el fin de realizar una socialización, que expusiera el procesamiento de datos obtenidos en el laboratorio y además de ello, se pudiese dar respuesta a 3 interrogantes los cuales orientan el desarrollo de los componentes que se vinculan a las competencias para el desarrollo sostenible – TDC. Se presenta la tabla 20, que expone la metodología de trabajo con respecto a la socialización por parte de los GT.

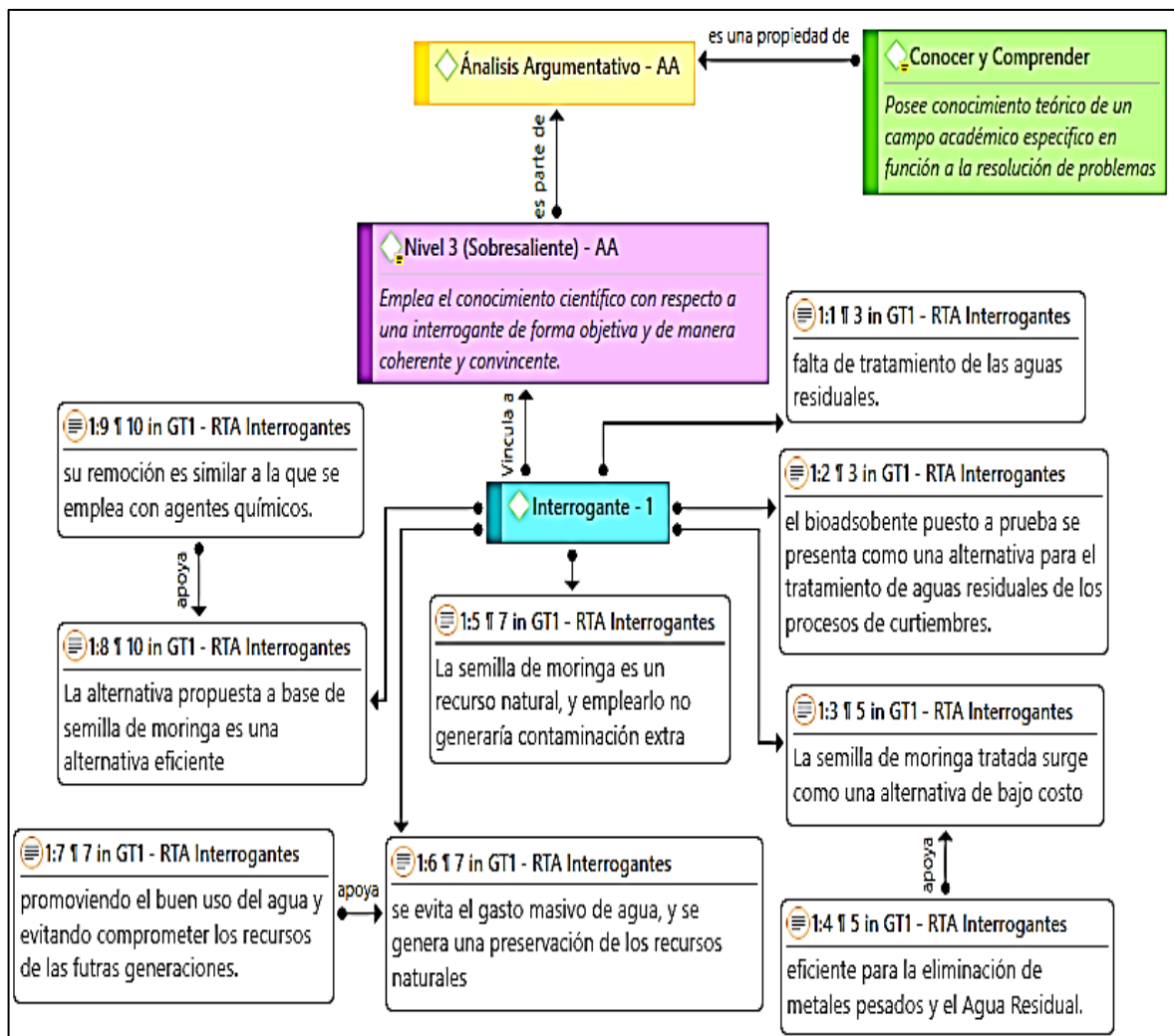
**Tabla 20.** Metodología de trabajo – socialización de los resultados obtenidos en el trabajo experimental de laboratorio

| GT | Industria                | Herramienta de diseño gráfico | Preguntas propuestas para la socialización                                                                                                                                            | Componente de la competencia |
|----|--------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| 1  | Curtiembres              | ANEXO J                       | ¿Cómo se vincula el desarrollo sostenible en el trabajo realizado?                                                                                                                    | (AA)                         |
|    |                          |                               | ¿Qué otras alternativas propondrían para dar solución a la problemática expuesta?                                                                                                     | (PC)                         |
|    |                          |                               | Mediante el trabajo experimental realizado ¿de qué manera contribuye a la problemática expuesta (la problemática que se encuentra en la guía de laboratorio)– explique detalladamente | (RPS)                        |
| 2  | Textilería               | ANEXO K                       | ¿Cómo se vincula el desarrollo sostenible en el trabajo realizado?                                                                                                                    | (AA)                         |
|    |                          |                               | ¿Qué otras alternativas propondrían para dar solución a la problemática expuesta?                                                                                                     | (PC)                         |
|    |                          |                               | Mediante el trabajo experimental realizado ¿de qué manera contribuye a la problemática expuesta (la problemática que se encuentra en la guía de laboratorio)– explique detalladamente | (RPS)                        |
| 3  | Recubrimientos Metálicos | ANEXO L                       | ¿Cómo se vincula el desarrollo sostenible en el trabajo realizado?                                                                                                                    | (AA)                         |
|    |                          |                               | ¿Qué otras alternativas propondrían para dar solución a la problemática expuesta?                                                                                                     | (PC)                         |
|    |                          |                               | Mediante el trabajo experimental realizado ¿de qué manera contribuye a la problemática expuesta (la problemática que se encuentra en la guía de laboratorio)– explique detalladamente | (RPS)                        |

**Fuente.** Autor.

Teniendo presente lo expuesto, a continuación, se presentan como muestra, los resultados obtenidos de la socialización del trabajo experimental de laboratorio, donde se relacionan las preguntas propuestas con el componente de la competencia, la dimensión vinculada y por ende el nivel que presenta el GT una vez se estructura la red semántica mediante el programa ATLAS.ti.9. Es importante destacar que se realizó el análisis de cada uno de los GT, con respecto a las preguntas propuestas.

**Figura 21.** Resultados de GT1 – Componente Análisis Argumentativo.

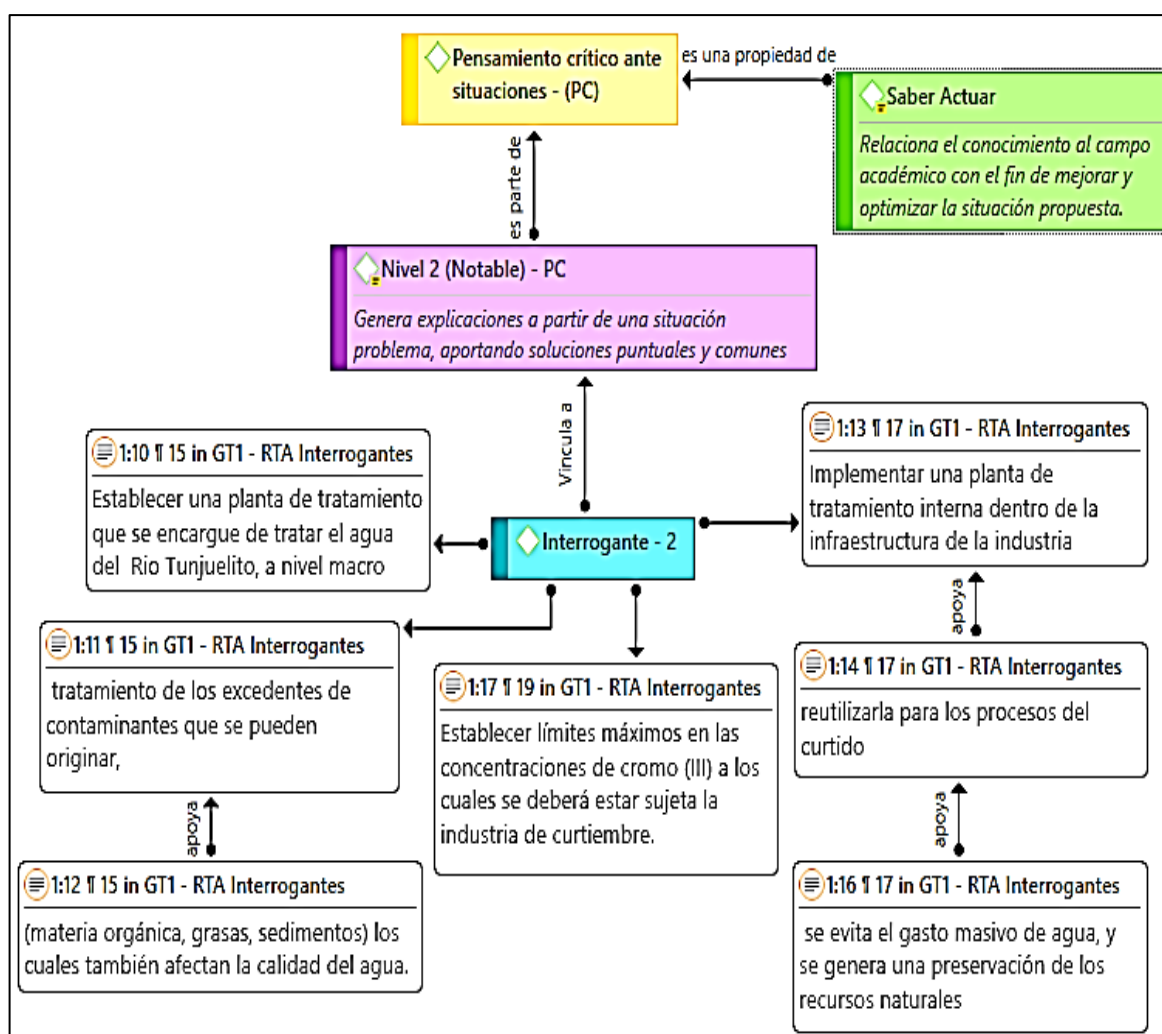


**Fuente:** Realizado con ATLAS.ti.9. Autor.

La figura 21, presenta la red semántica, estructurada a partir de las respuestas que el GT1 emite, en el desarrollo de la socialización de los resultados obtenidos en la sesión de laboratorio. Para este caso, el grupo hace una relación del conocimiento científico, con respecto a la interrogante planteada, sustentando de forma objetiva, de manera coherente y convincente, relacionado el Desarrollo Sostenible, con la

práctica ejecutada (Salas y Ortiz, 2018). Cabe resaltar que, dentro de sus respuestas se destaca la promoción y el uso adecuado del agua, evitando comprometer los recursos de las generaciones futuras; minimización del gasto de agua, preservando los recursos naturales; la semilla de moringa es una excelente alternativa, que genera bajo costo y no genera contaminación al momento de emplearla. Teniendo presente lo expuesto, el GT1, se asigna para un nivel 3 – Sobresaliente, dado que aborda la dimensión conocer y comprender frente a los resultados obtenidos y relacionan coherentemente dentro sus respuestas el conocimiento científico que poseen.

**Figura 22.** Resultados de GT1 – Componente Pensamiento Crítico ante situaciones.

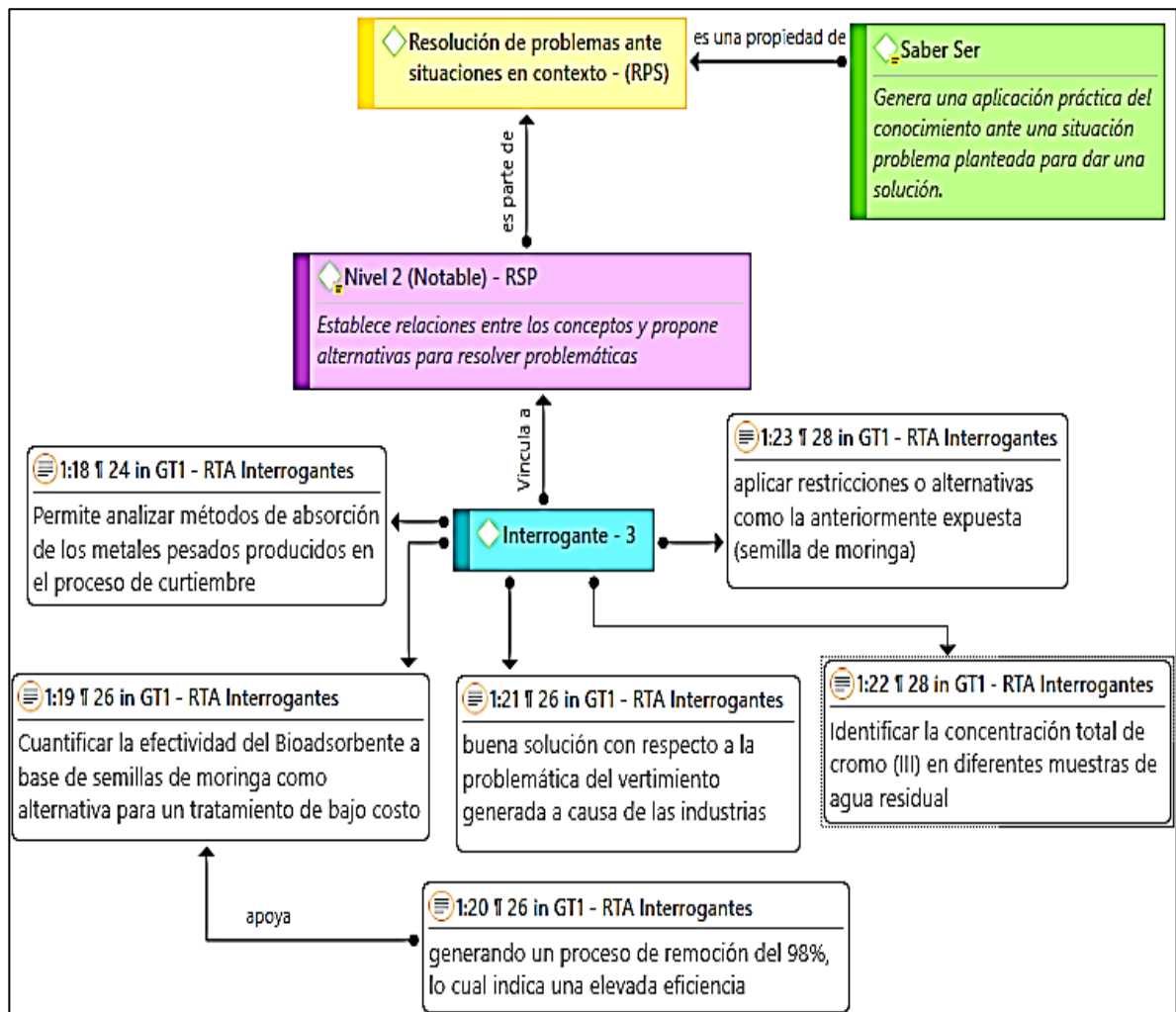


**Fuente:** Realizado con ATLAS.ti.9. Autor.

Continuando con el análisis, se presenta la figura 22, la cual alude al componente Pensamiento Crítico ante situaciones. Con respecto al interrogante 2 – “¿Qué otras

*alternativas propondrían para dar solución a la problemática expuesta?”, se puede evidenciar que las respuestas convergen en proponer plantas de tratamiento, tanto para el Río Tunjuelito, como para la industria de curtiembres, se generan explicaciones sobre el tratamiento y el alcance que se debe generar hacia otros contaminantes diferentes al Cromo. Por otra parte, se enuncia que gracias a la remoción de podría evitar el uso masivo de agua, preservando los recursos naturales. Con respecto a las respuestas, se evidencia que el GT1, genera explicaciones partiendo de la situación problema, vinculado la problemática propuesta en la guía de laboratorio, donde se evidencia una porte significativo, puntual y común (Murga-Menoyo, 2015). Por tal motivo, la muestra de estudio posee el conocimiento teórico y lo aplica a la situación expuesta, por lo cual se asigna un nivel 2 – Notable.*

**Figura 23.** Resultados de GT1 – Componente Resolución de Problemas ante Situaciones en contexto.



**Fuente:** Realizado con ATLAS.ti.9. Autor.

Finalmente, se presenta el análisis de la figura 23, en la cual se ven los resultados a la pregunta propuesta la cual solicitaba dar una solución a la problemática expuesta en la guía de laboratorio frente a los vertimientos. El GT1, enuncia en primera instancia, que la alternativa es una buena solución con respecto a los vertimientos que generan las industrias, se destaca la efectividad de la semilla de moringa como alternativa de tratamiento y bajo costo; se destaca la elevada eficiencia (98% de remoción) que presenta el proceso desarrollado en el laboratorio. Según lo expuesto, al GT1, se asigna un nivel 2 – (Notable), dado que se evidencia una concreta relación entre los conceptos propuestos y las alternativas para dar solución a una problemática particular, la cual involucra la contaminación por parte de las industrias de curtiembres. Se hace evidente la inmersión de la dimensión “Saber ser”, pues a partir de la práctica ejecutada, se genera un conocimiento que aporta alternativas y soluciones que conlleven a la solución de la situación problema (Murga-Menoyo, 2015).

Para finalizar con este apartado, se presenta la tabla 21, la cual muestra la sistematización de los datos obtenidos para cada uno de los GT, luego de presentar la socialización, la cual involucraba 3 interrogantes, relacionados al componente de la competencia, y así mismo partiendo de los planteamientos y aportes suministrados por los GT, se asignaba un nivel de desempeño. Cabe destacar que los niveles se asignaron mediante el análisis realizado por el software ATLAS.ti.9, generando una categorización netamente cualitativa.

**Tabla 21.** Resultados de la aplicación – “Trabajo práctico – Una propuesta para el saneamiento del agua”

| <b>Caracterización de los resultados obtenidos en el “Trabajo práctico – Una propuesta para el saneamiento del agua”</b> |                                               |                   |                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------|-------------------|
| <b>Nº<br/>GT</b>                                                                                                         | <b>Componente de la competencia a evaluar</b> |                   |                   |
|                                                                                                                          | <b>AA</b>                                     | <b>PC</b>         | <b>RSP</b>        |
|                                                                                                                          | <b>Pregunta 1</b>                             | <b>Pregunta 2</b> | <b>Pregunta 3</b> |
| <b>1</b>                                                                                                                 | Nivel 3                                       | Nivel 2           | Nivel 2           |
| <b>2</b>                                                                                                                 | Nivel 3                                       | Nivel 2           | Nivel 3           |
| <b>3</b>                                                                                                                 | Nivel 2                                       | Nivel 2           | Nivel 2           |

**Fuente.** Autor.

Según la interpretación de la tabla 21, se evidencia que, mediante la implementación de la práctica, los GT presentan relaciones más concretas en las respuestas emitidas, esto se evidencia en las redes semánticas presentadas, dado que existe un desarrollo significativo de las respuestas emitidas. Por consiguiente, el GT2,

presenta una mayor frecuencia (2) del nivel 3 – Sobresaliente; seguido a ello se encuentra el GT1, dado que presenta una frecuencia (1) del nivel 3 – Sobresaliente y, por último, el GT3, se encuentra categorizado en un nivel 2 – Notable para todos los niveles de desempeño. Es importante recalcar que ningún grupo presentó un nivel 1 – (Aprobado), dado que sus respuestas denotan un avance significativo y su discurso, mejoró progresivamente en la medida que se realizaban las actividades.

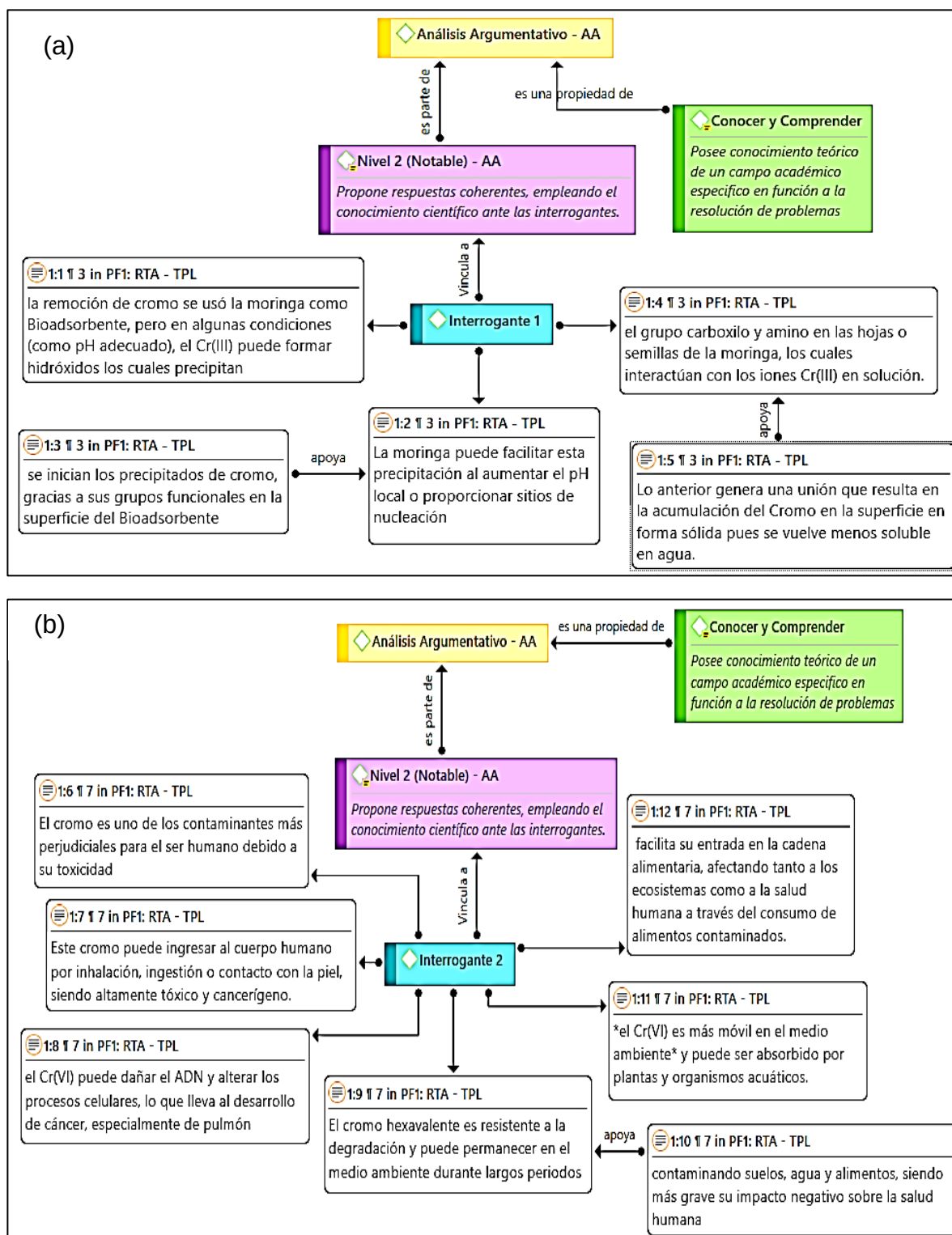
### **8.2.3. Cuestionario de resultados del Trabajo práctico - una propuesta para el saneamiento del agua**

Por último, para dar finalidad al apartado del Diseño e implementación de una estrategia educativa para la evolución de la competencia TDC, mediante la química en contexto, para remoción de cromo (III) en aguas residuales sintéticas, se solicita a la muestra de estudio que puedan dar respuesta a las interrogantes del “Trabajo práctico – Una propuesta para el saneamiento del agua” (ANEXOS E, F y G), mediante el cuestionario denominado “*Resultados Trabajo práctico - Una propuesta para el saneamiento del agua*” (ANEXO M). Se contemplaron 6 preguntas, las cuales corresponden a cada uno de los componentes que estructuran la competencia DTC y que se encuentran sujetos a una dimensión, la cual es evaluada por un nivel de desempeño. Teniendo presente las respuestas emitidas por los PF de manera individual, se implementa la rúbrica de evaluación la cual fue expuesta en el apartado metodológico (ver tabla 12) la cual permitió generar una categorización en los niveles propuestos para cada componente.

Es preciso indicar que, se presenta un análisis para cada PF, donde se asigna un nivel a la respuesta del interrogante propuesto, y dicho nivel se encuentra asociado a una valoración cuantitativa, donde, mediante el cálculo de la sumatoria total de las respuestas, permite establecer el nivel que presenta la competencia TDC - (Aprobado, Notable, Sobresaliente).

Teniendo presente lo expuesto, a continuación, se presentan como muestra, los resultados obtenidos del “*cuestionario de resultados del trabajo práctico – una propuesta para el saneamiento del agua*” en función al componente de la competencia TDC y los interrogantes propuestos.

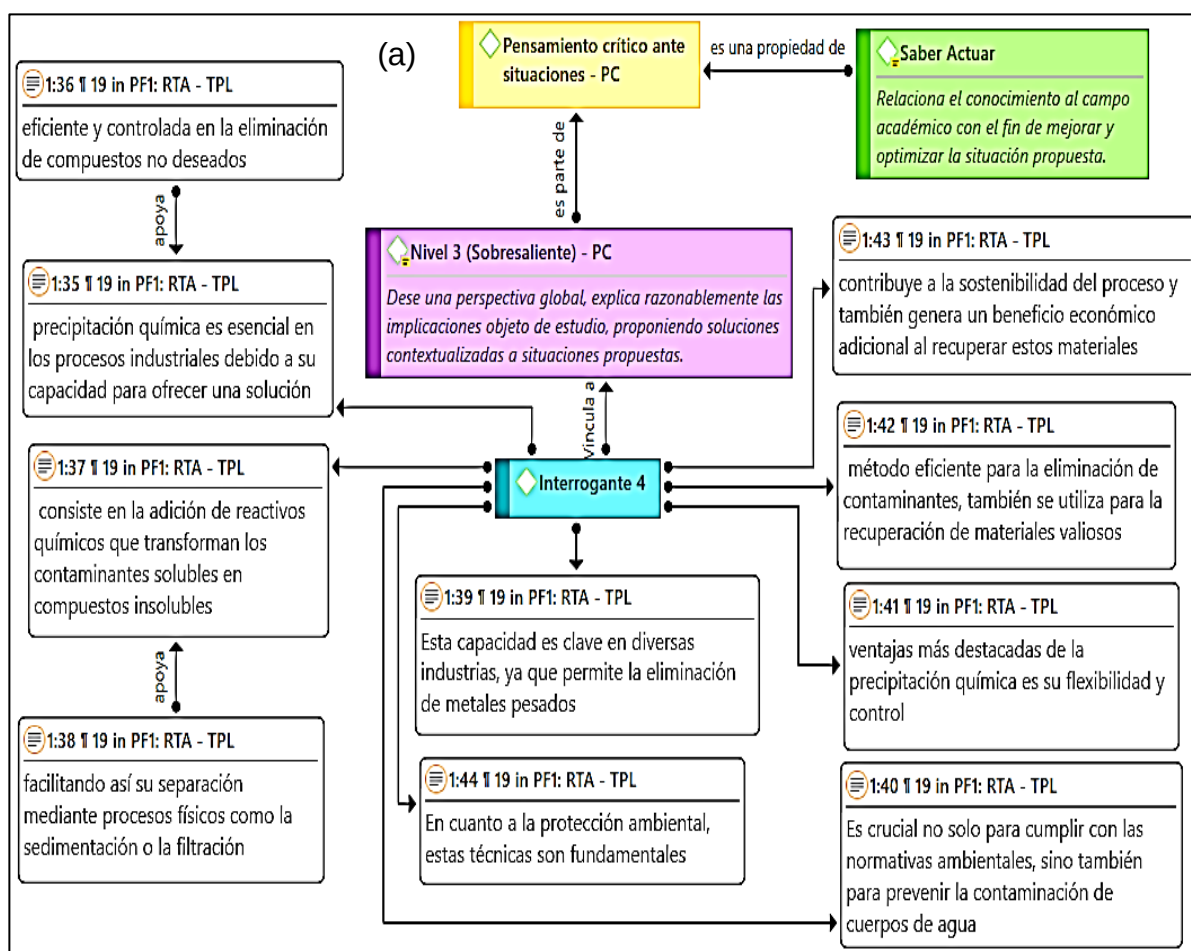
**Figura 24.** Resultados del PF1, cuestionario de resultados del trabajo práctico en función al - AA

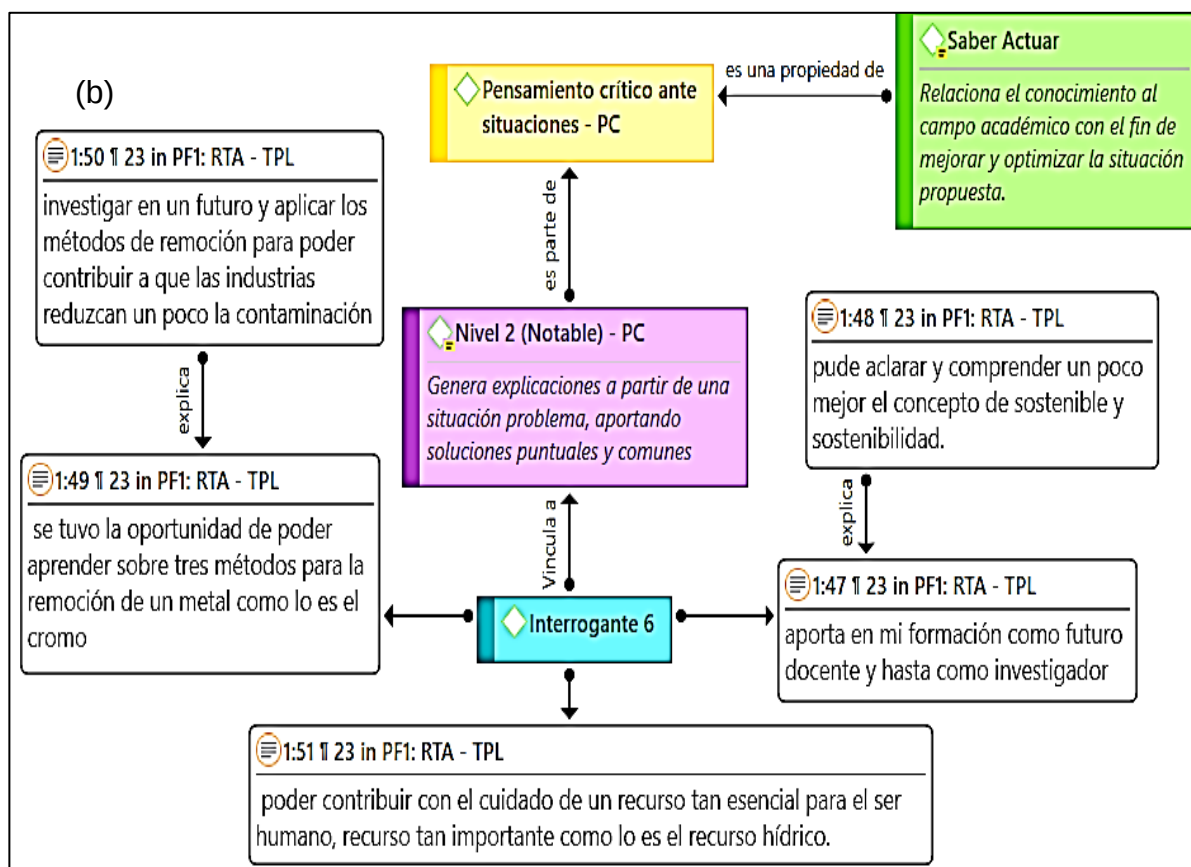


**Fuente:** Realizado con ATLAS.ti.9. Autor.

Se presenta la figura 24, con respecto al “Análisis Argumentativo”, tanto en la red semántica del interrogante 1, (evidenciado en la imagen (a) de la figura 18) como la red semántica del interrogante 2 (evidenciado en la imagen (b) de la figura 18) presentan un nivel 2 – (Notable), dado que las citas presentadas en la red semántica permiten denotar el progreso en función a las respuestas emitidas por el PF1. Dichas respuestas denotan un conocimiento teórico particular en el campo académico al que se encuentran vinculados (solución a la problemática por parte de la contaminación industrial) abarcando los aspectos más relevantes que ocurren durante la interacción que tiene la Bioadsorbente a base de semilla de moringa, con la solución de ARS. Por otra parte, se hace énfasis en los aspectos más críticos en función a la toxicidad del Cr (III) y Cr (VI), relacionándolos directamente la salud, los ecosistemas y las esferas ambientales. De tal forma, el PF1, propone mediante su discurso, respuestas coherentes con el conocimiento científico que posee frente la serie de interrogantes propuestas, donde se evidencia un dominio conceptual estructurado.

**Figura 25.** Resultados del PF1, cuestionario de resultados del trabajo práctico en función al - PC

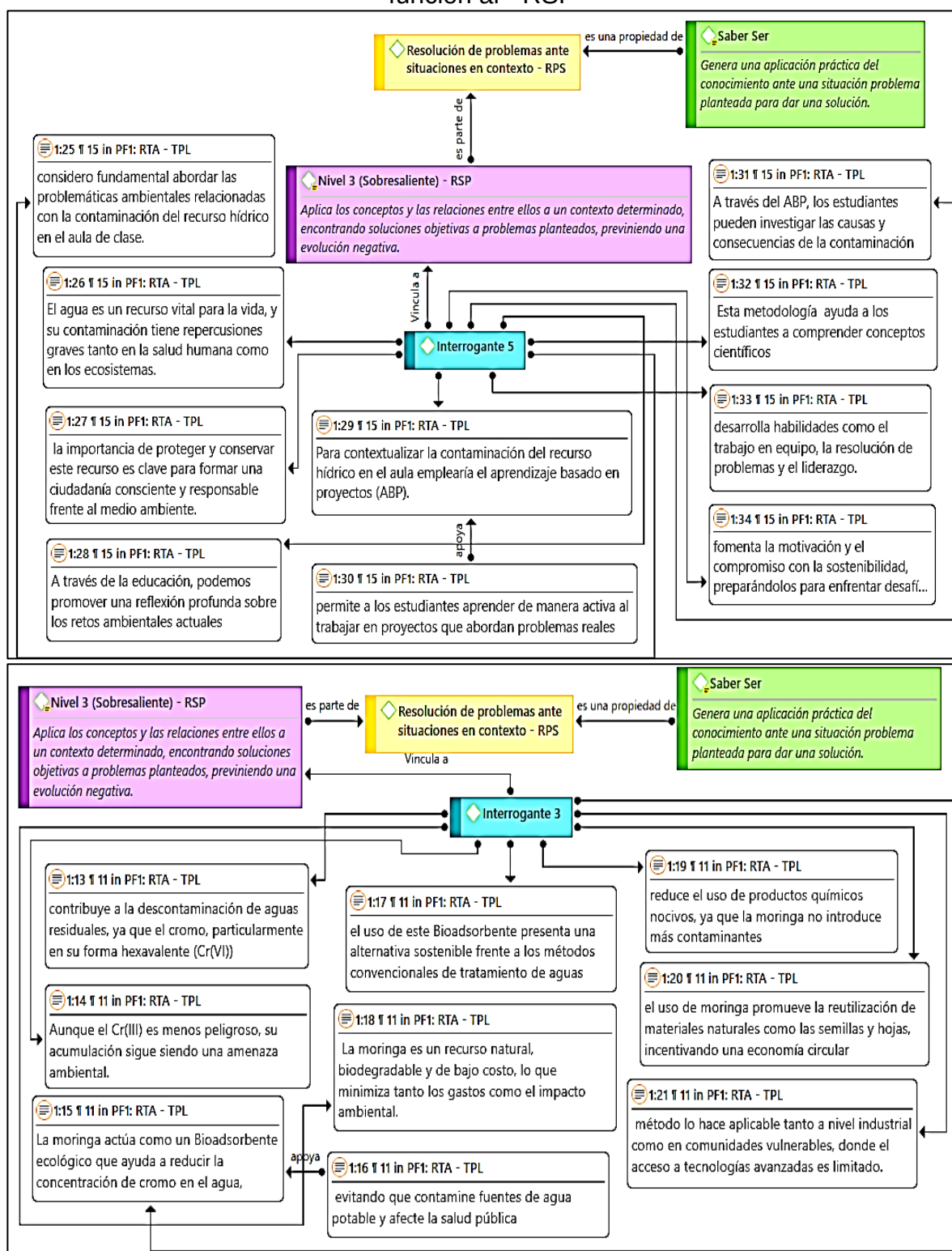




**Fuente:** Realizado con ATLAS.ti.9. Autor.

En cuanto al componente “*Pensamiento crítico antes situaciones*” se denota una diferencia de las preguntas propuestas. Para el interrogante 4 - (imagen (a) de la figura 25). el PF1, presenta un nivel 3 – (Sobresaliente), pues dentro de sus respuestas, se contempla desde una perspectiva global, la importancia de ejecutar técnicas de precipitación química, relacionado ventajas en el proceso, identificando la sostenibilidad desde las 3 perspectivas (económico, social y ambiental) propuestas por Salas y Ortiz (2018), relacionando la normatividad ambiental que regula los vertimientos de las empresas. Por lo mencionado, se relaciona el PF1 en el nivel más alto, dado que genera explicaciones razonables, vinculando respuestas contextualizadas (Murga-Menoyo, 2015) a la problemática expuesta en la en la guía de laboratorio. Por otra parte, para el interrogante 6 – (imagen (b) de la figura 25) se presenta in nivel 2 – (Notable), dado que relaciona el conocimiento obtenido, al campo académico mediante las explicaciones generadas a la pregunta propuesta aportando soluciones puntuales y comunes. Por último, se evidencia una gran diferencia entre las imágenes (a) y (b) de la figura 25, dado que la imagen (a), muestra una relación en las citas mucho más estructurada, lo cual justifica el nivel asignado para cada interrogante planteado

**Figura 26.** Resultados del PF1, cuestionario de resultados del trabajo práctico en función al - RSP



Fuente: Realizado con ATLAS.ti.9. Autor.

Para finalizar, se analiza el componente “*Resolución de problemas ante situaciones en contexto*”. Para ambas las preguntas 3 y 5, se presenta la figura 26, donde se ubica el PF1 en el nivel 3 – (Sobresaliente) dado que aplica los conceptos abordados en la guía de trabajo, los relaciona entre ellos, abordando un contexto particular, en donde se emiten, reflexiones con respecto a la importancia de cuidar el medio ambiente, el recurso hídrico, promover la economía circular mediante la implementación de Bioadsorbente. Por otra parte, el PF1, propone desde la química en contexto, la implementación de ABP (Aprendizaje Basado en proyectos), para relacionar el contenido que se enseña desde la problemática abordada (contaminación de las industrias a las fuentes hídricas), la cual se vincula en su cotidianidad (Parga y Piñeros, 2018) dado que se encuentra inmerso en un mundo permeado por la industrialización y lo ideal es fomentar la motivación y el compromiso con la sostenibilidad para enfrentar los diferentes desafíos ambientales de su vida diaria.

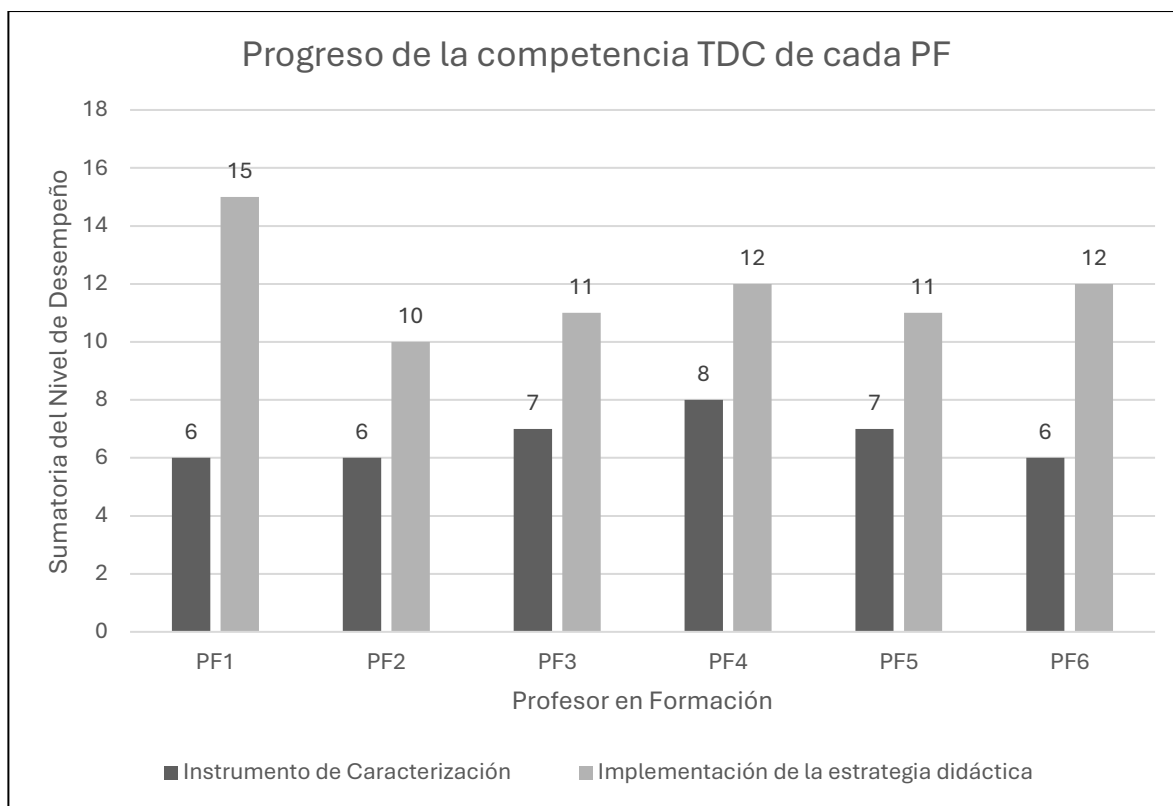
Por último, se presenta la tabla 22, la cual muestra la sistematización de los datos obtenidos luego revisar las respuestas de los PF con respecto al cuestionario de resultados del trabajo práctico de laboratorio, donde se evidencian los componentes de la competencia, y el nivel asignado a cada PF de manera individual. Los niveles se asignaron, mediante el análisis realizado a través del Software ATLAS.ti.9 tal cual como se muestra en las figuras 24 a la 26.

**Tabla 22.** Resultados cuestionario - trabajo práctico de laboratorio para la competencia - TDC

| Cuestionario de resultados del Trabajo práctico de laboratorio – Competencias para el Desarrollo Sostenible – TDC |                                       |               |               |               |               |               |                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------------------------------|
| N°<br>PF                                                                                                          | Compontes de la competencia a Evaluar |               |               |               |               |               | Sumatoria<br>del nivel de<br>desempeño |
|                                                                                                                   | AA                                    |               | PC            |               | RSP           |               |                                        |
|                                                                                                                   | 1<br>pregunta                         | 2<br>pregunta | 4<br>pregunta | 6<br>pregunta | 3<br>pregunta | 5<br>pregunta |                                        |
| 1                                                                                                                 | Nivel 2                               | Nivel 2       | Nivel 3       | Nivel 2       | Nivel 3       | Nivel 3       | 15 puntos                              |
| 2                                                                                                                 | Nivel 1                               | Nivel 1       | Nivel 2       | Nivel 2       | Nivel 1       | Nivel 3       | 10 puntos                              |
| 3                                                                                                                 | Nivel 2                               | Nivel 3       | Nivel 1       | Nivel 2       | Nivel 1       | Nivel 2       | 11 puntos                              |
| 4                                                                                                                 | Nivel 1                               | Nivel 1       | Nivel 3       | Nivel 1       | Nivel 3       | Nivel 3       | 12 puntos                              |
| 5                                                                                                                 | Nivel 1                               | Nivel 1       | Nivel 2       | Nivel 2       | Nivel 2       | Nivel 3       | 11 puntos                              |
| 6                                                                                                                 | Nivel 2                               | Nivel 1       | Nivel 2       | Nivel 2       | Nivel 2       | Nivel 3       | 12 puntos                              |

**Fuente.** Autor.

**Figura 27.** Progreso de la Competencias TDC, después de los resultados del cuestionario – Trabajo práctico de laboratorio



**Fuente.** Autor.

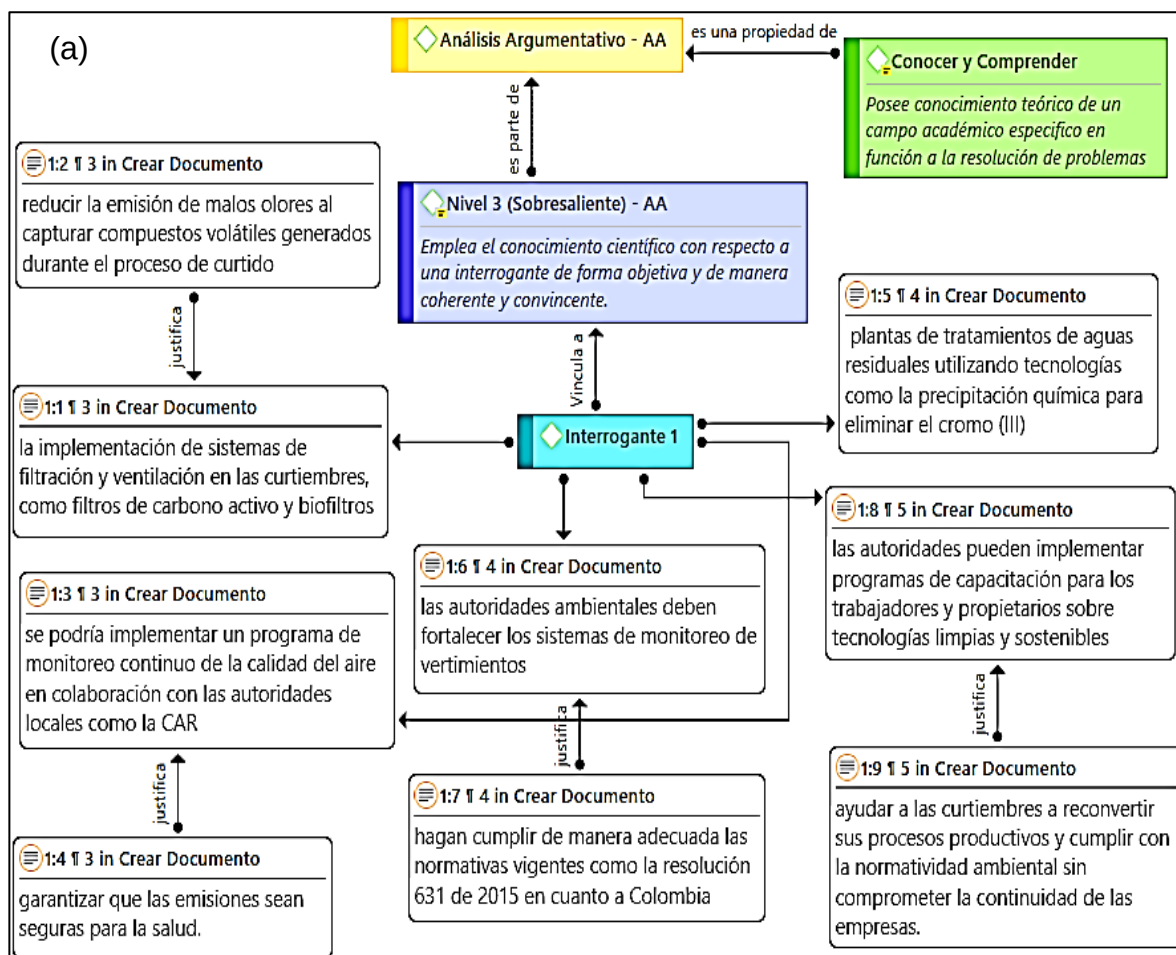
Según la interpretación de la figura 27, se contempla un avance significativo en las respuestas emitidas por los PF, con respecto al instrumento de caracterización, una vez se han implementado todas las actividades de la estrategia educativa que relaciona la química en contexto, para remoción de cromo (III) en Aguas Residuales Sintéticas. El análisis de la competencia TDC indica que, 5 Profesores en Formación, se categorizan en el nivel 2 – (Notable) con puntuaciones que van desde el 10 hasta el 12 respecto a la sumatoria de los niveles asignados en función a las respuestas emitidas. Por otra parte, solamente 1 PF, se encuentra en el nivel 3 – (Sobresaliente), con un nivel de desempeño de 15. Se destaca que ningún PF, se encuentra categorizado en el nivel 1 – (Aprobado), indicando una evolución en cada uno de los componentes que constituye la competencia para el Desarrollo Sostenible TDC.

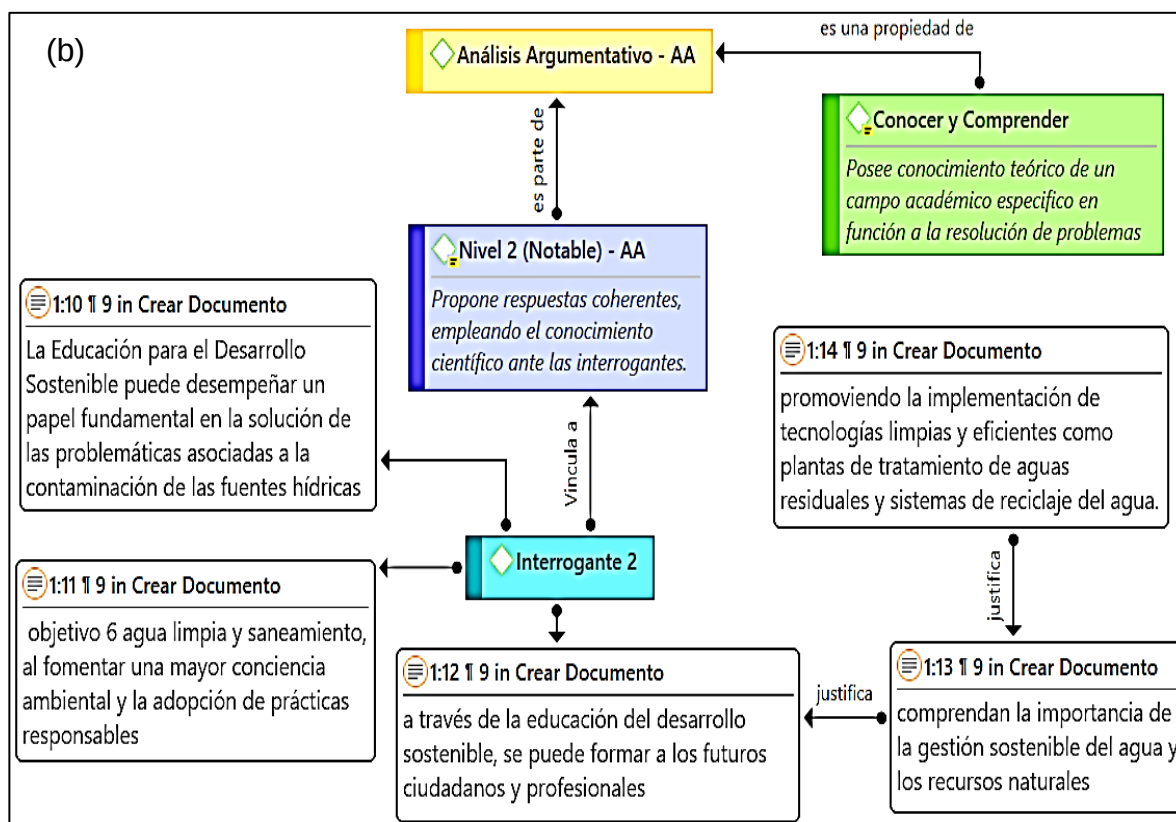
### 8.3. RESULTADOS – EVALUACIÓN PARA LA EVOLUCIÓN DE LA COMPETENCIA DEL DESARROLLO SOSTENIBLE TDC MEDIANTE LA ESTRATEGIA EDUCATIVA

Con la finalidad de evaluar la estrategia educativa frente a la evolución de la competencia Toma de Decisiones Colaborativa, relacionando la química en contexto para la remoción de Cr (III) en Aguas Residuales Sintéticas, se diseñó y aplicó un cuestionario denominado “*Instrumento de cierre – estado final de la competencia para el desarrollo sostenible TDC*” (ANEXO N), para lo cual cada uno de los PF debía responder una serie de preguntas, las cuales se derivaban de un caso de estudio en el planteado en el sector de las curtiembres, donde se muestra una problemática, la cual involucra el sector social, ambiental y económico y para cada uno de ellos, se presentan situaciones que llevan al PF, a generar una solución.

Teniendo presente lo expuesto, a continuación, se presentan como muestra, los resultados obtenidos del instrumento de cierre, en función al componente de la competencia TDC y los interrogantes propuestos.

**Figura 28.** Resultados del PF4 – Componente Análisis Argumentativo.





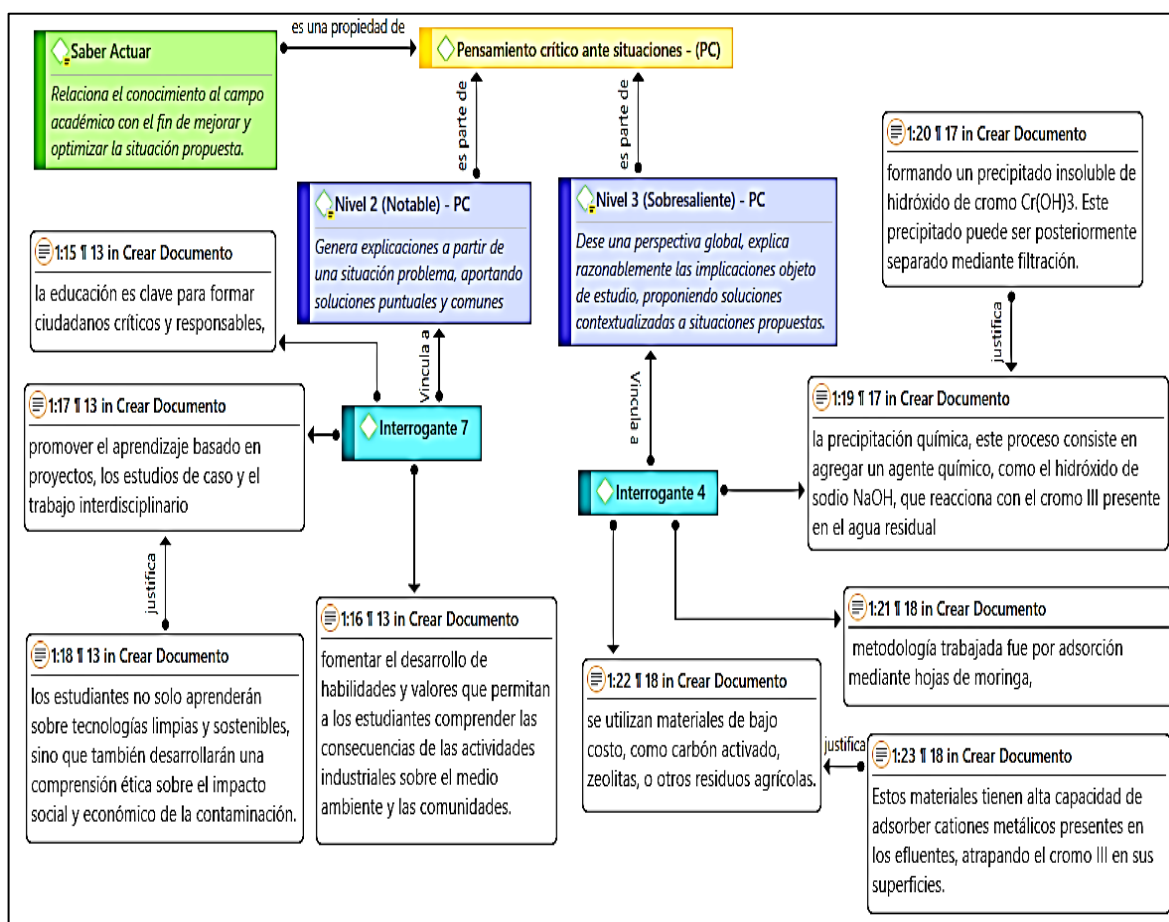
**Fuente:** Realizado con ATLAS.ti.9. Autor.

Una vez se presenta la figura 28 la cual se encuentra compuesta de 2 imágenes provenientes del análisis del componente de la competencia (Análisis Argumentativo), la red semántica presentada en el literal (a) de la figura 28, la cual relaciona el interrogante 1, presenta una serie de propuestas debidamente estructuradas y abordadas desde el conocimiento teórico que presenta el PF4, en función al campo de aplicación, donde se involucran 3 problemáticas que relacionan el entorno social, económico y ambiental, donde se destaca tecnologías de precipitación química para las aguas contaminadas con cromo (relacionando la estrategia didáctica implementada en la metodología) vinculando el aspecto ambiental, generación de programas de capacitación para los trabajadores relacionando el aspecto social y finalmente el cumplimiento de las normativas que regulan los vertimiento de las industrias, además de fomentar un cambio de perspectiva para poder comprometer la continuidad de las empresas. Por lo mencionado, se realiza la triangulación de la información de las repuestas emitidas por el PF4, para lo cual logra abarcar y dar solución a las 3 problemáticas expuestas en la pregunta, asignando un nivel 3 – (Sobresaliente).

Con respecto al interrogante 2, presentada en el literal (b) de la figura 28, el PF4, genera una relación importante con la Educación para el Desarrollo Sostenible, pues vincula el Objetivo 6 “Agua limpia y saneamiento” fomentando una conciencia y

responsabilidad ambiental, con la finalidad de formar estudiantes y futuros ciudadanos que comprendan la importancia de la gestión sostenible del agua. Por lo expuesto, se puede evidenciar como el PF4, propone respuestas coherentes teniendo como sustento el conocimiento científico abordando la resolución de problemas desde la contaminación del agua. De acuerdo con lo señalado, se asigna un nivel – 2 (Notable), ya que, tanto la red semántica como las citas, aluden a un adecuado uso del conocimiento científico.

**Figura 29.** Resultados del PF4 – Componente Pensamiento Crítico ante situaciones



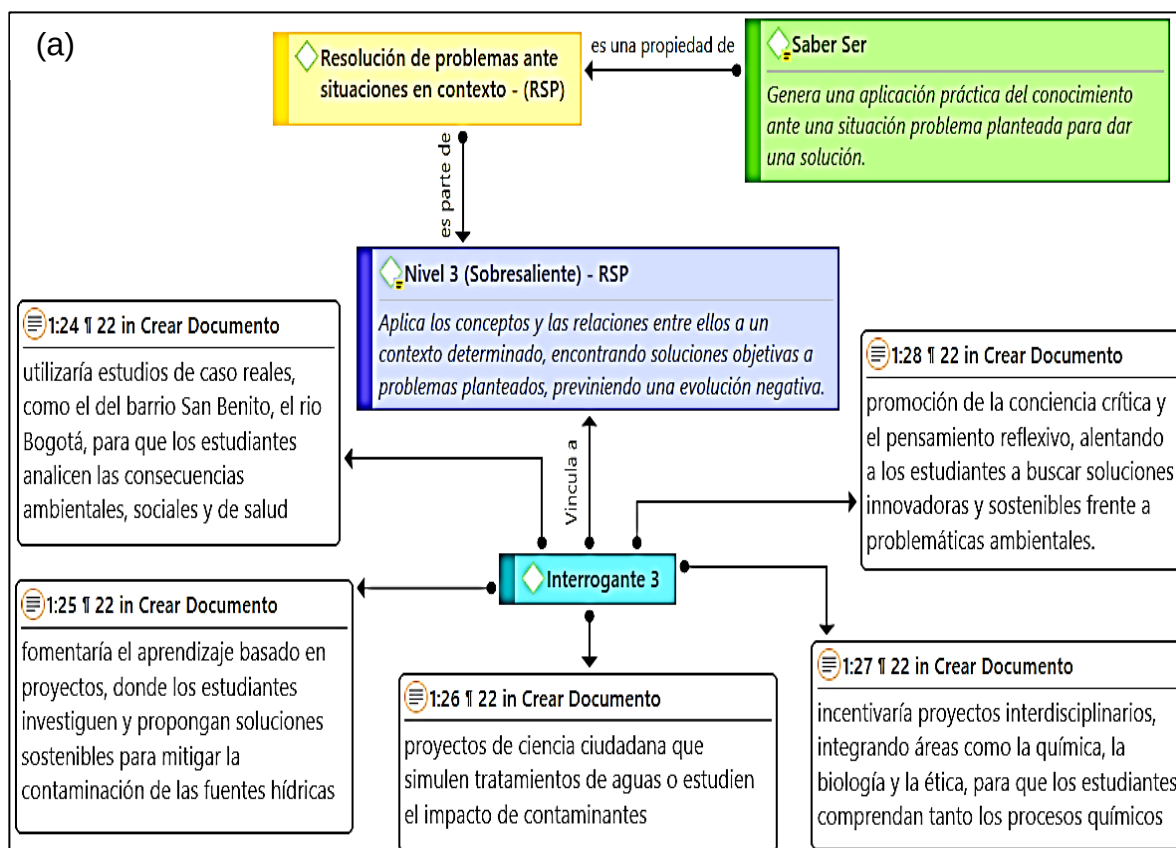
**Fuente:** Realizado con ATLAS.ti.9. Autor.

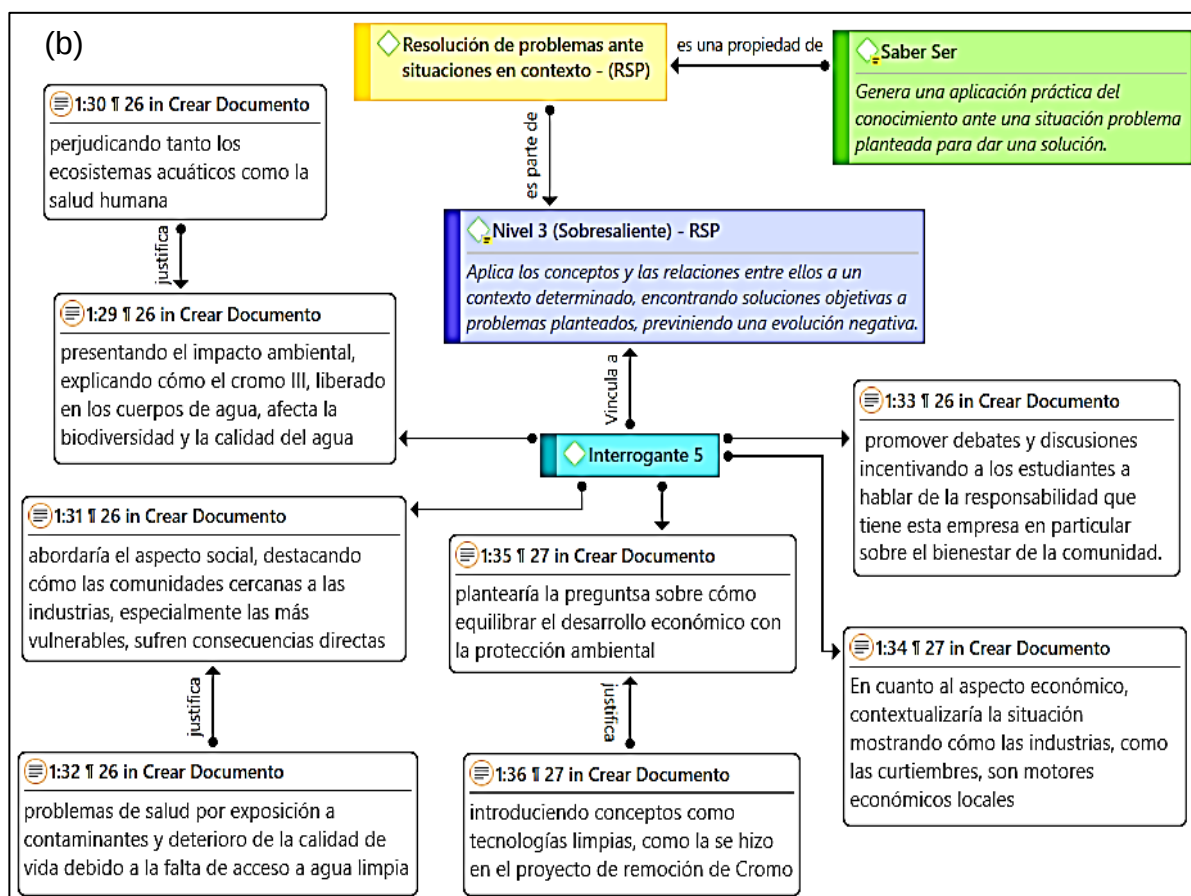
Se aborda el componente “*Pensamiento Crítico ante situaciones*”, a partir de los interrogantes 7 y 3 que se presentan en la figura 29. Para el primer interrogante (7), se solicita una reflexión desde la labor como futuro docente con respecto a los problemas de contaminación, para lo cual el PF4, asocia la educación para la formación de ciudadanos críticos y responsables, desde las aulas de clase, apuntado por el desarrollo de valores que conlleven al estudiantado a la comprensión de las consecuencias sobre la contaminación industria. Por otra parte,

el PF4, propone el abordaje del aprendizaje partiendo de proyectos contextualizados a las situaciones que a diario viven los estudiantes, para que se puede vincular las metodologías de precipitación y la sostenibilidad desde el ámbito social, económico y ambiental. A causa de lo anterior, se asigna un nivel de desempeño de 2 – (Notable), ya que se logran generar explicaciones a partir de situaciones problema dando aportes precisos y concisos.

Con respecto al interrogante 4, el PF4 se encuentra en un nivel de desempeño 3 – (Sobresaliente), ya que, explica razonablemente desde una perspectiva global e integral las implicaciones de que conllevan los vertimientos de cromo. Dentro de las citas extraídas de la respuesta otorgada por parte del PF4, logra articular de forma integral el conocimiento adquirido a lo largo de las sesiones de trabajo, ya que propone la metodología “*precipitación química*” como una respuesta crucial ante la contaminación del recurso hídrico. El PF4, hace énfasis en la importancia de implementar tecnologías limpias a base de recursos naturales como promoción al Desarrollo Sostenible, para este caso particular se relaciona el trabajo empleado con Semilla de Moringa *Oleífera*.

**Figura 30.** Resultados del PF4 – Componente Resolución de Problemas ante Situaciones en contexto.





**Fuente:** Realizado con ATLAS.ti.9. Autor.

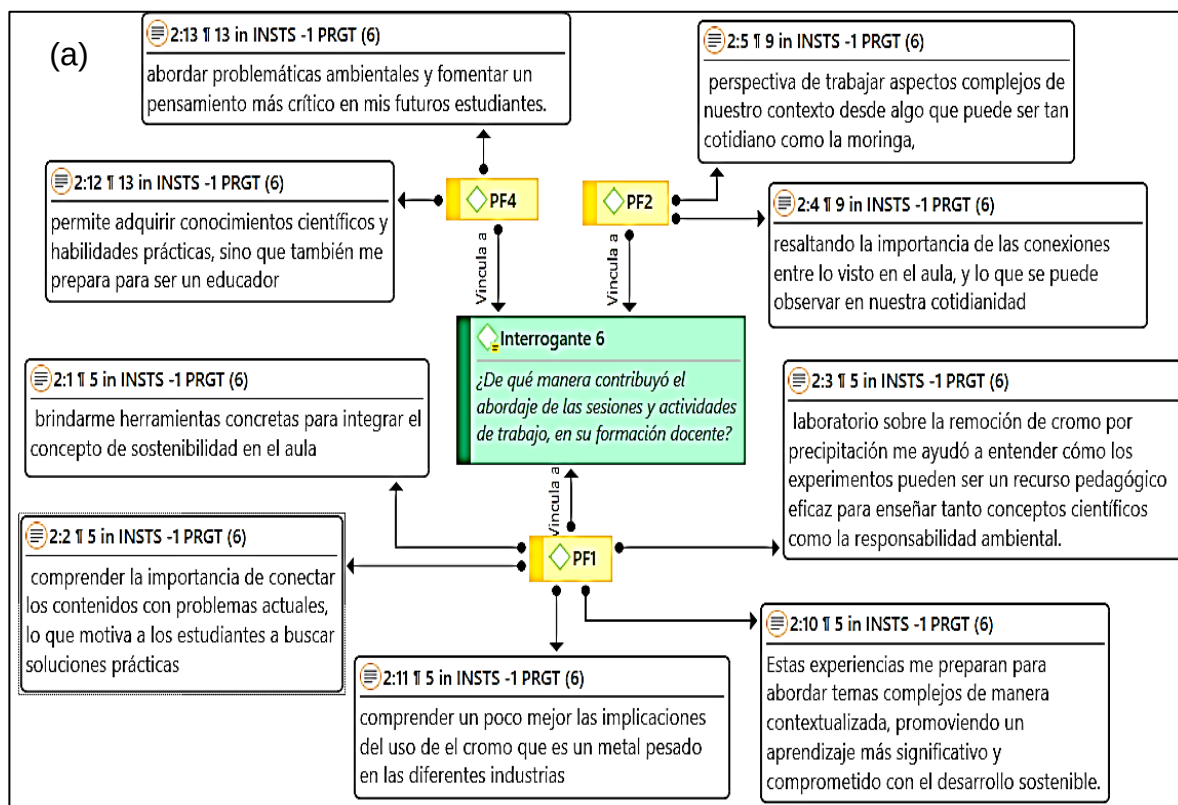
Se analiza la figura 30, la cual contempla 2 preguntas asociadas al componente “*Resolución de Problemas ante Situaciones en contexto*”, con respecto al interrogante 3 el cual se evidencia en el ítem (a) de la figura 30, el PF4 presenta elementos debidamente sustentados con respecto a estrategia con estudios reales, asociados a la vida cotidiana, contextualizando a los estudiantes desde su entorno social económico y ambiental, a fin de generar un análisis mediante la implementación del Aprendizaje Basado en proyectos. Se evidencia particularmente la aplicación de los conceptos y la directa relación que presentan estos frente a un contexto determinado, pues el PF, propone la vinculación de soluciones sostenibles, para mitigar la contaminación de las fuentes hídricas. Se evidencia además que el PF4, encuentra soluciones objetivas, previniendo la evolución negativa de la problemática que se aborda. Por esta razón se asigna nivel de desempeño 3 – (Sobresaliente), pues mediante las respuestas y propuestas emitidas por el PF, se logra evidenciar una aplicación práctica del conocimiento adquirido frente a una situación problema, para este caso particular, la contaminación del recurso hídrico.

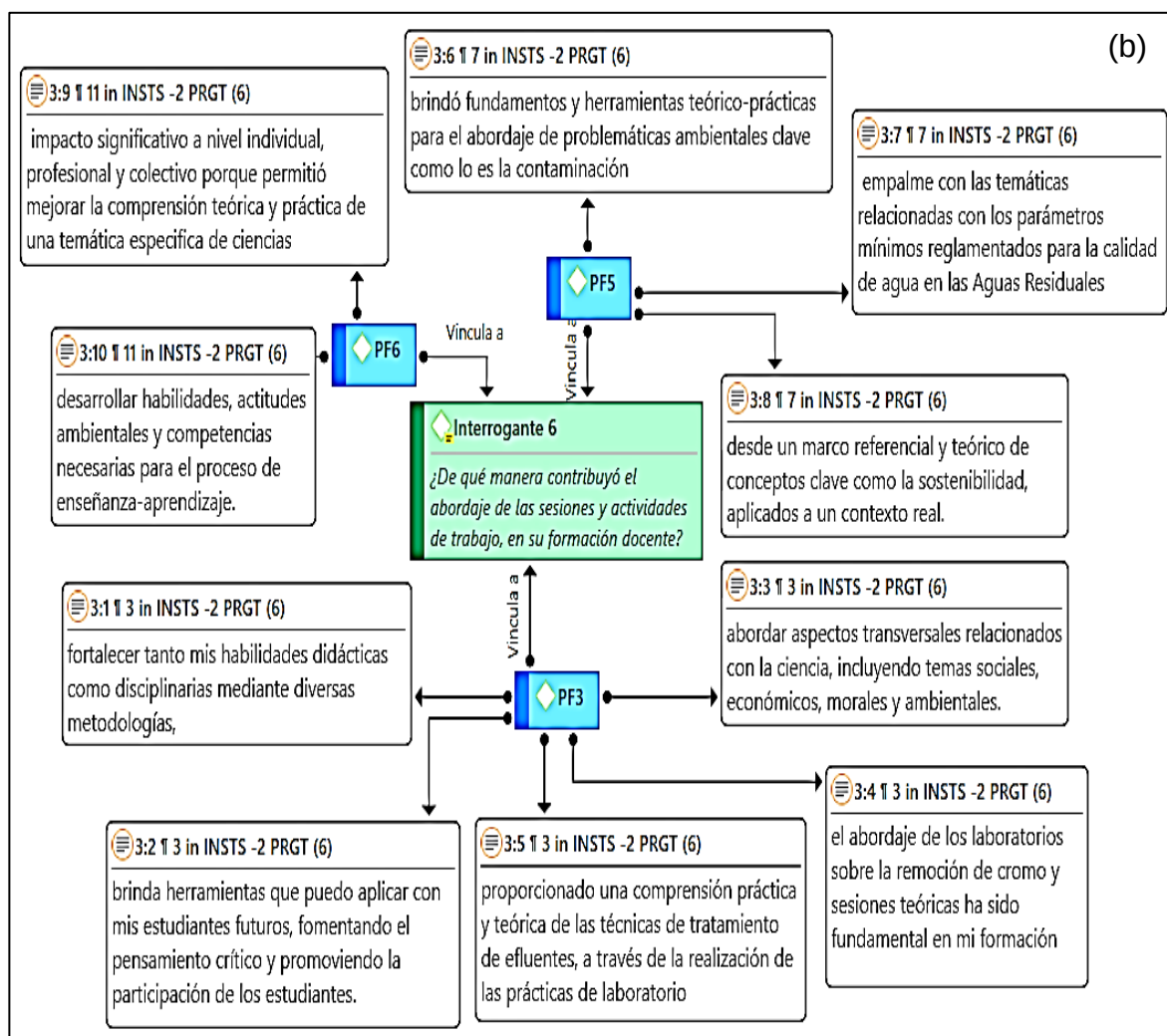
Por último, el ítem (b) de la figura 20, muestra la respuesta asignada por parte del PF4 al interrogante 5, la cual denota acciones en función a una debida

contextualización sobre el impacto ambiental relacionando aspectos perjudiciales del cromo (III) que es liberado a los cuerpos de agua, continuando con el daño social que ocasionaría a las diversas comunidades que habitan en el sector donde se presenta la contaminación enunciando principalmente como consecuencias, el deterioro de la salud y el acceso restringido a un agua de calidad, para finalmente vincular el aspecto económico en función a la productividad bajo condiciones seguras para el medio ambiente. Si bien el PF4, logra articular de forma adecuada sus respuestas ante el interrogante propuesto, se destaca particularmente, la búsqueda de un equilibrio junto al desarrollo económico con la protección ambiental, introduciendo conceptos como tecnologías limpias. Basado en lo descrito, se asigna relaciona el nivel 3 – (Sobresaliente), pues el PF4, logra una articulación completa partiendo de la dimensión saber ser, la cual aborda la aplicación práctica del conocimiento, con respecto a situaciones problemas, generando propuestas objetivas ante un contexto determinado.

Con respecto al interrogante 6 “¿De qué manera contribuyó el abordaje de las sesiones y actividades de trabajo, en su formación docente?”, se analiza mediante 2 redes semánticas, ya que el investigador considera importante, conocer las opiniones que la muestra de estudio participante emite con respecto al abordaje de todas las sesiones de trabajo implementadas.

**Figura 31.** Red semántica – del interrogante 6 a partir de las opiniones de los PF.





**Fuente:** Realizado con ATLAS.ti.9. Autor.

Mediante la red semántica propuesta en la figura 31, se logra evidenciar, que las respuestas de los PF relacionan de manera positiva la serie de intervenciones realizadas, ya que dentro de sus respuestas se destacan:

- Una comprensión puntual del término “Sostenibilidad”, debido a la polisemia de este, se abordó la definición a través del estudio de concepciones sociales económicas y ambientales, vinculando 4 categorías, donde se evidencia una mayor frecuencia en la en la categoría 2 “*visión global, que reúne la revisión de propósitos, expectativas y objetivos medioambientales, sociales y económicos de un sistema*” además de la relación con la situación problema contextualizada que presentaba la prueba de conocimientos previos sobre el Desarrollo Sostenible (Salas y Ortiz, 2018).

- El abordaje del trabajo práctico de laboratorio, el cual brindó elementos teóricos y procedimentales con respecto a las técnicas de tratamiento (precipitación química del cromo III) de efluentes contaminados por metales pesados. Además de ser vista como una herramienta que puede ser empleada para la enseñanza de contextos científicos en función a la responsabilidad ambiental.
- Abordar situaciones reales y contextualizadas, mediante la química, genera el desarrollo de diferentes habilidades, actitudes ambientales y competencias fundamentales en los procesos de enseñanza-aprendizaje, lo cual es una herramienta indispensable para motivar a los estudiantes a buscar soluciones prácticas que propicie el cuidado del medio ambiente y la preservación de los recursos naturales presentes y futuros (Parga y Piñeros, 2018).

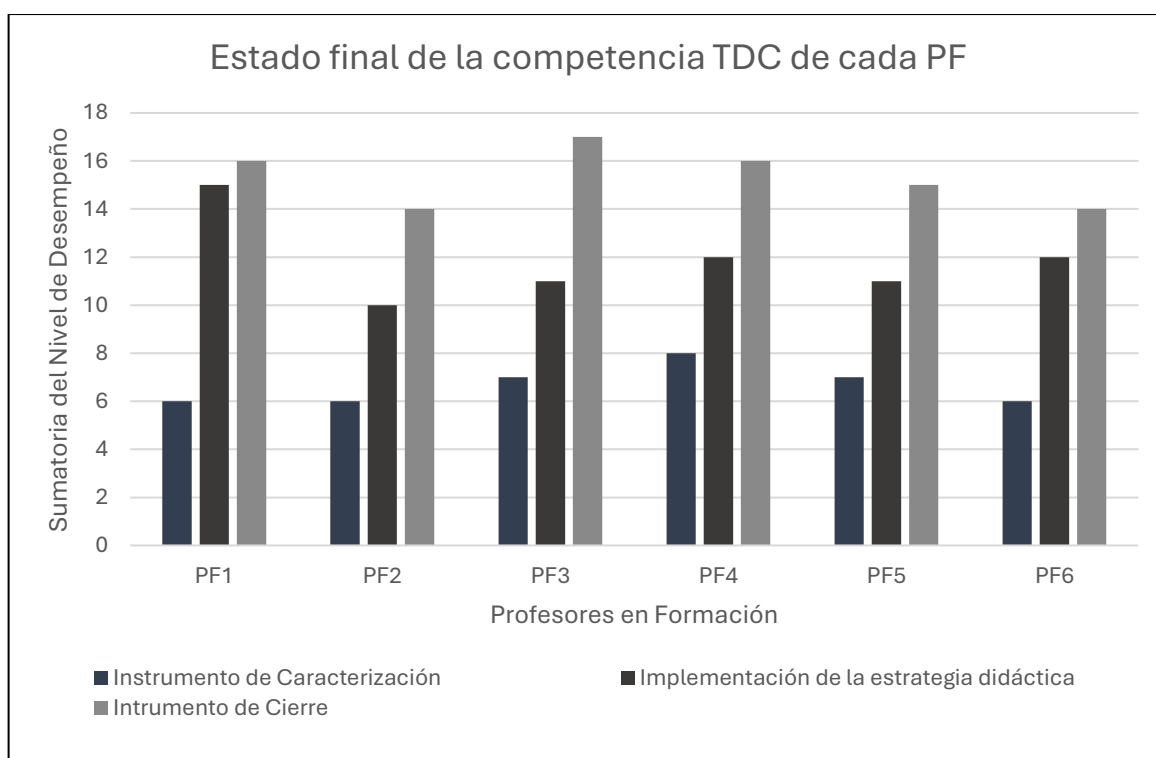
Por último, se presenta la tabla 23, la cual muestra la sistematización de los datos obtenidos luego de aplicar la última actividad de la presente investigación donde se evidencia la evolución que presentó cada uno de los PF con respecto a la competencia, y el nivel asignado. Es importante destacar que los niveles se asignaron, mediante el análisis realizado a través del Software ATLAS.ti.9 tal cual como se muestra en las figuras 28– 30.

**Tabla 23.** Resultados del estado final de la competencia – TDC, una vez implementada la metodología de la presente investigación

| Instrumento de caracterización – Competencias para el Desarrollo Sostenible – TDC |                                         |               |               |               |               |               |                                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------------------------------|
| N°<br>PF                                                                          | Componentes de la competencia a Evaluar |               |               |               |               |               | Sumatoria<br>del nivel de<br>desempeño |
|                                                                                   | AA                                      |               | PC            |               | RSP           |               |                                        |
|                                                                                   | 1<br>pregunta                           | 2<br>pregunta | 4<br>pregunta | 7<br>pregunta | 3<br>pregunta | 5<br>pregunta |                                        |
| 1                                                                                 | Nivel 3                                 | Nivel 3       | Nivel 3       | Nivel 3       | Nivel 2       | Nivel 2       | 16 puntos                              |
| 2                                                                                 | Nivel 3                                 | Nivel 2       | Nivel 2       | Nivel 2       | Nivel 3       | Nivel 2       | 14 puntos                              |
| 3                                                                                 | Nivel 3                                 | Nivel 2       | Nivel 3       | Nivel 3       | Nivel 3       | Nivel 3       | 17 puntos                              |
| 4                                                                                 | Nivel 3                                 | Nivel 2       | Nivel 3       | Nivel 2       | Nivel 3       | Nivel 3       | 16 puntos                              |
| 5                                                                                 | Nivel 3                                 | Nivel 2       | Nivel 3       | Nivel 2       | Nivel 2       | Nivel 3       | 15 puntos                              |
| 6                                                                                 | Nivel 2                                 | Nivel 2       | Nivel 3       | Nivel 3       | Nivel 2       | Nivel 2       | 14 puntos                              |

**Fuente:** Autor.

**Figura 32.** Nivel de desempeño final obtenido para cada PF – Evolución total de la CDS – TDC.



**Fuente:** Autor.

Con respecto a la tabla 23, se muestra el estado final de la competencia TDC – contemplando los componentes propuestos (Análisis Argumentativo, Pensamiento Crítico ante situaciones y Resolución de problemas ante situaciones en contexto), se evidencia un desarrollo considerable, pues cada uno de los PF, presentan niveles de desempeño altos (2 – Notable y 3 – Sobresaliente), esto se denota, en las respuestas dadas por cada uno de los PF, a medida que se aplicaban los instrumentos y actividades propuestas en la estrategia didáctica y que se vinculaban a la metodología de la presente investigación.

La figura 32, presenta la evolución de la competencia TDC en 3 momentos: Instrumento de caracterización, en el cual se presentaban niveles de desempeño bajos; implementación de la estrategia didáctica, en el cual hubo un progreso significativo, ya que la muestra de estudio, atendió de forma integral las actividades e interrogantes propuestas, evidenciando un desarrollo argumentativo, crítico y preciso para la resolución de los problemas contextualizados en función al Desarrollo Sostenible, el tratamiento de los recursos hídricos y la química en contexto, la cual fue un eje transversal, que permitió la enseñanza de contenidos contextualizados, de interés y vinculados a la cotidianidad (Parga y Piñeros, 2018), para este caso la contaminación del agua por parte de las industrias.

La implementación de la estrategia educativa denota un proceso amplio y globalizado, mediante el planteamiento conjunto de actividades contextualizadas, que determinan las actuaciones concretas a seguir en cada fase del proceso educativo, el cual tuvo en cuenta la evolución de la competencia TDC, para poder generar cambios importantes en la dirección del proceso de enseñanza-aprendizaje de los PF mediante cada una de las actividades implementadas a los largo de la estrategia educativa (Del Salto Bello, 2015).

Finalmente, mediante la sumatoria de los niveles de desempeño se establece que, para toda la muestra de estudio, logró generar una evolución significativa, encontrándose en un nivel 3 – (sobresaliente). Es importante destacar que, para este último apartado, las respuestas de los PF presentan un contenido argumentativo y critico más elaborado, estructurado y enfocado a la resolución de situaciones presentadas bajo un contexto particular y vinculadas a las dimensiones, lo cual implica conocer y comprender, pero también actuar y ser atribuidos por a una finalidad particular para el estudio del desarrollo del componente de la competencia.

## 9. CONCLUSIONES

De acuerdo con la pregunta problema formulada para la presente investigación, así como los objetivos planteados, en concordancia con el apartado metodológico y los hallazgos encontrados se presentan los siguientes aspectos:

Las CDS y la química en contexto, articuladas al diseño de una estrategia educativa, influyó de manera positiva en el abordaje de la competencia TDC, presentando las siguientes características que permiten analizar su evolución: los estudiantes a lo largo de la estrategia incrementaron los niveles de Análisis Argumentativo (AA), Pensamiento Crítico (PC) y Resolución de Problemas en contexto (RSP), mediante las respuestas emitidas a cada una de las actividades propuestas (*Prueba de conocimientos generales – Una primera mirada al Desarrollo Sostenible, Instrumento de caracterización - competencias para el desarrollo sostenible, Trabajo práctico – Una propuesta para el saneamiento del agua, Socialización resultados obtenidos mediante la Herramienta de diseño gráfico y finalmente Instrumento de cierre – estado final de la competencia para el desarrollo sostenible*) evidenciadas a lo largo de las redes semánticas, las cuales se presentaban mayor cantidad de citas, así como un mayor nivel de argumentación a medida que se iba aplicando la estrategia educativa.

Se caracterizó el estado inicial de la Competencia para el Desarrollo Sostenible TDC, en un grupo de estudiantes, denominados Profesores en Formación (PF) del PLQ-UPN; mediante una *“prueba de conocimientos previos sobre el Desarrollo Sostenible”*, la cual permitió, significar el concepto de Desarrollo Sostenible vinculado a las Competencias para el Desarrollo Sostenible para lo cual se relaciona directamente como objetivo de la humanidad aludiendo a propósitos, metas valores u objetivos ambientales sociales y económicos. Por otra parte, se implementó el Instrumento de caracterización– Competencias para el Desarrollo Sostenible – TDC; mediante el uso de preguntas, reflexiones premisas sencillas, dieron cuenta del nivel más bajo *“1- (Aprobado)”* con el que contaba la muestra objeto de estudio, evidenciada en sus refutaciones y posturas que aludían los componentes de las competencias (AA, PC y RSP) en los textos de los Profesores en Formación.

Se diseñó e implementó una estrategia educativa para el desarrollo de la competencia TDC la cual presentó 3 apartados para su cumplimiento:

- En primera instancia el diseño se consolidó a partir de la revisión documental, realizada con el fin de ejecutar una ruta de trabajo y poder estandarizar los procesos de precipitación química en ARS las cuales se encontraban en concentraciones de 1000 a 3000 ppm. En términos de condiciones óptimas de precipitación de Cr (III) para ARS se especificaron los siguientes valores obtenidos del trabajo de laboratorio desarrollado por parte del investigador:

**Semillas de moringa oleífera (modificada con NaOH 0,5 M):** Uso de ARS en volúmenes de 50 mL ; dosis 4g/L a: pH 5,5 – 6,0; tiempo de contacto 90 minutos (manteniendo agitación constante), tamaño de partícula de 1000 micras para obtener eficiencias superiores al 50 %.

**Hidróxido de sodio en solución 5%*m/v*:** Uso de ARS en volúmenes de 50 mL, dosis 8 – 10 mL a: pH 9,2 – 9,5; tiempo de contacto 90 minutos (manteniendo agitación constante por 30 minutos y tiempo de contacto de 60 minutos), para obtener eficiencias superiores al 98%.

**Óxido de magnesio en 99% pureza *p/p*:** Uso de ARS en volúmenes de 50 mL, dosis 5 – 8 g a: pH 9,8 – 10,2; tiempo de contacto 90 minutos (manteniendo agitación constante por 30 minutos y tiempo de contacto de 60 minutos), para obtener eficiencias superiores al 98%.

Finalmente, a partir de la estandarización, se estructuró y se implementó la guía denominada “*Trabajo práctico – Una propuesta para el saneamiento del agua*”, la cual vinculaba un caso de estudio, en donde se evidencia la contaminación generada por las industrias a partir de los vertimientos de Cromo (III) a efluentes de agua. Dentro de la mismas, se presentaba una sección metodológica para precipitar el cromo (III) y finalmente se mostraban una serie de interrogantes que orientan la evolución de la competencia TDC.

- En segunda instancia, una vez implementada la guía, se realizó una socialización de los resultados obtenidos en el trabajo experimental mediante (GT), donde se presentaron resultados favorables, por parte de la muestra de estudio, ya que los niveles de desempeño propuestos generaron un progreso significativo, encontrándose a los GT en niveles “2 – *Notable*” y “3 – *Sobresaliente*”, generado a partir del dialogo en conjunto y el trabajo en equipo, el cual es una característica fundamental en la TDC. Es importante destacar que el análisis se realizó por GT y fue netamente de carácter cualitativo.
- Por último, se aplicó un cuestionario de resultados el cual presentaba, una serie de preguntas estructuradas en función a los componentes de la competencia TDC, donde se destaca que los PF presentaron un aumento significativo de los componentes de las competencias (AA, PC y RSP), haciendo uso de resultados cuantitativos obtenidos partir del trabajo de experimental ejecutado y contextualizándolo en su cotidianidad, donde la muestra de estudio logró percibir la utilidad y aplicabilidad mediante las

implicaciones sociales, ambientales y económicas propuestas por el Desarrollo Sostenible.

Mediante la implementación del *“instrumento de cierre – estado final de la competencia para el desarrollo sostenible TDC”* se evidencian resultados significativamente positivos con respecto al progreso que cada uno de los PF presenta, lo cual se encuentra directamente relacionado a la estructuración de las respuestas mediante los componentes (AA, PC y RSP) y las dimensiones (Conocer y comprender, Saber actuar y Saber ser. Además de ello, debido a la implementación de la estrategia educativa, se logra evidenciar que las actividades propuestas, fueron fundamentales en función la resolución de la problemática propuesta en el *Trabajo práctico – Una propuesta para el saneamiento del agua*, permitiendo articular, integrar y construir cada una de las respuestas emitidas los PF, evidenciando la evolución de la competencia TDC para toda la muestra de estudio, presentando el nivel de desempeño más alto *“3 – Sobresaliente”* lo cual aporta a la implementación de estrategia diseñada.

## 10. RECOMENDACIONES

A continuación, se expresan una serie de recomendaciones, en función a la investigación realizada:

- Es importante realizar una constante retroalimentación entre los Profesores en Formación y los Grupos de trabajo, con el fin de solventar posibles inquietudes generadas, brindándoles la oportunidad de mejorar sus actividades de acuerdo con los comentarios y/o sugerencias dados entre equipos y el facilitador.
- Continuar actualizando la revisión documental, en años posteriores a los indicados en el apartado de antecedentes (2009 - 2023), en función a los aspectos disciplinares que involucran las metodologías de precipitación química del Cr (III), para los apartados pedagógicos, es importante vincular al desarrollo sostenible, la concepción de la Competencias para el Desarrollo Sostenible, y la química en contexto; esto con el fin de dar continuidad a futuras investigaciones relacionadas e interesadas en continuar con el tema tratado.
- Se recomienda para futuras investigaciones, recopilar información en la cual la muestra de estudio seleccionada aplique todas las Competencias para el Desarrollo Sostenible, ya que, para este caso, no se abordaron debido a los tiempos establecidos para aplicar la propuesta
- Con respecto al trabajo de laboratorio, se recomienda para futuras investigaciones trabajar con matrices de Aguas Residuales Reales, provenientes de la industria, con el fin de dar una aproximación más cercana a los contextos abordados desde la Educación para el Desarrollo Sostenible vinculado a los procesos de precipitación y remoción de Cr (III). Además de extender el alcance a otros tipos de metales que a nivel industrial son vertidos a los efluentes.
- En función a las semillas de moringa *oleífera*, es importante realizar una caracterización con el polvo de esta semilla, sin realizar modificaciones químicas, para conocer cómo actúan en función a la precipitación química y que porcentajes de remoción se pueden obtener en comparación con la implementada.

## 11. REFERENCIAS

- Aldana, L. J. y Pachón, O. E. (2021). *Impacto de los agroquímicos en cultivos de fresa en Cundinamarca: un estudio de caso para la promoción de competencias desde la Educación para el Desarrollo Sostenible*. (Tesis de Pregrado). Universidad Pedagógica Nacional. <http://hdl.handle.net/20.500.12209/13342>.
- Artuz, L., Martínez, M., y Morales, C. (2011). Las Industrias Curtiembres Y Su Incidencia En La Contaminación Del Río Bogotá, *Revista Isocuanta* 12286 Universidad Santo Tomás.
- Awoke, M., Banchamlak, A., y Shegaw G. (2024). Determination of the level of chromium (III) and comparison of chemical precipitating agents to recover and reuse it from tannery waste water. *Desalination and Water Treatment*, 317(1), 1-7.
- Barrón, Á., Navarrete, A., y Ferrer-Balas, D. (2010). Sostenibilización curricular en las Universidades Españolas. ¿ha llegado la hora de actuar? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7, 388-399.
- Caamaño, A (2018). Enseñar química en contexto: un recorrido por los proyectos de química en contexto desde la década de los 80 hasta la actualidad. *Educación Química*, 29(1), 21-54.
- Castillo, L. A. (2018). Estrategias para la formación de competencias para el desarrollo sostenible de cultivadores de tomate. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (Número Extraordinario), 1-6.
- Castillo, L. A. (2017). *Propuesta curricular para la formación de competencias para el desarrollo sostenible en el Programa de Tecnología en Seguridad y Salud en el Trabajo, en una institución de educación superior*. (Tesis de Maestría). Universidad Pedagógica Nacional. <http://hdl.handle.net/20.500.12209/17340>.
- Córdoba, D. A. (2022). Tratamiento de agua residual industrial de curtiembre por medio de la electrocoagulación. *Cuaderno Activa*, 12(1), 41-57.
- Del Salto Bello, M. (2015). Educación en valores: propuesta de una estrategia. *MEDISAN*, 19(11), 1421-1429.
- Delors, J. (1997). La educación encierra un tesoro. Madrid: Santillana/UNESCO.
- Duarte R., E., Olivero Verbel, J., y Jaramillo C., B. E. (2009). Remoción de cromo de aguas residuales de curtiembres usando Quitosan obtenido de desechos de camaron, *Scientia Et Technica*, 10(42), 290-295.
- Filho, W. (2009). La educación para la sostenibilidad: iniciativas internacionales. Revista de educación, *Revista de Educación, número extraordinario*, 263-277.

- Fraijo-Sing, B., Corral-Verdugo, V., Tapia-Fonllem, C., y González-Lomelí, D. (2010). Promoting pro-environmental competency. En corral-Verdugo, V., García-Cadena, CH. y Frías-Armenta, M. (Eds.), *Psychological Approaches to Sustainability: Current Trends in Theory, Research and Applications* (pp. 225-246). New York: Nova Science Publishers Inc.
- Fu, F., y Wang, Q. (2011). Removal of heavy metal ions from wastewaters: A review. *Journal of Environmental Management*, 92(3), 407–418.
- Geli, A. M., Junyent, M. y Sánchez, S. (2004). Diagnóstico de la Ambientalización Curricular de los Estudios Superiores. *Girona, Servei de Publicacions Universitat de Girona/Red ACE*.
- Glavič, P., y Lukman, R. (2007). Review of sustainability terms and their definitions. *Journal of Cleaner Production*, 15(18), 1875–1885.
- Gómez Aguilar, D. L. (2019). *Bioadsorción de Mn (II), Zn (II), Pb (II), Cr (III y VI) con Residuos Lignocelulósicos en Aguas Residuales. Una aplicación en Curtiembres* (Tesis Doctoral). Universidad de Manizales. <https://ridum.umanizales.edu.co/handle/20.500.12746/4193>.
- Gómez Aguilar D. L., Rodríguez-Miranda J. P., y Salcedo-Parra O. J. (2022). Fruit Peels as a Sustainable Waste for the Biosorption of Heavy Metals in Wastewater: A Review. *Molecules*, 27(7), 21-24.
- González, J., y Wagenaar, R. (2003). Tuning Educational Structures in Europe. Informe Final; Proyecto piloto—Fase 1. Bilbao: Universidad de Deusto.
- Hathaway, M., y Boff, L. (2014). *El Tao de la liberación. Una ecología de la transformación*. Madrid: Trotta.
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., y Baptista-Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6a. ed.). México D.F.: McGraw-Hill.
- Hilali, N., Mohammadi, H., Amine, A., Zine, N., y Errachid, A. (2020). Recent Advances in Electrochemical Monitoring of Chromium. *Sensors*, 20(18), 5153.
- Hill, D., Figueredo, A. J., y Jacobs, WJ. (2010). contextual influences on sustainable behaviour. En García-cadena, CH. y Frías-Armenta, M. (Eds.), *Psychological Approaches to Sustainability: Current Trends in Theory, Research and Applications* (pp. 267-268). New York: Nova Science Publishers Inc.
- Hinestroza, J (2023). Química en contexto: estrategia didáctica para la enseñanza y el aprendizaje de las reacciones químicas, *Revista – Universidad de Manizales RIDUM*, 1, 1-24.

- Islam, M., Rahaman, A., Mahdi, M. y Mallik, D. (2021) Removal of Cr(III) and other pollutants from tannery wastewater by *Moringa stenopetela* seed. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 6(44), 1-10.
- Jin, W., Du, H., Zheng, S. y Zhang, Y. (2016). Electrochemical processes for the environmental remediation of toxic Cr(VI): A review. *Electrochimica Acta*, 191, pp. 1044-1055.
- Jorge, Z. (2020). Competencias para el desarrollo sostenible ante la crisis planetaria. *Revista Tecnológica-Educativa Docentes 2.0*, 8(1), 53-59.
- Joseman. (2024, 24 abril). Contaminación Industrial causas, efectos y consecuencias [current\_date format='F, Y']. EMAGEN. <https://emagen.com.mx/contaminacion/efectos-de-contaminacion-industrial/>
- Leicht, A., Heiss, J, y Won, B. (2018) Issues and trends in education for sustainable development. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). <https://doi.org/10.54675/YELO233>
- Lorente, S., Murillo-Pardo, B., Corral-Abós, A., Canales-Lacruz, I., y Larraz-Rábanos, N. (2022). Proyecto creativo físico-artístico basado en los objetivos de desarrollo sostenible: “La Voz del Rehén” (Creative sustainable development goal-based physical-artistic Project: “La voz del rehén”). *Retos*, 43, 944–953.
- Luengo, J., Luzón, A y Torres, M. (2008). Las reformas educativas basadas en el enfoque por competencias: una visión comparada, Profesorado. *Revista del currículum y formación del profesorado*, 12(3), pp. 1-10.
- Madroñero-Palacios, S., y Guzmán-Hernández, T.J. (2018). Desarrollo sostenible. Aplicabilidad y sus tendencias. *Revista Tecnología en Marcha*, 31(3), 122-130.
- Martínez Buitrago, S. Y., y Romero Coca, J. A. (2017). Revisión del estado actual de la industria de las curtiembres en sus procesos y productos: un análisis de su competitividad. *Revista Facultad De Ciencias Económicas*, 26(1), 113–124.
- Meneses Barroso, Y. M., Patiño Mantilla, P. A., y Betancur Perez, J. F. (2018). Remoción de cromo en aguas residuales industriales mediante el uso de biomasa de *Spirulina* sp, sedimentación primaria y precipitación química, *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 10(1), 141–152.
- Meroni, G., Copello, M. I., y Paredes, J. (2015). Enseñar química en contexto. Una dimensión de la innovación didáctica en educación secundaria. *Educación Química*, 26(4), 275–280.
- Minguet, P., Solís, M., Agut, M., y Guillamany, A. (2014). Competencias básicas para la sostenibilidad. Un análisis del diálogo disciplinar. *Bordón. Revista de Pedagogía*, 66 (2), 13-27.

- Miranda, S., y Ortiz, J. (2020). Los paradigmas de la investigación: un acercamiento teórico para reflexionar desde el campo de la investigación educativa. *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 11(21), 1-18.
- Murga-Menoyo, M. A. (2015). Competencias para el desarrollo sostenible: las capacidades, actitudes y valores meta de la educación en el marco de la Agenda global post-2015. *Foro de Educación*, 13(19), 55-83.
- Nishad-Fathima, N., Raghava-Rao, J., y Unni-Nair, B. (2014). Effective Utilization of Solid Waste from Leather Industry. *The Role of Colloidal Systems in Environmental Protection*, 593–613. doi:10.1016/b978-0-444-63283-8.00023-5
- Núñez, I. A., (2019). Educación para el desarrollo sostenible: hacia una visión socio pedagógica. *Controversias y Concurrencias Latinoamericanas*, 11(19), 291-314.
- Organización Mundial de la Salud (OMS) (2011). Adverse health effects of heavy metals in children. [https://www.who.int/ceh/capacity/heavy\\_metals.pdf?ua=1](https://www.who.int/ceh/capacity/heavy_metals.pdf?ua=1)
- Ordoñez Burbano, D. E., y Benítez-Campo, N. (2019). Remoción de cromo trivalente en aguas residuales de curtiembres mediante un proceso biótico-abiótico basado en el uso de *Yarrowia lipolytica* y *Candida fluvialis*, *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 35(4), 945-956.
- Ortiz, N. E., y Carmona, J. C. (2015). Aprovechamiento de cromo eliminado en aguas residuales de curtiembres (San Benito, Bogotá), mediante tratamiento con sulfato de sodio. *Luna Azul*, (40), 117–123.
- Paranjape, P y Sadgir, P. (2022). Removal of Heavy Metals from Water Using Low-cost Bioadsorbent: A Review, *Recent Trends in Construction Technology and Management*, 260(2), 527-546.
- Parga-Lozano, D. L., y Piñeros-Carranza, G. Y. (2018). Enseñanza de la química desde contenidos contextualizados. *Educación química*, 29(1), 55-64.
- Pérgola, M y Galagovsky, L. (2014). Puesta a prueba de una unidad didáctica dentro del enfoque de Química en contexto. *Educación en la Química en Línea*, 20,143-155.
- Rendón López, L. M., Escobar Londoño, J. V., Arango Ruiz, A. de J., Molina Benítez, J. A., Villamil Parodi, T., y Valencia Montaña, D. F. (2019). Educación para el desarrollo sostenible: acercamientos desde una perspectiva colombiana. *Producción + Limpia*, 13(3).
- Reyes-Serrano, A., López-Alejo, J. E., Hernández-Cortázar, M. A., y Elizalde, I. (2020). Removing contaminants from tannery wastewater by chemical precipitation using CaO and Ca(OH)<sub>2</sub>, *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 28(1), 1107-1111.

- Salas-Zapata, W. A., y Ortiz-Muñoz, S. M. (2018). Analysis of meanings of the concept of sustainability. *Sustainable Development*, 27(1), 153–161. doi:10.1002/sd.1885.
- Sánchez, M. P., Villamil, F. O. y Pérez, G. J. (2023). *Propuesta de alfabetización científica, tecnológica y ambiental para la industria de curtiembres: remoción de Cr (III) con cascara de naranja (citrus sinensis)*. (Tesis de Pregrado). Universidad Pedagógica Nacional <http://hdl.handle.net/20.500.12209/18971>.
- Silva, M. J., y Salinas Morales, D. (2022). La contaminación proveniente de la industria curtiembre, una aproximación a la realidad ecuatoriana. *Revista Científica UISRAEL*, 9(1), 69–80. <https://doi.org/10.35290/rcui.v9n1.2022.427>
- Suárez Tamayo, S., y Molina Esquivel, E. (2014). El desarrollo industrial y su impacto en el medio ambiente. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 52(3), 357-363.
- Uddin, M. M., Hasan, J., Islam, M. D., Rahaman, A., y Shamsuddin, S. M. (2020). Removal of Chromium (III) and Other Physical Parameters from Chrome Tan Wastewater and Recovery of Chromium from the Precipitating Sludge, *Textile & Leather Review*, 3(2), 64–77.
- UNESCO (2014a). Declaración de Aichi-Nagoya sobre la Educación para el Desarrollo Sostenible. Conferencia Mundial Aichi-Nagoya (Japón), 10-12 de noviembre. Reuniones de las partes interesadas Okayama (Japón), 4-8 de noviembre. Recuperado de <http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002310/231074s.pdf>
- Vásquez, L. (2012). *Las curtiembres en el Barrio San Benito de Bogotá: un análisis bioético en la perspectiva de Hans Jonas*. (Tesis de Maestría). Pontificia Universidad Javeriana. <http://hdl.handle.net/10554/2144>.
- Vega, J. E. (2020). Curtiembres en la localidad de san Benito, Bogotá; identificación de alternativas para reducción de impactos ambientales, generados por sus vertimientos. [Monografía-Pregrado]. Repositorio Institucional UNAD <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/36682>
- World Commission on Environment and Development (1987). Our common future. Report of the World Commission on Environment and Development. United Nations Doc A/42/427. New York: United Nations.

## 12. ANEXOS

### **Anexo A.** Prueba de conocimientos generales – Una primera mirada al Desarrollo Sostenible

#### **PRUEBA DE CONOCIMIENTOS GENERALES – Una primera mirada al Desarrollo Sostenible.**

**Nombres y Apellidos:** \_\_\_\_\_ **Fecha:** \_\_\_\_\_

Respetado estudiante, el siguiente cuestionario tiene por objeto, conocer las perspectivas que posee sobre el Desarrollo Sostenible, la Educación para el Desarrollo Sostenible y la vinculación de las competencias.

De este modo se solicita de su colaboración para el diligenciamiento correspondiente. La información recolectada en el presente instrumento será utilizada única y exclusivamente para fines investigativos, por lo cual, se le invita a analizar y responder cada una de las interrogantes que se presentan. Para el desarrollo del cuestionario contara con 20 minutos. Así mismo se considera que sus respuestas sean concretas dado que se garantizará una fiabilidad en el análisis de las mismas.

**1. ¿Qué entiende sobre el término “Desarrollo Sostenible”?**

---

---

---

---

**2. ¿Qué aspectos conoce sobre la Educación para el Desarrollo Sostenible?**

---

---

---

---

**3. Considera que es importante vincular la Educación para el Desarrollo Sostenible en su práctica como futuro docente. ¿Por qué?**

---

---

---

---

**4. ¿Qué entiende por el término “competencia” en el área de la educación?**

---

---

---

---

**5. A continuación, se presenta un listado de palabras. ¿Cuáles considera que son competencias? Seleccione las que considere**

- |                                            |                                            |
|--------------------------------------------|--------------------------------------------|
| <b>a.</b> Análisis Crítico                 | <b>g.</b> Manejo de sentimientos emociones |
| <b>b.</b> Relaciones interpersonales       | <b>h.</b> Autoconocimiento                 |
| <b>c.</b> Toma de decisiones colaborativas | <b>i.</b> Pensamiento holístico            |
| <b>d.</b> Reflexión sistémica              | <b>j.</b> Pensamiento racional.            |
| <b>e.</b> Comunicación efectiva            | <b>k.</b> Sentido de responsabilidad       |
| <b>f.</b> Pensamiento argumentativo        |                                            |

**6. ¿Considera que son importantes las competencias en un docente, indique por qué?**

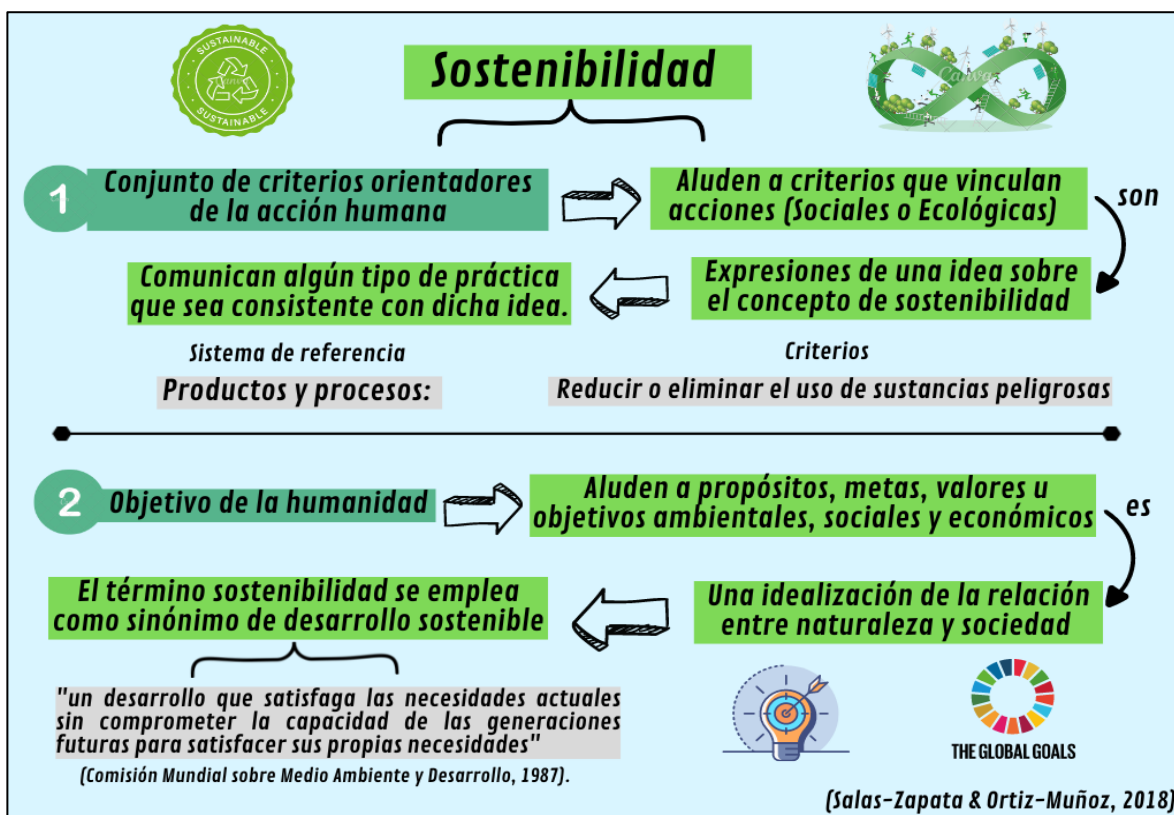
---

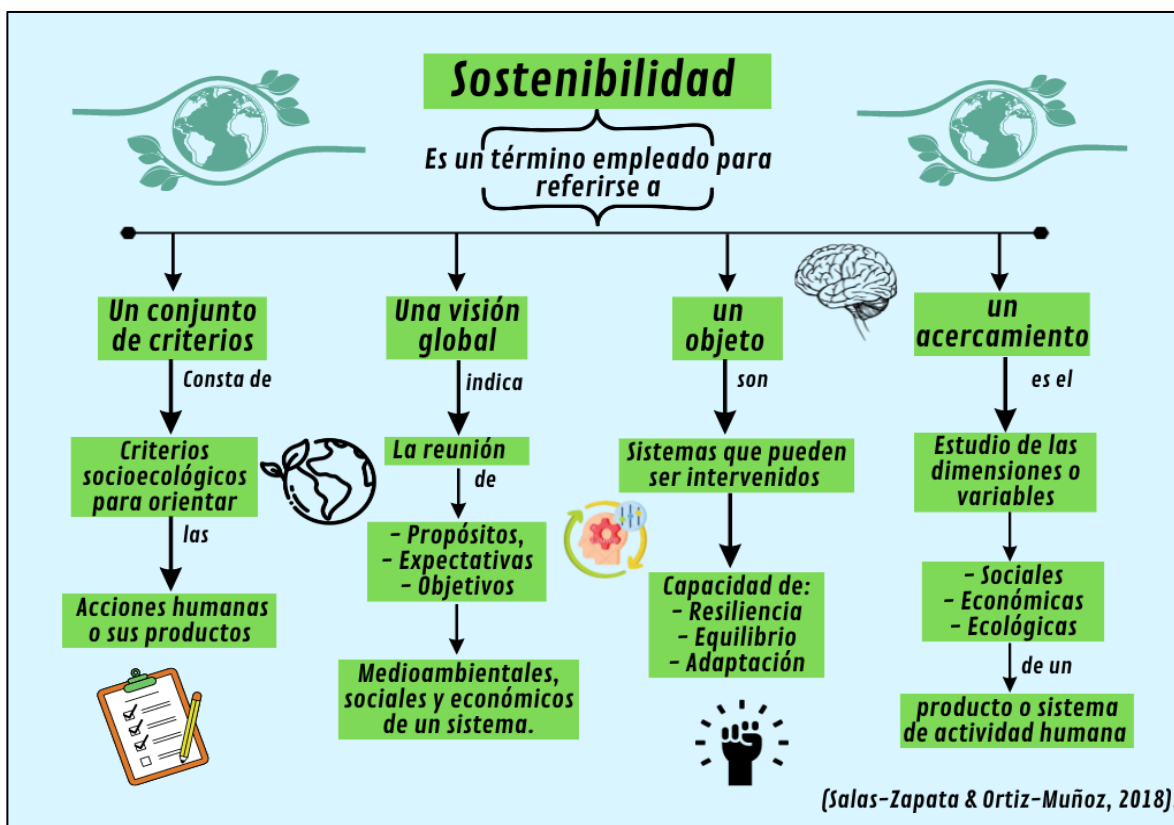
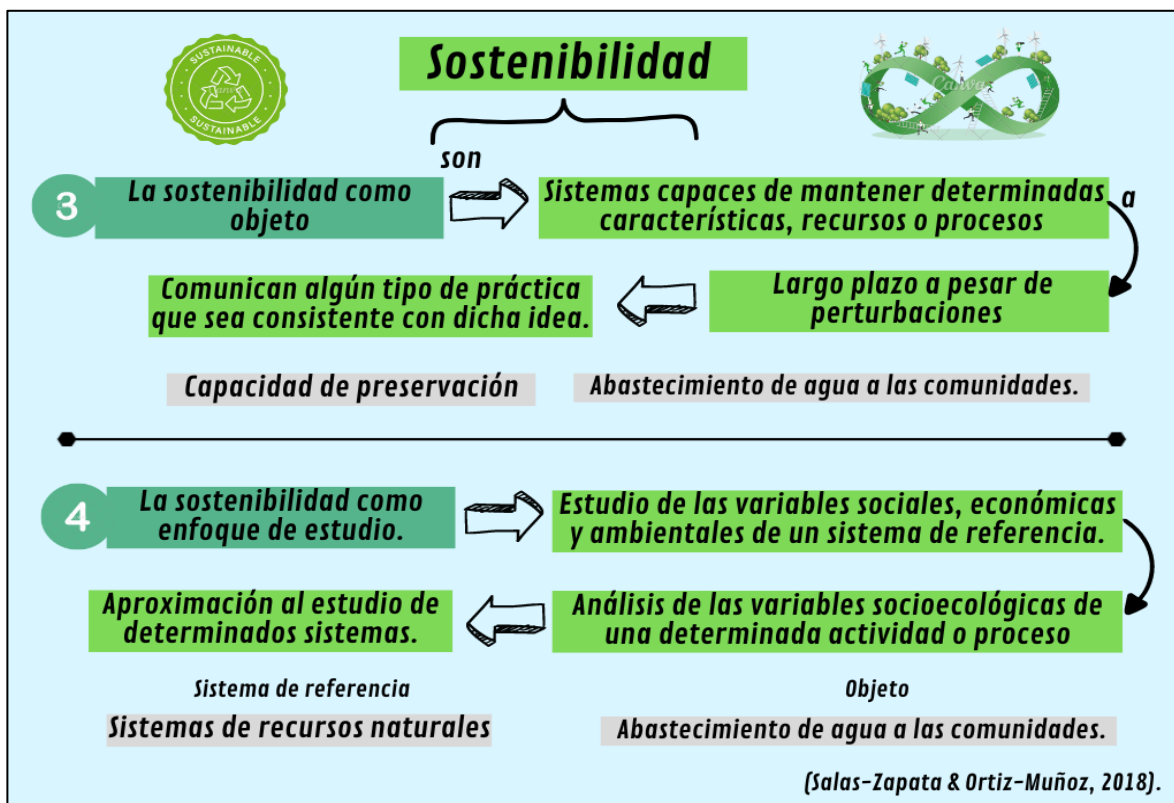
---

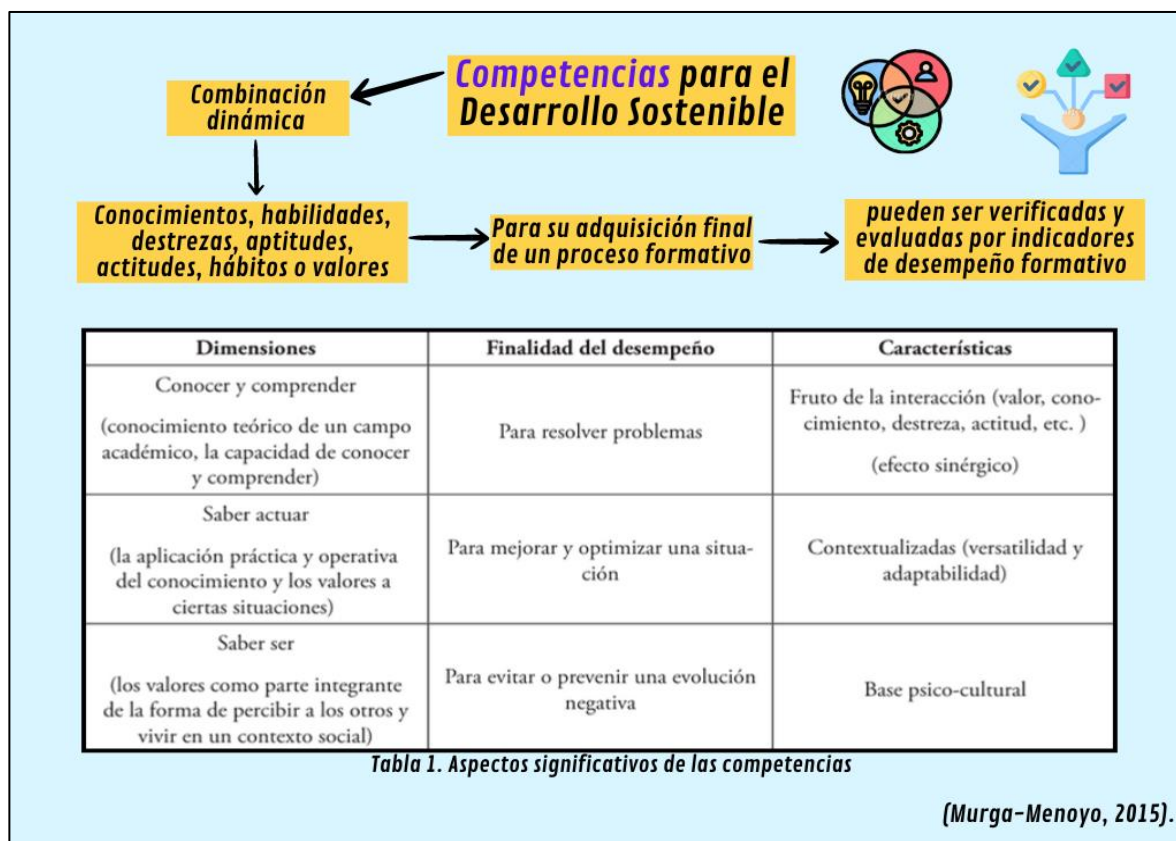
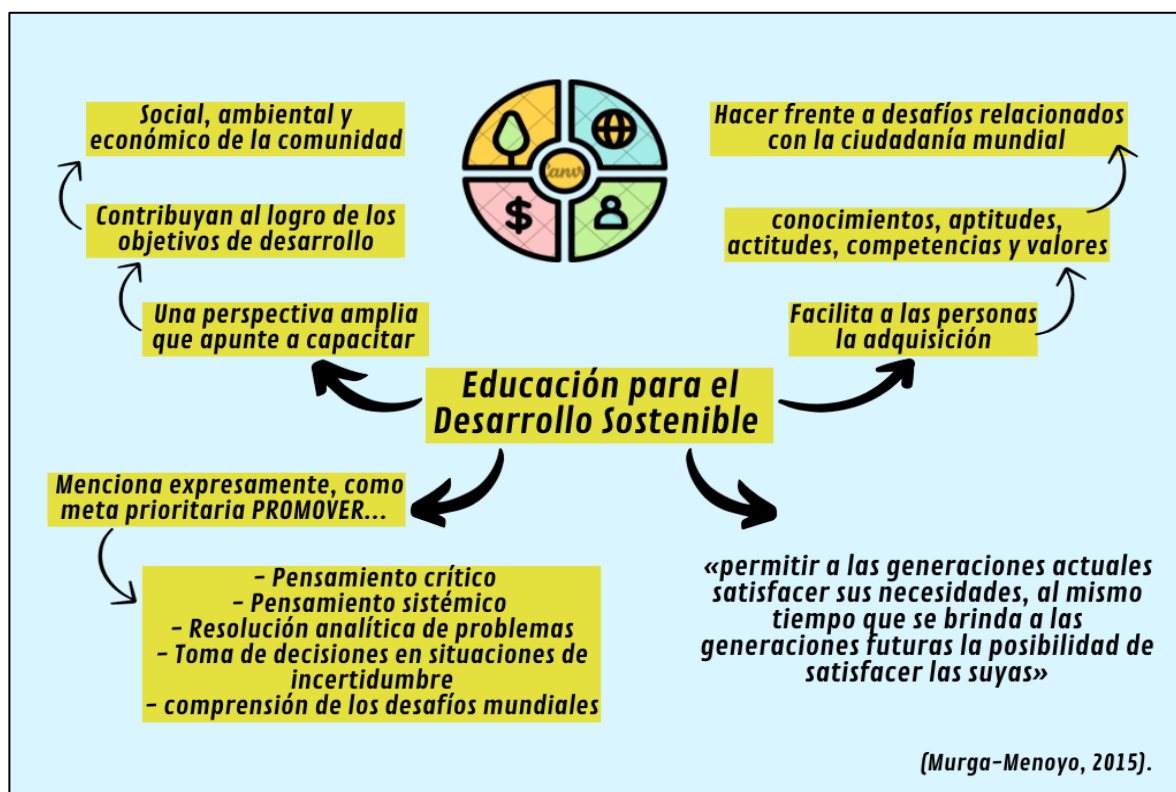
---

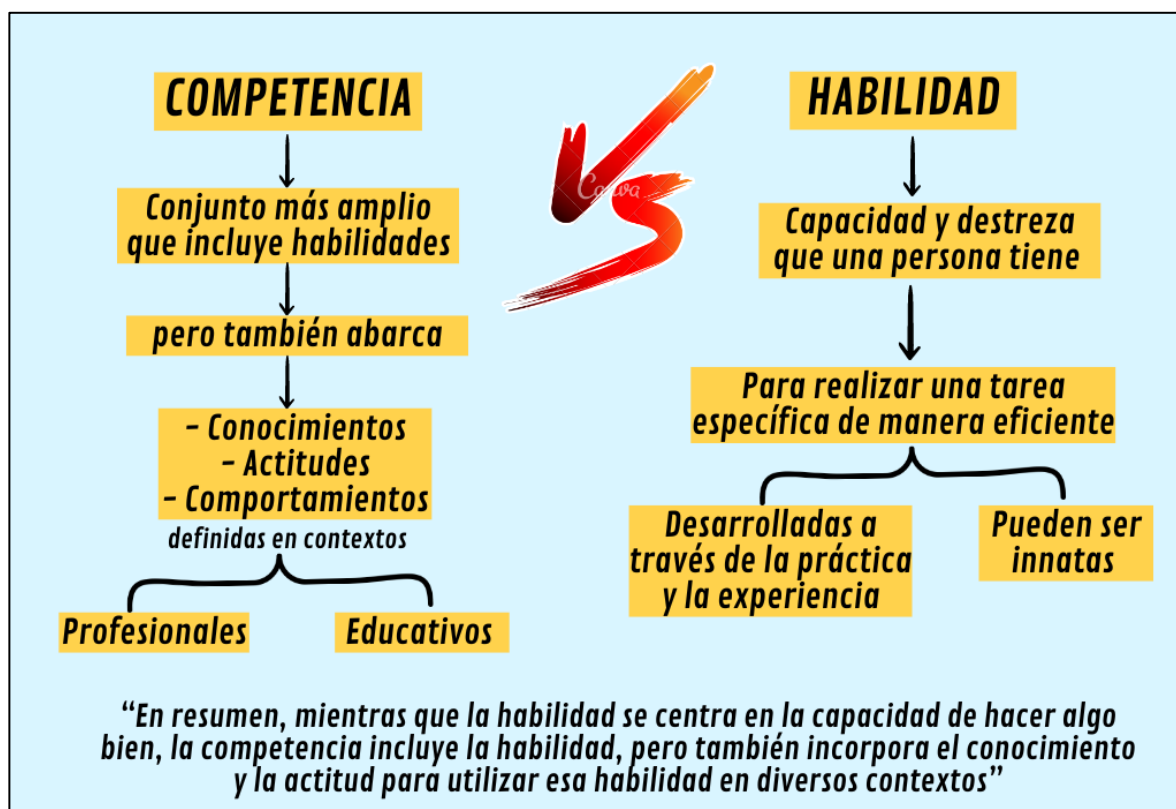
---

**Anexo B.** Contextualización sobre el Desarrollo Sostenible, Educación para el Desarrollo Sostenible y sus competencias.









### Referencias Bibliográficas

Murga-Menoyo, M. A. (2015). Competencias para el desarrollo sostenible: las capacidades, actitudes y valores meta de la educación en el marco de la Agenda global post-2015. *Foro de Educación*, 13(19), 55-83.

Salas-Zapata, W. A., & Ortiz-Muñoz, S. M. (2018). Analysis of meanings of the concept of sustainability. *Sustainable Development*, 27(1), 153-161. doi:10.1002/sd.1885

World Commission on Environment and Development (1987). *Our common future. Report of the World Commission on Environment and Development*. United Nations Doc A/42/427. New York: United Nations. 374p.

**Anexo C.** Instrumento de caracterización - competencias para el desarrollo sostenible.

## **INSTRUMENTO DE CARACTERIZACIÓN - COMPETENCIAS PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE**

### **(Toma de Decisiones Colaborativa)**

Respetado estudiante, el siguiente cuestionario tiene por objeto caracterizar el estado inicial de la competencia "Toma de Decisiones Colaborativa) mediante una serie de actividades e interrogantes que se presentaran a lo largo del presente instrumento. De este modo se solicita de su colaboración para el diligenciamiento correspondiente. La información recolectada en el presente instrumento será utilizada única y exclusivamente para fines investigativos, por lo cual, se le invita a analizar y responder cada una de las interrogantes que se presentan. Para el desarrollo del cuestionario contará con 40 minutos.

La información recolectada en el presente instrumento será utilizada única y exclusivamente para fines investigativos, por lo cual, se le invita a analizar y responder cada una de las interrogantes que se presentan.

**Nombres y Apellidos**\_\_\_\_\_ **Fecha**\_\_\_\_\_

### **Impacto de la industria en la contaminación del medio ambiente**

El desarrollo industrial de un territorio puede inducir una fuerte reactivación socioeconómica y mejoras en la calidad de vida de la población, también es capaz de ocasionar importantes modificaciones del entorno y diversas formas de contaminación del aire, las aguas y los suelos, agotamiento de recursos naturales y su degradación. Todo ello influirá negativamente, de forma directa o indirecta sobre el bienestar y la calidad de vida. Se han encontrado numerosos ejemplos de la enérgica implementación de procesos de industrialización en diversos países y territorios en aras de lograr un rápido desarrollo industrial y económico, pero sin considerar en su justa magnitud sus posibles impactos en el ambiente, cuyas consecuencias sobre la salud resultaron a veces rápidamente evidente. (Suárez, et al., 2014).

Particularmente, la contaminación de las aguas es uno de los aspectos más preocupantes de la degradación de los medios naturales por parte de la civilización contemporánea. Los estudios sobre aguas residuales confirman que la contaminación tiene, generalmente, un origen químico. Los principales agentes contaminantes son pesticidas, hidrocarburos y metales pesados. Los metales pueden provenir de efluentes urbanos y de fuentes industriales (Duarte, et al., 2009).

**1. Teniendo presente los anteriores fragmentos ¿cuáles considera que son las causas fundamentales de la contaminación por parte de las industrias?**

---



---



---



---

**2. Teniendo presente el siguiente cuadro, mencione 1 aspecto por cada una de las situaciones planteadas en función a “¿Qué consecuencias puede ocasionar?”**

| Situación                             | ¿Qué consecuencias puede ocasionar? |
|---------------------------------------|-------------------------------------|
| 1. Residuos en proceso de manufactura |                                     |
| 2. Desechos Químicos                  |                                     |
| 3. Contaminación del agua             |                                     |
| 4. Contaminación en el suelo          |                                     |

**3. A continuación, se presentará un listado de industrias que tienen un alto impacto en la economía de un país. Según su percepción seleccione las 4 industrias que generan una mayor contaminación principalmente en las fuentes hídricas.**

- |                                    |                                      |
|------------------------------------|--------------------------------------|
| <b>a.</b> Fertilizantes            | <b>g.</b> Procesos de curtido        |
| <b>b.</b> Colorantes               | <b>h.</b> Energía térmica            |
| <b>c.</b> Recubrimientos metálicos | <b>i.</b> Procesamiento de Alimentos |
| <b>d.</b> Plaguicidas              | <b>j.</b> Textiles                   |
| <b>e.</b> Refinerías de Petróleo   | <b>k.</b> Refinería del azúcar       |
| <b>f.</b> Papel y pulpa            |                                      |

### **Caso de Estudio (Problemas con la industrialización)**

En la actualidad, el departamento de Cundinamarca y Bogotá concentran un 80% del total de las industrias en el país, con una producción efectiva elevada y en función a las necesidades de los habitantes. En general los procesos y el avance en tecnificación han logrado mejorar la industrialización. La CAR con sus respectivas investigaciones y mecanismos utilizados en la regulación les ha dado iniciativa a los empresarios para que promuevan mejores alternativas de procesamiento desde el punto de inversión

- a. Por una parte, los empresarios afirman que sus empresas necesitan tener más apoyo y seguimiento a nivel investigativo y económico, dado que los ingresos percibidos en sus negocios solamente hacen que ellos puedan satisfacer las necesidades básicas, razón por la que no cuentan con los recursos necesarios ni con los medios suficientes para lograr financiar sus plantas productivas y dar cumplimiento a normativas en vertimientos
- b. Por otra parte, es preciso señalar para el caso de las aguas provenientes de los sectores industriales, no se les realizaba ningún tipo de tratamiento, dado que las aguas residuales provenientes de los procesos de manufactura son descargadas directamente al río Bogotá, generando un aporte elevado en concentraciones de cromo (1364,45 mg/L) aproximadamente, superando el límite máximo permitido establecido por el Art. 13 de la Resolución 631 de 2015 MADS el cual es (1,5 mg/L) y por ende, generando diversos problemas en la salud de los residentes de la zona.

Fragmentos tomados y adaptados de Martínez Buitrago y Romero Coca (2018).

**4. Teniendo presente el caso anterior, mencione de qué forma se ven impactados los sectores ambiental, social y económico por parte de la situación presentada.**

---

---

---

---

**5. Teniendo presente los fragmentos presentados, plantee dos formas para solucionar las problemáticas a y b presentadas en el texto.**

**a.**

---

---

---

---

b.

---

---

---

---

**Responda las preguntas 6 y 7 que se presentan a continuación:**

**6. Una vez presentado el vídeo “Río Bogotá desde el aire” escriban una pequeña reflexión sobre las problemáticas expuestas en él.**

---

---

---

---

**7. Desde su rol como futuro docente ¿qué estrategias implementarían para abordar la problemática del impacto de la industria en la contaminación del medio ambiente en el aula?**

---

---

---

---

### **Referencias Bibliográficas**

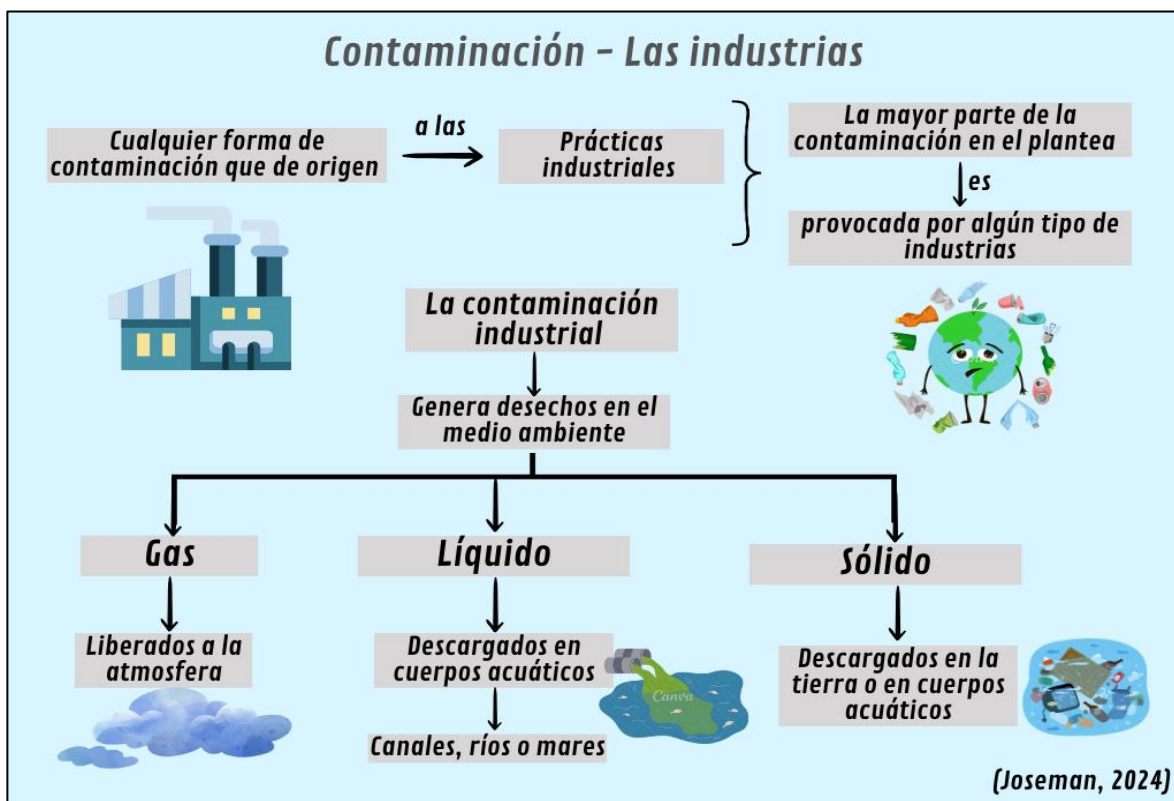
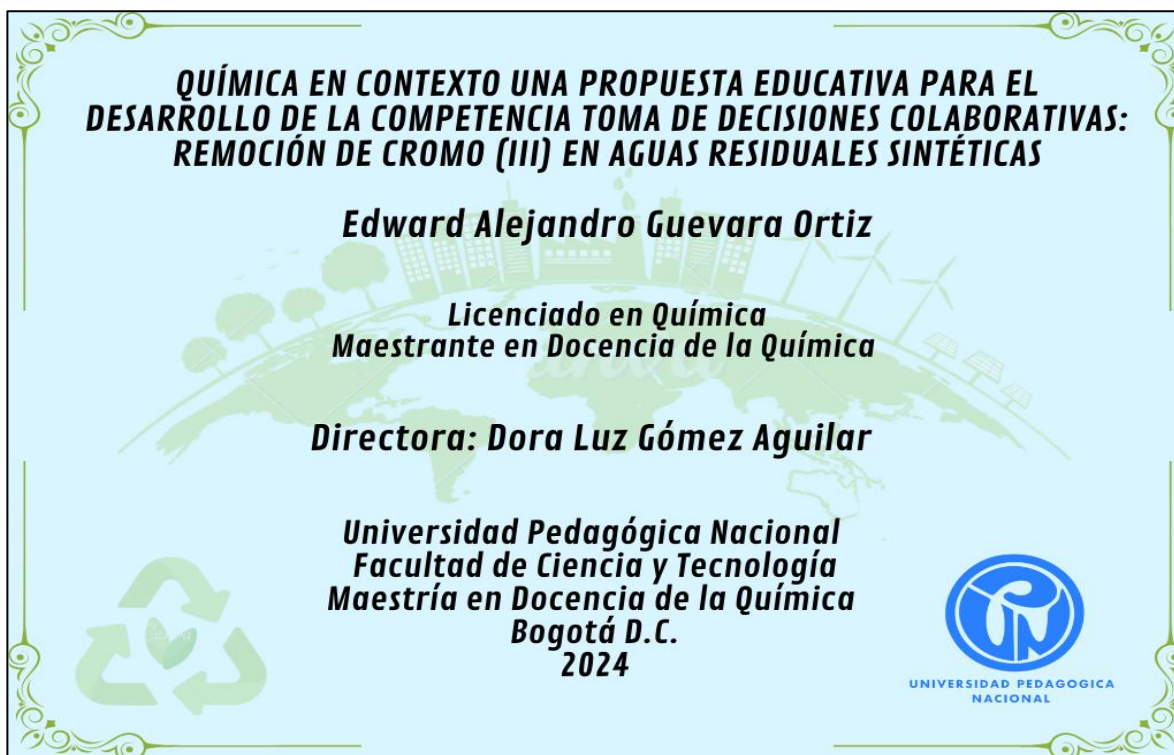
Suárez Tamayo, S., y Molina Esquivel, E. (2014). El desarrollo industrial y su impacto en el medio ambiente. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 52(3), 357-363.

Duarte R., E., Olivero Verbel, J., y Jaramillo C., B. E. (2009). Remoción de cromo de aguas residuales de curtiembres usando quitosan obtenido de desechos de camaron. *Scientia Et Technica*, XV(42), 290-295.

Martínez Buitrago, S. Y., y Romero Coca, J. A. (2017). Revisión del estado actual de la industria de las curtiembres en sus procesos y productos: un análisis de su competitividad. *Revista Facultad de Ciencias Económicas*, 26(1). doi:10.18359/rfce.2357

Gómez Aguilar, D. L. (2019). *Bioadsorción de Mn (II), Zn (II), Pb (II), Cr (III y VI) con Residuos Lignocelulósicos en Aguas Residuales. Una aplicación en Curtiembres* (Tesis Doctoral). Universidad de Manizales. <https://ridum.umanizales.edu.co/handle/20.500.12746/4193>.

## Anexo D. Aspectos relevantes de la contaminación industrial



## Características – Contaminación en las industrias

Contamina muchas fuentes de **agua potable**



Libera toxinas no deseadas en el **aire**



Reduce la **calidad del suelo** en todo el mundo.

Los principales desastres ambientales se han debido a gran cantidad de contaminantes de la industria.



La amplia variedad de contaminantes

Ingresa al medio ambiente y perturba el ecosistema natural

|   | Industria              | Residuos Producidos                                    | Tipo de contaminación |
|---|------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------|
| 1 | Sosa Caustica          | Mercurio, gas de cloro                                 |                       |
| 2 | Polvo de cemento, humo | Materia particulada                                    | Tierra, aire y agua   |
| 3 | Destilería             | Residuo orgánico                                       | Tierra y agua         |
| 4 | Fertilizante           | Amoniaco, cianuro,                                     |                       |
|   |                        | Óxido de nitrógeno,                                    | Aire y agua           |
|   |                        | óxidos de azufre                                       |                       |
| 5 | Colorante              | Pigmento de residuos inorgánicos                       | Tierra y agua         |
| 6 | Hierro y acero         | Humo, gases, polvo de carbón, cenizas volantes, flúor. | Aire, agua y tierra.  |
| 7 | Plaguicidas            | Orgánico e inorgánico                                  | Tierra y agua         |
|   |                        | residuos                                               |                       |

(Joseman, 2024)

|    | Industria                   | Residuos Producidos                             | Tipo de contaminación |
|----|-----------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------|
| 8  | Refinerías de petróleo      | Humo, gases tóxicos, residuos orgánicos.        | Aire y agua           |
| 9  | Papel y Pulpa               | Humo, residuos orgánicos.                       | Aire y agua           |
| 10 | Azúcar                      | Residuos orgánicos, melazas.                    | Tierra y agua         |
| 11 | Textiles                    | Humo, materia particulada                       | Tierra y agua         |
| 12 | Curtiduría                  | Residuo orgánico                                | Agua                  |
| 13 | Energía térmica             | Cenizas volantes, gas SO <sub>2</sub>           | Aire y agua           |
| 14 | Estación de energía nuclear | Desechos radiactivos                            | Agua y tierra         |
| 15 | Procesamiento de alimentos  | Álcalis, fenoles, cromatos, residuos orgánicos. | Agua y tierra         |

(Joseman, 2024)



Industria de las Curtiambres

(Gómez-Aguilar, 2019)



Industria Colorantes

1000 ppm - 2000 ppm



Industria Textil

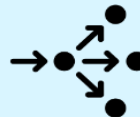


Industria Recubrimientos metálicos

(Martínez Buitrago & Romero Coca, 2018).

## Causas De La Contaminación Industrial

- 1 **Falta de políticas para controlar la contaminación** → **Industrias evaden las leyes creadas por la junta de control de la contaminación**
- 2 **Crecimiento industrial no planificado** → **Particularmente municipios, las empresas incumplieron las normas y reglas.**
- 3 **Uso de tecnologías desactualizadas** → **Para evitar altos costos y gastos, empresas hacen uso de las tecnologías tradicionales**
- 4 **Presencia de gran cantidad de industrias de pequeña escala** → **Evitan las reglamentaciones ambientales y liberan una gran cantidad de desechos**
- 5 **Eliminación ineficiente de residuos** → **Ineficiencia en la eliminación de residuos causa problemas de salud crónicos**



(Joseman, 2024)

## Referencias Bibliográficas

Gómez-Aguilar, DL (2019). Bioadsorción de Mn (II), Zn (II), Pb (II), Cr (III y VI) con Residuos Lignocelulósicos en Aguas Residuales. Una aplicación en Curtiembres [Tesis Doctoral, Universidad de Manizales]. <https://ridum.umanizales.edu.co/handle/20.500.12746/4193>.

Joseman. (2024, 24 abril). Contaminación Industrial causas, efectos y consecuencias [current\_date format='F, Y']. EMAGEN. <https://emagen.com.mx/contaminacion/efectos-de-contaminacion-industrial/>

Martínez Buitrago, S. Y., & Romero Coca, J. A. (2017). Revisión del estado actual de la industria de las curtiembres en sus procesos y productos: un análisis de su competitividad. Revista Facultad de Ciencias Económicas, 26(1). doi:10.18359/rfce.2357

**Anexo E.** Trabajo práctico – Una propuesta para el saneamiento del agua, Industria de las curtiembres.

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA  
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LA QUÍMICA  
Maestrante: Edward Alejandro Guevara Ortiz**

**Trabajo práctico – Una propuesta para el saneamiento del agua**

A continuación, se presenta un caso de estudio aplicado a la contaminación generada a causa de las industrias, las cuales aportan una gran cantidad de cromo (III), a los efluentes.

La industria “Curtiembres San Benito & Asociados”, la cual es una empresa pequeña con una trayectoria de más de 10 años, procesando alrededor de 7.000 pieles mensuales. Las pieles son llevadas directamente a la curtiembre mediante una cadena transportadora donde comienza de inmediato el proceso de curtido. La curtiembre se encuentra ubicada En Bogotá D.C., en la localidad de Tunjuelito en el Barrio San Benito.

Se ha propuesto una visita a la empresa “Curtiembres San Benito & Asociados”, para los estudiantes que se encuentran cursando el Énfasis Disciplinar II (Calidad de Aguas) del programa de Licenciatura en química de la Universidad Pedagógica Nacional, con el fin de conocer el proceso de curtido de la empresa. Es importante destacar que la empresa, no cuenta con un sistema de tratamiento de Aguas Residuales y a diario se descargan grandes cantidades de agua en el Río Tunjuelito, dichos desechos presentan concentraciones que van entre las 1.000 - 2.000 ppm de cromo (III). Por consiguiente, se realiza la toma de muestras de los puntos de agua de curtido para realizar un trabajo experimental que contribuya a la problemática expuesta (vertimientos en aguas).

A continuación, se presenta el siguiente procedimiento con el fin de aplicarlo en el laboratorio

**Metodología para la precipitación de cromo (III) en Aguas Residuales Sintéticas**

Se recolectaron 2 muestras de concentraciones diferentes provenientes de los procesos de curtido de la empresa “Curtiembres San Benito & Asociados”. A continuación, se mostrará el procedimiento que se llevará a cabo en el laboratorio:

## **1. Determinación de la concentración (muestras problemas 1 y 2)**

- De la muestra problema 1, tomar una alícuota de 0,1 mL de solución, se deposita en un balón aforado de 10 mL
- Adicionar 0,2 mL de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  5% m/v en el mismo balón aforado de 10 mL y llevar a aforo con agua destilada.
- Posteriormente se lleva a lectura en el equipo de Absorción atómica para conocer su concentración.
- De la muestra problema 2, tomar una alícuota de 5 mL de solución, se deposita en balón aforado de 10 mL, y lleva a aforo con agua destilada.
- Del balón anterior, se toma una alícuota de 0,1 mL, se deposita en un nuevo balón aforado de 10 mL.
- Se adiciona 0,2 mL de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  5% m/v en el mismo balón aforado de 10 mL y se lleva a aforo con agua destilada.
- Finalmente se lleva a lectura en el equipo de Absorción atómica para conocer su concentración.

## **2. Precipitación química por efecto del bioadsorbente.**

- Tomar una alícuota de 50 mL de la muestra 1 y la muestra 2
- Adicionar la alícuota a un vaso de precipitados de 100 mL
- Posteriormente realizar lectura de pH de ambas muestras y registrarlo
- Ajusta el pH de ambas soluciones con  $\text{NaOH}$  (0,5 M), el pH debe oscilar entre (5,5 – 6,0) y registrarlo.
- Pesar 4 g de bioadsorbente (Semilla de moringa previamente tratada) para cada una de las soluciones
- Adicionar los 4 g de bioadsorbente a cada uno de los vasos de precipitados que contienen las muestras.
- Dejar en tiempo de contacto por (90 minutos) empleando agitador magnético.
- Posteriormente transcurrido el tiempo de contacto, se realiza filtración con bomba al vacío (Emplear papel cualitativo)
- Se realiza lectura de pH a la solución filtrada.
- De la solución filtrada se toma una alícuota de 1 mL y se deposita en balón aforado de 100 mL
- Se adiciona 0,2 mL de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  5% m/v en el mismo balón aforado de 100 mL y se lleva a aforo con agua destilada.
- Posteriormente se lleva a lectura en el equipo de Absorción atómica para conocer su concentración.

## **Resultados**

Los resultados obtenidos, se mostrarán mediante una presentación (Para la elaboración de la presentación, puede utilizar la herramienta digital de su preferencia o con la que más se encuentre familiarizado: Powert Point, Canva, Powtoon, Genially). En la presentación, deberá mostrar los resultados de la práctica

**1) Metodología (Imágenes, diagramas de flujo trabajo del proceso de laboratorio)**

**2) Resultados (Imágenes, tablas de datos, cálculos del trabajo de laboratorio)**

**3) Análisis de los resultados**

- ¿Obtuvo precipitación de cromo (III)?, explique detalladamente dicho proceso.
- Describa detalladamente ¿por qué el cromo es uno de los contaminantes más perjudiciales para el ser humano?
- Mediante el trabajo experimental realizado ¿de qué manera contribuye a la problemática expuesta? – explique detalladamente.
- ¿Considera que las técnicas de precipitación química son importantes en los procesos industriales? – Justifique su respuesta detalladamente.
- Desde su perspectiva como futuro docente, ¿considera que es importante abordar problemáticas ambientales que relacionan la contaminación del recurso hídrico, por qué? – Explique de qué manera lo contextualizaría en un aula de clase.
- De las sesiones abordadas, enuncie: ¿el trabajo realizado aporta en su formación como futuro docente? – explique detalladamente.

**4) Conclusiones del trabajo realizado**

**5) Referencias bibliográficas**

### **Bibliografía**

Gómez Aguilar, D. L. (2019). *Bioadsorción de Mn (II), Zn (II), Pb (II), Cr (III y VI) con Residuos Lignocelulósicos en Aguas Residuales. Una aplicación en Curtiembres* (Tesis Doctoral). Universidad de Manizales. <https://ridum.umanizales.edu.co/handle/20.500.12746/4193>.

Joseman. (2024, 24 abril). Contaminación Industrial causas, efectos y consecuencias [current\_date format='F, Y']. EMAGEN. <https://emagen.com.mx/contaminacion/efectos-de-contaminacion-industrial/>

Islam, M., Rahaman, A., Mahdi, M. y Mallik, D. (2021) Removal of Cr(III) and other pollutants from tannery wastewater by Moringa stenopetela seed. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 6(44), 1-10.

Reyes-Serrano, A., López-Alejo, J. E., Hernández-Cortázar, M. A., y Elizalde, I. (2020). Removing contaminants from tannery wastewater by chemical precipitation 40 using CaO and Ca(OH)<sub>2</sub>, *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 28(1), 1107- 1111

**Anexo F.** Trabajo práctico – Una propuesta para el saneamiento del agua, Industria Textilería.

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA  
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LA QUÍMICA  
Maestrante: Edward Alejandro Guevara Ortiz**

**Trabajo práctico – Una propuesta para el saneamiento del agua**

A continuación, se presenta un caso de estudio aplicado a la contaminación generada a causa de las industrias, las cuales aportan una gran cantidad de cromo (III), a los efluentes.

La industria “*Mayorista Rag-textilera*”, la cual es una empresa con una trayectoria de más de 20 años, procesando más de 80.000 mil telas, éstas incluyen una amplia gama de telas de malla de poliéster cuyos usos van desde tela para toldillos, hasta tela para la tapicería de automóviles. Además, se confecciona con telas de algodón que se utilizan en la producción de camisetas y ropa interior. La empresa se encuentra ubicada en Bogotá D.C., en la localidad de Fontibón el Barrio Montevideo.

Se ha propuesto una visita a la empresa “*Mayorista Rag-textilera*”, para los estudiantes que se encuentran cursando el Énfasis Disciplinar II (Calidad de Agua) del programa de Licenciatura en química de la Universidad Pedagógica Nacional, con el fin de conocer el proceso de curtido de la empresa. Es importante destacar que la empresa no cuenta con un sistema de tratamiento de Aguas Residuales y a diario se descargan grandes cantidades de agua en el Canal San Francisco, dichos desechos presentan concentraciones que van entre las 1.000 - 2.000 ppm de cromo (III). Por consiguiente, se realiza la toma de muestras de los puntos de agua de curtido para realizar un trabajo experimental que contribuya a la problemática expuesta (vertimientos en aguas).

A continuación, se presenta el siguiente procedimiento con el fin de aplicarlo en el laboratorio

**Metodología para la precipitación de cromo (III) en Aguas Residuales Sintéticas**

Se recolectaron 2 muestras de concentraciones diferentes provenientes de los procesos de curtido de la empresa “*Mayorista Rag-textilera*”. A continuación, se mostrará el procedimiento que se llevará a cabo en el laboratorio:

**1. Determinación de la concentración (muestras problemas 1 y 2)**

- De la muestra problema 1, tomar una alícuota de 0,1 mL de solución, se deposita en un balón aforado de 10 mL

- Adicionar 0,2 mL de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  5% m/v en el mismo balón aforado de 10 mL y llevar a aforo con agua destilada.
- Posteriormente se lleva a lectura en el equipo de Absorción atómica para conocer su concentración.
- De la muestra problema 2, tomar una alícuota de 5 mL de solución, se deposita en balón aforado de 10 mL, y lleva a aforo con agua destilada.
- Del balón anterior, se toma una alícuota de 0,1 mL, se deposita en un nuevo balón aforado de 10 mL.
- Se adiciona 0,2 mL de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  5% m/v en el mismo balón aforado de 10 mL y se lleva a aforo con agua destilada.
- Finalmente se lleva a lectura en el equipo de Absorción atómica para conocer su concentración.

## 2. Precipitación química por efecto de agentes precipitantes químicos

- Tomar una alícuota de 50 mL de la muestra 1 y la muestra 2
- Adicionar la alícuota a un vaso de precipitados de 100 mL
- Posteriormente realizar lectura de pH de ambas muestras y registrarlo
- Ajusta el pH de ambas soluciones con  $\text{NaOH}$  5% m/v (se debe preparar), el pH debe oscilar entre (9,2 – 9,5) y registrarlo.
- Dejar en tiempo de agitación por 30 minutos empleando agitador magnético.
- Posteriormente transcurrido el tiempo de agitación, se deja en tiempo de contacto por 1 hora (60 minutos).
- Posteriormente transcurrido el tiempo de contacto, se realiza filtración con bomba al vacío (*Se debe registrar la masa del papel filtro cuantitativo antes del proceso de filtrado*)
- El precipitado que queda en el papel filtro se lleva a desecador y se registra la masa una vez este seco.
- Se realiza lectura de pH a la solución filtrada.
- De la solución filtrada se toma una alícuota de 1 mL y se deposita en balón aforado de 10 mL
- Se adiciona 0,2 mL de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  5% m/v en el mismo balón aforado de 10 mL y se lleva a aforo empleando la solución del filtrado.
- Posteriormente se lleva a lectura en el equipo de Absorción atómica para conocer su concentración.

## Resultados

Los resultados obtenidos, se mostrarán mediante una presentación (Para la elaboración de la presentación, puede utilizar la herramienta digital de su preferencia o con la que más se encuentre familiarizado: Powert Point, Canva, Powtoon, Genially). En la presentación, deberá mostrar los resultados de la práctica

### 1) Metodología (Imágenes, diagramas de flujo trabajo del proceso de laboratorio)

## 2) Resultados (Imágenes, tablas de datos, cálculos del trabajo de laboratorio)

## 3) Análisis de los resultados

- ¿Obtuvo precipitación de cromo (III)?, explique detalladamente dicho proceso.
- Describa detalladamente ¿por qué el cromo es uno de los contaminantes más perjudiciales para el ser humano?
- Mediante el trabajo experimental realizado ¿de qué manera contribuye a la problemática expuesta? – explique detalladamente.
- ¿Considera que las técnicas de precipitación química son importantes en los procesos industriales? – Justifique su respuesta detalladamente.
- Desde su perspectiva como futuro docente, ¿considera que es importante abordar problemáticas ambientales que relacionan la contaminación del recurso hídrico, por qué? – Explique de qué manera lo contextualizaría en un aula de clase.
- De las sesiones abordadas, enuncie: ¿el trabajo realizado aporta en su formación como futuro docente? – explique detalladamente.

## 4) Conclusiones del trabajo realizado

## 5) Referencias bibliográficas

### Bibliografía

Gómez Aguilar, D. L. (2019). *Bioadsorción de Mn (II), Zn (II), Pb (II), Cr (III y VI) con Residuos Lignocelulósicos en Aguas Residuales. Una aplicación en Curtiembres* (Tesis Doctoral). Universidad de Manizales. <https://ridum.umanizales.edu.co/handle/20.500.12746/4193>.

Joseman. (2024, 24 abril). Contaminación Industrial causas, efectos y consecuencias [current\_date format='F, Y']. EMAGEN. <https://emagen.com.mx/contaminacion/efectos-de-contaminacion-industrial/>

Islam, M., Rahaman, A., Mahdi, M. y Mallik, D. (2021) Removal of Cr(III) and other pollutants from tannery wastewater by Moringa stenopetela seed. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 6(44), 1-10.

Reyes-Serrano, A., López-Alejo, J. E., Hernández-Cortázar, M. A., y Elizalde, I. (2020). Removing contaminants from tannery wastewater by chemical precipitation 40 using CaO and Ca(OH)<sub>2</sub>, *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 28(1), 1107- 1111

**Anexo G. Trabajo práctico – Una propuesta para el saneamiento del agua, Industria Recubrimientos Metálicos**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA  
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LA QUÍMICA  
Maestrante: Edward Alejandro Guevara Ortiz**

**Trabajo práctico – Una propuesta para el saneamiento del agua**

A continuación, se presenta un caso de estudio aplicado a la contaminación generada a causa de las industrias, las cuales aportan una gran cantidad de cromo (III), a los efluentes.

La industria “*Metal Industria-Cromal*”, la cual es una empresa con una trayectoria de más de 10 años, dedicada principalmente a la fabricación de piezas en aceros, bronce, hierros, aluminios y recubrimientos metálicos. La empresa se encuentra ubicada en Cundinamarca, en la provincia de Alamedas a 80 km al nororiente de Bogotá, a las afueras del municipio de Villa Pinzón (Muy cercano al nacimiento del Río Bogotá).

Se ha propuesto una visita a la empresa “*Metal Industria-Cromal*”, para los estudiantes que se encuentran cursando el Énfasis Disciplinar II (Calidad de Agua) del programa de Licenciatura en química de la Universidad Pedagógica Nacional, con el fin de conocer el proceso de curtido de la empresa. Es importante destacar que la empresa no cuenta con un sistema de tratamiento de Aguas Residuales y a diario se descargan grandes cantidades de agua muy cercanas al nacimiento del Río Bogotá, dichos desechos presentan concentraciones que van entre las 1.000 - 2.000 ppm de cromo (III). Por consiguiente, se realiza la toma de muestras de los puntos de agua de curtido para realizar un trabajo experimental que contribuya a la problemática expuesta (vertimientos en aguas).

A continuación, se presenta el siguiente procedimiento con el fin de aplicarlo en el laboratorio

**Metodología para la precipitación de cromo (III) en Aguas Residuales Sintéticas**

Se recolectaron 2 muestras de concentraciones diferentes provenientes de los procesos de curtido de la empresa “*Metal Industria-Cromal*”. A continuación, se mostrará el procedimiento que se llevará a cabo en el laboratorio:

**1. Determinación de la concentración (muestras problemas 1 y 2)**

- De la muestra problema 1, tomar una alícuota de 0,1 mL de solución, se deposita en un balón aforado de 10 mL

- Adicionar 0,2 mL de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  5% m/v en el mismo balón aforado de 10 mL y llevar a aforo con agua destilada.
- Posteriormente se lleva a lectura en el equipo de Absorción atómica para conocer su concentración.
- De la muestra problema 2, tomar una alícuota de 5 mL de solución, se deposita en balón aforado de 10 mL, y lleva a aforo con agua destilada.
- Del balón anterior, se toma una alícuota de 0,1 mL, se deposita en un nuevo balón aforado de 10 mL.
- Se adiciona 0,2 mL de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  5% m/v en el mismo balón aforado de 10 mL y se lleva a aforo con agua destilada.
- Finalmente se lleva a lectura en el equipo de Absorción atómica para conocer su concentración.

## 2. Precipitación química por efecto de agentes precipitantes químicos

- Tomar una alícuota de 50 mL de la muestra 1 y la muestra 2
- Adicionar la alícuota a un vaso de precipitados de 100 mL
- Posteriormente realizar lectura de pH de ambas muestras y registrarlo
- Ajusta el pH de ambas soluciones con  $\text{MgO}$  (99% pureza), el pH debe oscilar entre (9,8 – 10,2) y registrarlo.
- Dejar en tiempo de agitación por 30 minutos empleando agitador magnético.
- Posteriormente transcurrido el tiempo de agitación, se deja en tiempo de contacto por 1 hora (60 minutos).
- Posteriormente transcurrido el tiempo de contacto, se realiza filtración con bomba al vacío (*Se debe registrar la masa del papel filtro cuantitativo antes del proceso de filtrado*)
- El precipitado que queda en el papel filtro se lleva a desecador y se registra la masa una vez este seco.
- Se realiza lectura de pH a la solución filtrada.
- De la solución filtrada se toma una alícuota de 1 mL y se deposita en balón aforado de 10 mL
- Se adiciona 0,2 mL de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  5% m/v en el mismo balón aforado de 10 mL y se lleva a aforo empleando la solución del filtrado.
- Posteriormente se lleva a lectura en el equipo de Absorción atómica para conocer su concentración.

## Resultados

Los resultados obtenidos, se mostrarán mediante una presentación (Para la elaboración de la presentación, puede utilizar la herramienta digital de su preferencia o con la que más se encuentre familiarizado: Powert Point, Canva, Powtoon, Genially). En la presentación, deberá mostrar los resultados de la práctica

### 1) Metodología (Imágenes, diagramas de flujo trabajo del proceso de laboratorio)

## 2) Resultados (Imágenes, tablas de datos, cálculos del trabajo de laboratorio)

## 3) Análisis de los resultados

- ¿Obtuvo precipitación de cromo (III)?, explique detalladamente dicho proceso.
- Describa detalladamente ¿por qué el cromo es uno de los contaminantes más perjudiciales para el ser humano?
- Mediante el trabajo experimental realizado ¿de qué manera contribuye a la problemática expuesta? – explique detalladamente.
- ¿Considera que las técnicas de precipitación química son importantes en los procesos industriales? – Justifique su respuesta detalladamente.
- Desde su perspectiva como futuro docente, ¿considera que es importante abordar problemáticas ambientales que relacionan la contaminación del recurso hídrico, por qué? – Explique de qué manera lo contextualizaría en un aula de clase.
- De las sesiones abordadas, enuncie: ¿el trabajo realizado aporta en su formación como futuro docente? – explique detalladamente.

## 4) Conclusiones del trabajo realizado

## 5) Referencias bibliográficas

### Bibliografía

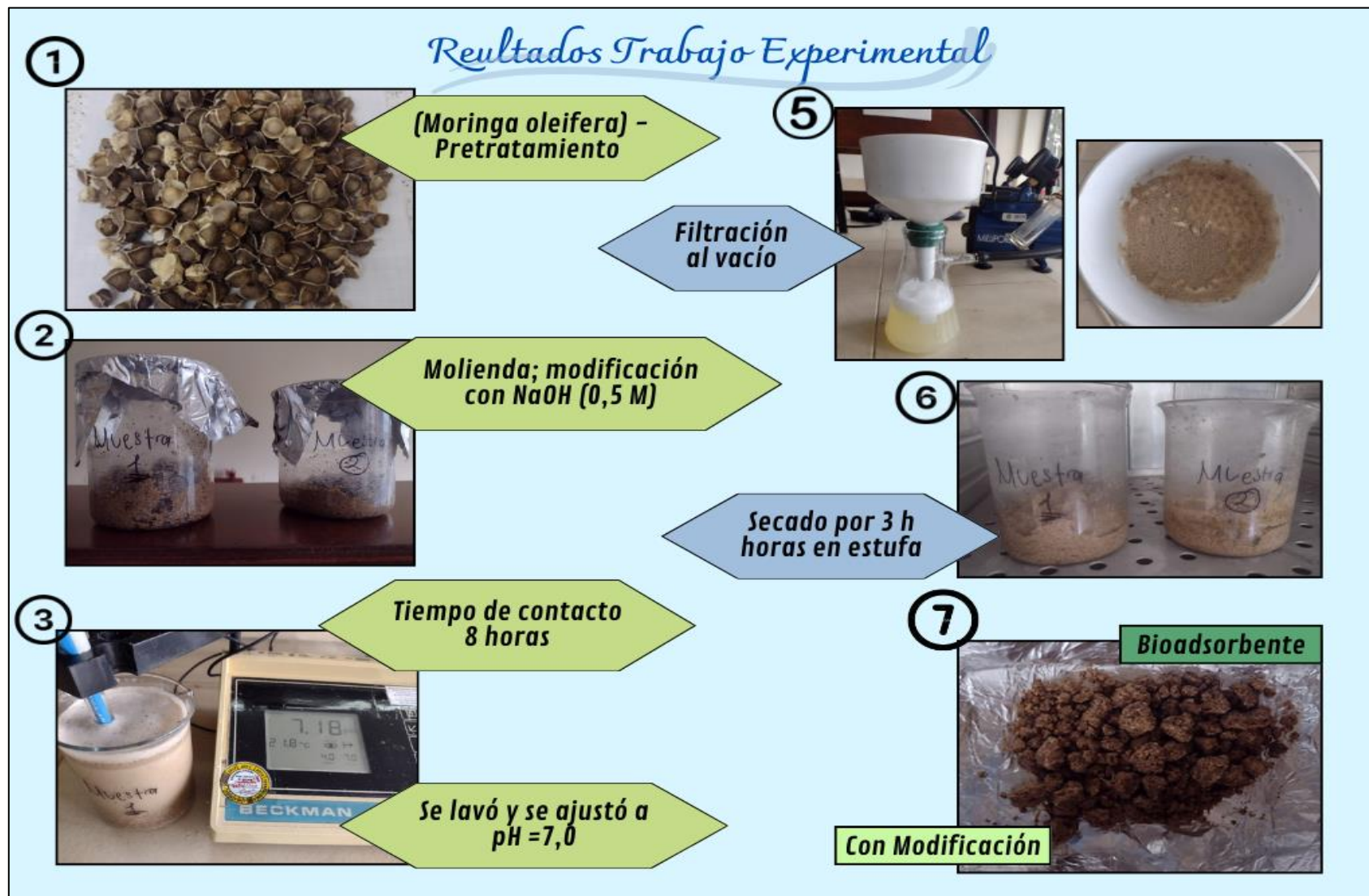
Gómez Aguilar, D. L. (2019). *Bioadsorción de Mn (II), Zn (II), Pb (II), Cr (III y VI) con Residuos Lignocelulósicos en Aguas Residuales. Una aplicación en Curtiembres* (Tesis Doctoral). Universidad de Manizales. <https://ridum.umanizales.edu.co/handle/20.500.12746/4193>.

Joseman. (2024, 24 abril). Contaminación Industrial causas, efectos y consecuencias [current\_date format='F, Y']. EMAGEN. <https://emagen.com.mx/contaminacion/efectos-de-contaminacion-industrial/>

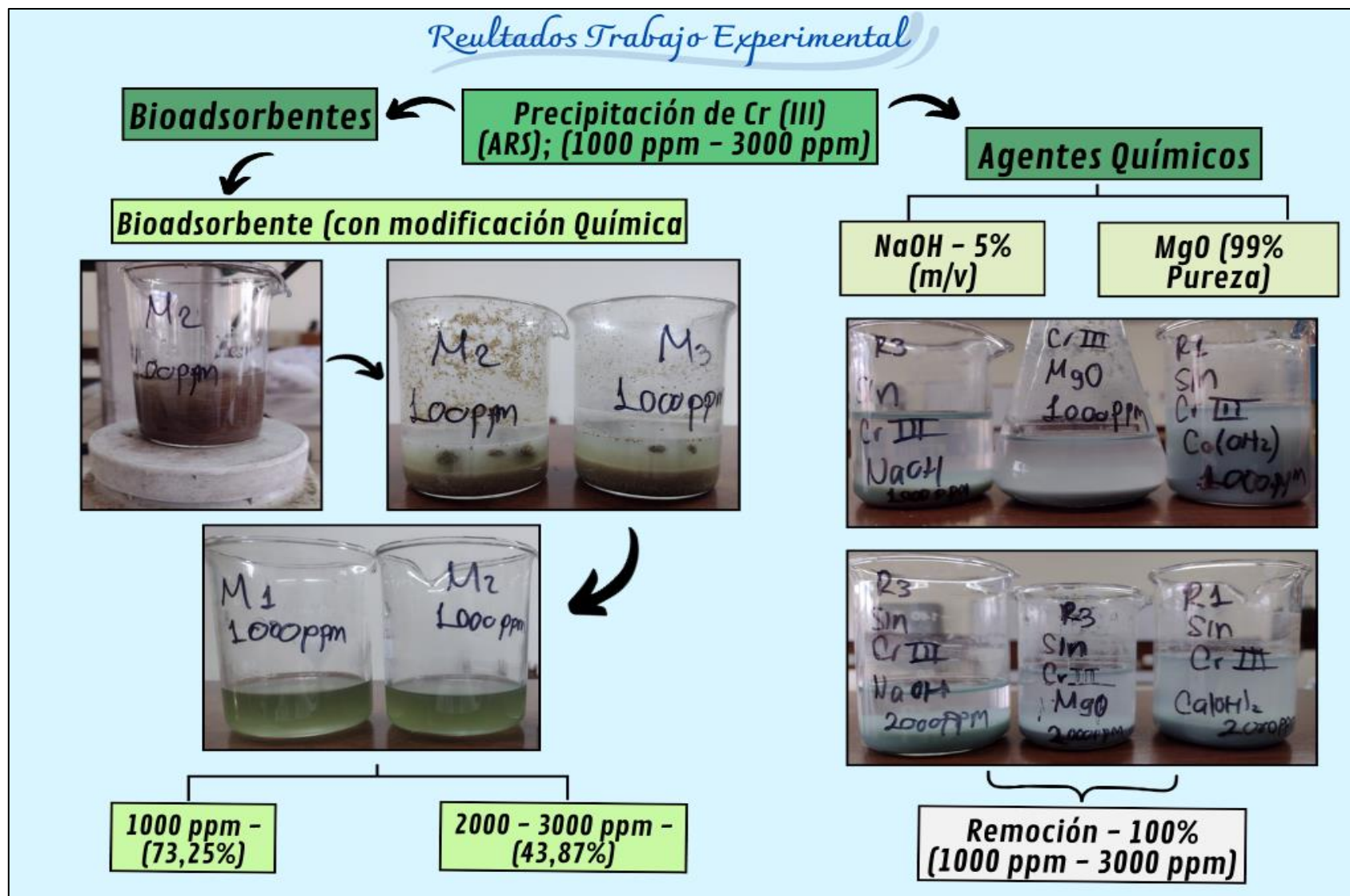
Islam, M., Rahaman, A., Mahdi, M. y Mallik, D. (2021) Removal of Cr(III) and other pollutants from tannery wastewater by Moringa stenopetela seed. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 6(44), 1-10.

Reyes-Serrano, A., López-Alejo, J. E., Hernández-Cortázar, M. A., y Elizalde, I. (2020). Removing contaminants from tannery wastewater by chemical precipitation 40 using CaO and Ca(OH)<sub>2</sub>, *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 28(1), 1107-1111,

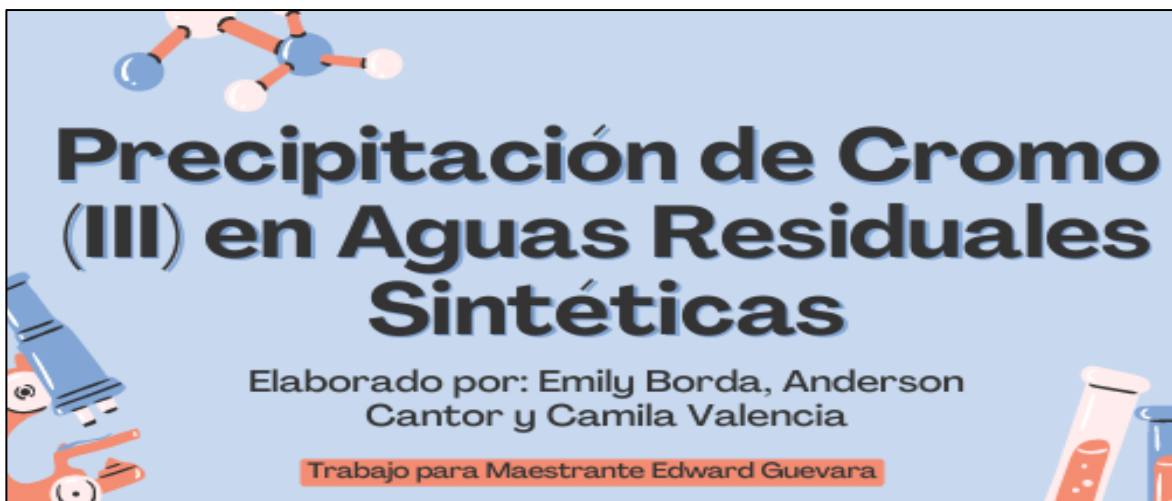
**Anexo H.** Resultados del proceso de modificación química a la semilla de *Moringa Oleifera*



**Anexo I.** Resultados obtenidos en el proceso de precipitación química de ARS de Cr (III).



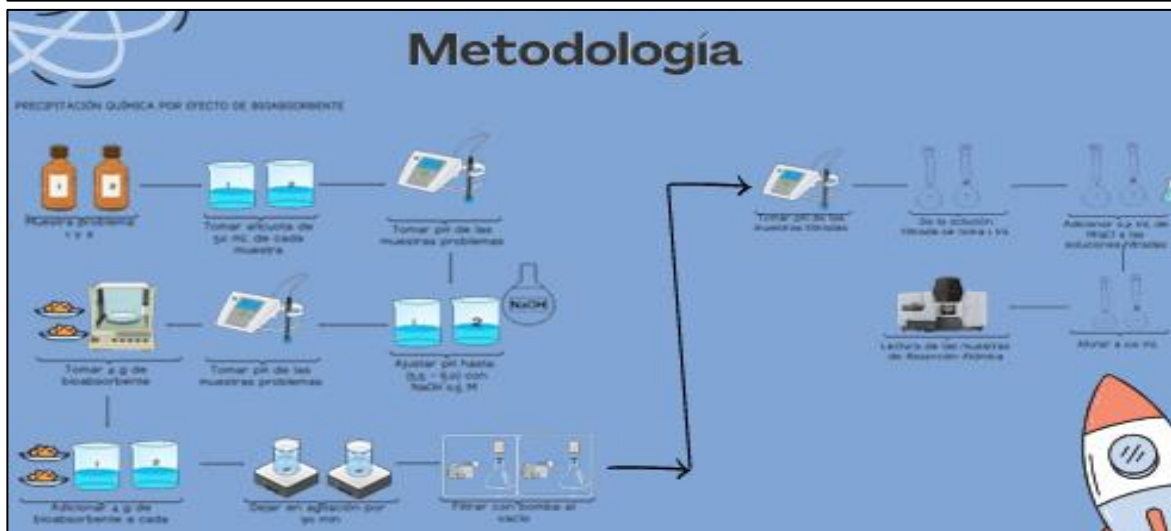
**Anexo J.** Herramienta de diseño gráfico del GT1 – Socialización resultados obtenidos (Industria de Curtiembres).



# Precipitación de Cromo (III) en Aguas Residuales Sintéticas

Elaborado por: Emily Borda, Anderson Cantor y Camila Valencia

Trabajo para Maestrante Edward Guevara



## Resultados






Muestra 1. Ajuste pH      Muestra 2. Ajuste pH      Muestra 1. Agua con Moringa      Muestra 2. Agua con Moringa

Primero se debió ajustar el pH de las muestras, quedando en un rango de pH 5,5 a 6,0. Posterior a esto se le agregó la moringa y se dejó en agitación para que actuara como agente floculante en la precipitación del cromo presente en la muestra.

## Resultados

| Conc (mg/L)<br>(Muestra) | Absorbancia |
|--------------------------|-------------|
| -0,1639                  | 0,0006      |
| -0,0796                  | 0,0031      |
| 0,5647                   | 0,0219      |
| 1,1477                   | 0,0390      |
| 2,0903                   | 0,0666      |
| 3,0911                   | 0,0959      |
| 3,9472                   | 0,1210      |
| 10,0860                  | 0,3007      |
| 14,9143                  | 0,4421      |

### PATRONES DE CROMO - CURVA DE CALIBRACIÓN

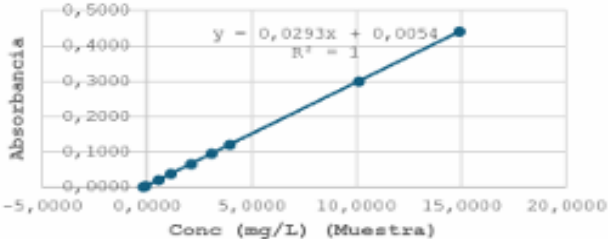


Tabla 1. Lecturas de patrones      Gráfica 1. Patrones de Cromo-Curva de Calibración

Ecuación de la recta  $\rightarrow y = 0,0293x + 0,0054$   
 Con la ecuación de la recta se procede a despejar x para hallar las concentraciones de las muestras, se deben tener en cuenta los factores de dilución que se usaron para cada muestra.

## Resultados

### Concentraciones de las muestras

$$x = \frac{y - 0,0054}{0,0293} \rightarrow x = \frac{ABS - 0,0054}{0,0293}$$

$$x = \frac{0,7751 - 0,0054}{0,0293} = 26,2696 \rightarrow \text{Concentración M1 (C}_0\text{)}$$

$$x = \frac{0,4591 - 0,0054}{0,0293} = 15,4858 \rightarrow \text{Concentración M2 (C}_0\text{)}$$

$$x = \frac{0,0143 - 0,0054}{0,0293} = 0,3038 \rightarrow \text{Concentración M1 (C}_f\text{)}$$

$$x = \frac{0,1053 - 0,0054}{0,0293} = 3,4084 \rightarrow \text{Concentración M2 (C}_f\text{)}$$

|                               |
|-------------------------------|
| M. Problema 1 (ABS)           |
| 0,7751                        |
| M. Problema 2 (ABS)           |
| 0,4591                        |
| M. Problema 1 "Moringa" (ABS) |
| 0,0143                        |
| M. Problema 2 "Moringa" (ABS) |
| 0,1053                        |

## Resultados

A cada una de las muestras se les aplicó el factor de dilución correspondiente al hecho en la práctica, tal y como se muestra en las tablas.

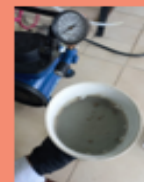
| RESULTADOS          |                     |                    |                               |
|---------------------|---------------------|--------------------|-------------------------------|
| M. Problema 1 (ABS) | M. Problema 1 (ppm) | Factor de dilución | Concentración muestra 1 (ppm) |
| 0,7751              | 26,2896             | (0,1/10)           | 2626,9625                     |
| M. Problema 2 (ABS) | M. Problema 2 (ppm) | Factor de dilución | Concentración muestra 2 (ppm) |
| 0,4591              | 15,4858             | (5/10)(0,1/10)     | 3097,1559                     |

Tabla 2. Resultados Concentración Muestras de Agua

| RESULTADOS                    |                     |                    |                               |
|-------------------------------|---------------------|--------------------|-------------------------------|
| M. Problema 1 "Moringa" (ABS) | M. Problema 1 (ppm) | Factor de dilución | Concentración muestra 1 (ppm) |
| 0,0143                        | 0,3038              | (1/100)            | 30,3754                       |
| M. Problema 2 "Moringa" (ABS) | M. Problema 2 (ppm) | Factor de dilución | Concentración muestra 2 (ppm) |
| 0,1053                        | 3,4084              | (1/100)            | 340,8419                      |

Tabla 3. Resultados Concentración Muestras con Moringa

Después de filtrar la muestra se llevó a lectura y con las absorbancias, además de la ecuación de la recta para hallar las concentraciones teniendo en consideración los factores de dilución, se pudo tener el porcentaje de remoción en la muestra sintética de agua, en este caso se usó la moringa, tal como se ve la imagen.



## Resultados

$$\% \text{Remoción de Cromo} = \left( \frac{C_0 - C_f}{C_0} \right) \times 100\%$$

$$\% \text{Remoción de Cromo} = \left( \frac{C_{\text{Muestra Agua}} - C_{\text{Muestra con Moringa}}}{C_{\text{Muestra Agua}}} \right) \times 100\%$$



$$\text{Muestra 1 (Remoción con Moringa)} \rightarrow \% \text{Remoción de Cromo} = \left( \frac{2626,9625 - 30,3754}{2626,9625} \right) \times 100\%$$

$$\% \text{Remoción de Cromo} = 98,8437\%$$

$$\text{Muestra 2 (Remoción con Moringa)} \rightarrow \% \text{Remoción de Cromo} = \left( \frac{3097,1559 - 340,8419}{3097,1559} \right) \times 100\%$$

$$\% \text{Remoción de Cromo} = 88,995\%$$



## REMOCION DE CROMO HEXAVALENTE UTILIZANDO CÁSCARA DE MORINGA OLEIFERA COMO BIO-ADSORBENTE (ANTECEDENTE)

01

Como precedente del trabajo con moringa para la remoción de metales pesados, se tiene el estudio se analizó la extracción de cromo hexavalente en soluciones de dicromato, utilizando la cascara de moringa oleifera como bioadsorbente

02

Las condiciones establecidas para el experimento fueron una solución a pH 3, a temperatura ambiente y cuantificado por método de colorimetría Difenilcarbazida.

03

Como resultados obtenidos, en condiciones ideales se encontró una absorción del 90%, en estudio de absorción como estudio para aplicación contra contaminación de metales pesados.

Losada Galindo, L. A., Sotto, M. A., & Artunduaga, O. F. (2015). Remoción de Cromo Hexavalente utilizando cáscara de Moringa Oleifera como bio-adsorbente. Revista Nova, 1(1), 74-87. <https://doi.org/10.23850/25004476.189>

**REMOCION DE CROMO TRIVALENTE EN AGUAS RESIDUALES DE CURTIEMBRES MEDIANTE UN PROCESO BIOTICO-ABIOTICO BASADO EN EL USO DE *Yarrowia lipolytica* y *Candida fluviatilis* (Antecedente)**

| 01                                                                                                                        | 02                                                                                                                                                | 03                                                                                                                                               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| El documento presenta un antecedente de trabajo de remocion de metales pesados, pero a traves de un proceso con levaduras | Se da el fundamento en la necesidad de trabajar las aguas residuales producto del proceso de curtiembre y de los microorganismos cromoresistentes | Se aísla la muestra con organismos cromo resistentes y los dos tipos de levaduras, luego del periodo de incubacion, se remueve un 97.5% de cromo |

ORDONEZ BURBANO, Didier Erlinton; BENITEZ CAMPO, Neyla. REMOCION DE CROMO TRIVALENTE EN AGUAS RESIDUALES DE CURTIEMBRES MEDIANTE UN PROCESO BIOTICO-ABIOTICO BASADO EN EL USO DE *Yarrowia lipolytica* y *Candida fluviatilis*. Rev. Int. Contam. Ambient. Ciudad de Mexico. v. 35, n. 4, p. 945-956. 2019.

**Mediante el trabajo experimental realizado ¿de qué manera contribuye a la problemática expuesta (la problemática que se encuentra en la guía de laboratorio)– explique detalladamente.**

|    |                                                                                                                                                                                            |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 01 | Permite analizar metodos de absorcion de los metales pesados producidos en el proceso de curtiembre por parte de la empresa "Curtiembres San Benito & Asociados"                           |
| 02 | Cuantificar la efectividad del bioadsorbente a base de semillas de moringa como alternativa para un tratamiento de bajo costo para el agua residual producida en el proceso de curtiembre. |
| 03 | Identificar la concentracion total de cromo (III) en diferentes muestras de agua residual producida en el proceso de curtiembre.                                                           |

**¿Cómo se vincula el desarrollo sostenible en el trabajo realizado?**



El uso de los recursos a nivel industrial, en este caso con las curtiembres no es la principal preocupacion del estudio, es la falta de tratamiento de las aguas residuales. Es aca donde el bioadsobente puesto a prueba se presenta como una alternativa para el tratamiento de aguas residuales de los procesos de curtiembres

Imagen Curtiembre. Tomado de, (elbuho, 2017)

## ¿Qué otras alternativas propondrían para dar solución a la problemática expuesta?

01

Establecer una planta de tratamiento que se encargue de tratar el agua del Río Tunjuelito.

02

Implementar una planta de tratamiento interna dentro de la infraestructura de la industria.

03

Establecer límites máximos en las concentraciones de cromo (III) a los cuales se deberá estar sujeta la industria de curtiembre.

## Conclusiones



- Los resultados obtenidos con las dos muestras, la aplicación de semillas de moringa tratadas como bioadsorbente, resultaron en un porcentaje de remoción muy alto.
- El proceso de tratamiento depende del contacto de las semillas tratadas de moringa con el agua residual, por lo que requiere de proceso de agitación y de tiempo, por lo que faltaría información sobre su aplicación a gran escala, más sin embargo, resulta en una alternativa viable y de bajo costo para la remoción de cromo (III) en las industrias de curtiembre.

## Referencias bibliográficas

- Gómez-Aguilar, DL (2019). Bioadsorción de Mn (II), Zn (II), Pb (II), Cr (III y VI) con Residuos Ligno celulósicos en Aguas Residuales. Una aplicación en Curtiembres [Tesis Doctoral, Universidad de Manizales]. <https://ridum.umanizales.edu.co/handle/20.500.12746/4193>.
- Joseman. (2024, 24 abril). Contaminación Industrial causas, efectos y consecuencias [current\_date format="F, Y"]. EMAGEN. <https://emagen.com.mx/contaminacion/efectos-de-contaminacion-industrial/>
- Islam, M., Rahaman, A., Mahdi, M. & Mallik, D. (2021) Removal of Cr(III) and other pollutants from tannery wastewater by Moringa stenopetala seed. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 6(44), 1-10.
- Reyes-Serrano, A., López-Alejo, J. E., Hernández-Cortázar, M. A., & Elizalde, I. (2020). Removing contaminants from tannery wastewater by chemical precipitation 40 using CaO and Ca(OH)<sub>2</sub>, Chinese Journal of Chemical Engineering, 28(1), 1107-1111.
- elbuho. (2017, September 11). Reubicación de curtiembres de Río Seco depende de Consejo Regional - El Buho. El Buho. <https://elbuho.pe/archivo/2017/09/11/reubicacion-de-curtiembres-de-rio-seco-depende-de-consejo-regional/index.html>
- Losada Galindo, L. A., Sotto, M. A., & Artunduaga, O. F. (2015). Remoción de Cromo Hexavalente utilizando cáscara de Moringa Oleifera como bio-adsorbente. Revista Nova, 1(1), 74-87. <https://doi.org/10.23850/25004476.189>

Anexo K. Herramienta de diseño gráfico del GT2 – Socialización resultados obtenidos (Industria textilera).

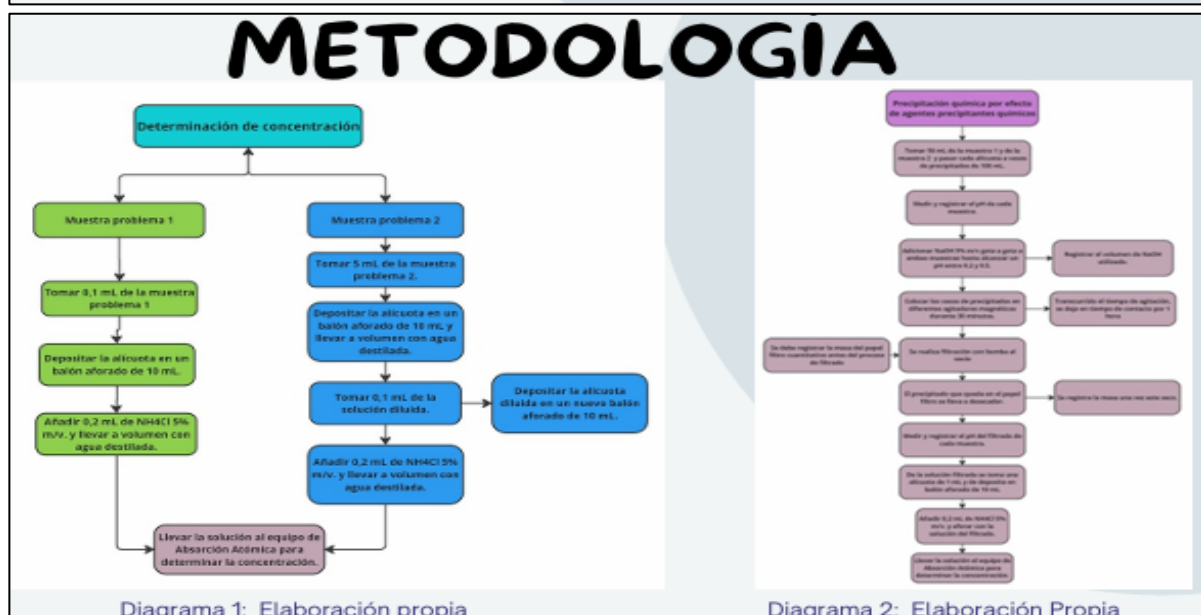
# PRECIPITACIÓN DE CROMO (III) EN AGUAS RESIDUALES DE LA EMPRESA "MAYORISTA RAG-TEXTILERA"

JENIFER ORTEGON  
BRYAN BAQUERO

ÉNFASIS DISCIPLINAR II

## ÍNDICE

|   |                               |
|---|-------------------------------|
| 1 | METODOLOGÍA                   |
| 2 | RESULTADOS                    |
| 3 | RESPUESTA A LAS INTERROGANTES |
| 4 | CONCLUSIONES                  |
| 5 | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS    |



# REGISTRO FOTOGRÁFICOS



Imagen 1: Muestras a pH 9,3



Imagen 2: Precipitación completa del cromo (III) luego del proceso.

## RESULTADOS

| Curva de calibración |        |
|----------------------|--------|
| ppm                  | ABS    |
| 0                    | 0,0006 |
| 0,1                  | 0,0031 |
| 0,5                  | 0,0219 |
| 1                    | 0,0390 |
| 2                    | 0,0666 |
| 3                    | 0,0959 |
| 4                    | 0,1210 |
| 10                   | 0,3007 |
| 15                   | 0,4421 |

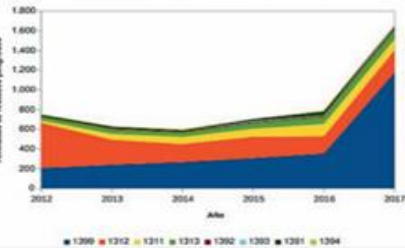


## RESULTADOS

| RESULTADOS                                             |                    |                    |                                                      |                                     |                                                  |
|--------------------------------------------------------|--------------------|--------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Muestra problema 1                                     | Muestra problema 1 | Factor de dilución | Concentración Muestra 1 antes de precipitación (ppm) | Muestra problema 1 (ABS) después de | Concentración Muestra 1 después de precipitación |
| 0,7751                                                 | 26,2696            | 0,1/10             | 2626,9625                                            | 0,0103                              | 0,1672                                           |
| problema 2 (ABS)                                       | problema 2 (ppm)   | Factor de dilución | Concentración Muestra 2 antes de precipitación (ppm) | (ABS) después de precipitación      | después de precipitación (ppm)                   |
| 0,4591                                                 | 15,4846            | (5/10)(0,1/10)     | 3096,9283                                            | 0,0064                              | 0,0341                                           |
| Porcentaje de remoción de Cromo en la muestra problema |                    |                    |                                                      |                                     | 99,9936                                          |
| Porcentaje de remoción de Cromo en la muestra problema |                    |                    |                                                      |                                     | 99,9989                                          |

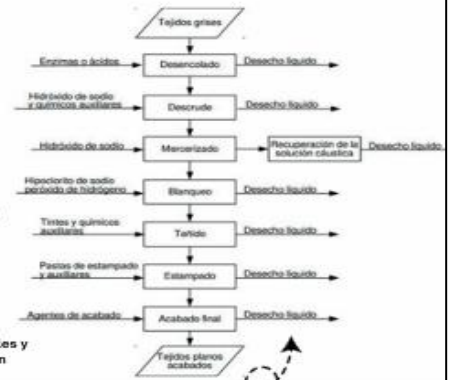
# INDUSTRIA TEXTIL EN COLOMBIA

En particular, Colombia, según cifras del Registro Único Empresarial y Social (RUES), cuenta con 35.111 empresas de confecciones, 215 de hilados y 7.294 de textil, de las cuales aproximadamente el 99,7 % son micro, pequeñas y medianas.



- (1399) Fabricación de otros artículos textiles
- (1312) Tejeduría de productos textiles
- (1311) Preparación e hilatura de fibras textiles
- (1313) Acabado de productos textiles
- (1392) Confección de artículos con materiales textiles, excepto prendas
- (1393) Fabricación de tapetes y alfombras para pisos
- (1391) Fabricación de tejidos de punto y ganchillo
- (1394) Fabricación de cuerdas, cordeles, cables, bramantes y redes

Ramírez, J. (2023). Tratamiento de aguas residuales y problemáticas ambientales del sector textil en Colombia



La legislación colombiana, en el Decreto 1076 de 2015 (Departamento Administrativo de la Función Pública, 2015), incluye a estos residuos peligrosos en la industria textil

## ¿DE QUÉ MANERA CONTRIBUYE A LA PROBLEMÁTICA EXPUESTA?

Impacto sobre la calidad del agua



Aplicación práctica en la industria



Los resultados experimentales obtenidos demuestran una eficiencia de remoción cercana al 100%, lo que indica un gran potencial para reducir drásticamente los niveles de contaminación. La implementación de tecnologías basadas en este enfoque permitiría garantizar el cumplimiento de las normativas ambientales, protegiendo así los ecosistemas y la salud de las persona.

Este enfoque experimental no solo aborda la problemática en el laboratorio, sino que ofrece una solución práctica que puede ser aplicada en un campo más amplio, además, la adopción de estas tecnologías permitiría a las industrias cumplir con las normativas, como las establecidas en la Resolución 631 de 2015, que regula los vertimientos en cuerpos de agua en Colombia y podrían considerar la implementación de este tipo de tecnologías para tratar sus aguas residuales

## ¿CÓMO SE VINCULA EL DESARROLLO SOSTENIBLE EN EL TRABAJO REALIZADO?

Protección del medio ambiente

Industria Responsable

Formación educativa

Innovación tecnológica

ODS 6: Agua limpia y saneamiento

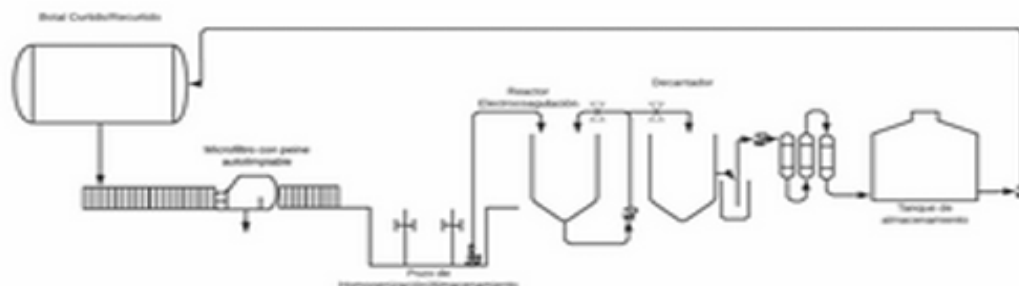
ODS 12: Producción y consumo responsables

ODS 4: Educación de calidad

ODS 9: Industria, innovación e infraestructura

Informe de inversión social para el desarrollo sostenible - (2022-2023).

## ¿QUÉ OTRAS ALTERNATIVAS PROPONDRÍAN PARA DAR SOLUCIÓN A LA PROBLEMÁTICA EXPUESTA?



## CONCLUSIONES

- Se determinó que para el caso de las muestras 1 y 2, hubo una remoción del 99,9% de cromo (III), lo cual indica que el hidróxido de sodio tiene una alta capacidad de adsorción, formando de manera óptima un precipitado correspondiente a el hidroxido de cromo en un rango de pH entre 6,3 y 9,5 según los datos obtenidos en el laboratorio.
- Por medio de la práctica de laboratorio se establecieron satisfactoriamente las relaciones entre las temáticas abordadas en clase a un estudio de caso de un agente contaminante y métodos analíticos para la resolución de la problemática planteada.
- Por medio del espacio brindado por la práctica, se hizo una revisión bibliográfica en cuanto a algunos aspectos de la industria textil en Colombia como las normativas que rigen a dicha industria.

## BIBLIOGRAFÍA

- Sánchez, E., Almicar, D., Mariño, J., Campos, M., & Pinglo, M. (2019). Tratamiento de recirculación de cromo con membranas de nanofiltración. Instituto Tecnológico de la Producción. <https://revistas.itp.gob.pe/index.php/ritp/article/view/35/1237>
- Ramírez, J. (2023). Tratamiento de aguas residuales y problemáticas ambientales del sector textil en Colombia: una revisión. Informador Técnico, 87(1), 82-106. <https://doi.org/10.23850/22565035.5304>
- De empresarias, C., & la Agenda Mundial, E. y. E. en el E. de C. a. (s/f). Informe de inversión social para el desarrollo sostenible. Org.mx. Recuperado el 25 de septiembre de 2024, de [https://fechac.org.mx/app\\_fechac/\\_files/\\_img/\\_documents/012821-160142\\_rf-1-03compromisodefchacconlosodsrev1.pdf?gad\\_source=1&gclid=CjwKCAjw6c63BhAiEiwAF0EH1DSZxR1I8NVFN\\_FbQnhHVAhekBWq-ktod8oRtCU-xggkEbbT56FEXhoCtWMQAvD\\_BwE](https://fechac.org.mx/app_fechac/_files/_img/_documents/012821-160142_rf-1-03compromisodefchacconlosodsrev1.pdf?gad_source=1&gclid=CjwKCAjw6c63BhAiEiwAF0EH1DSZxR1I8NVFN_FbQnhHVAhekBWq-ktod8oRtCU-xggkEbbT56FEXhoCtWMQAvD_BwE)

**Anexo L.** Herramienta de diseño gráfico del GT3 – Socialización resultados obtenidos (Recubrimientos Metálicos).



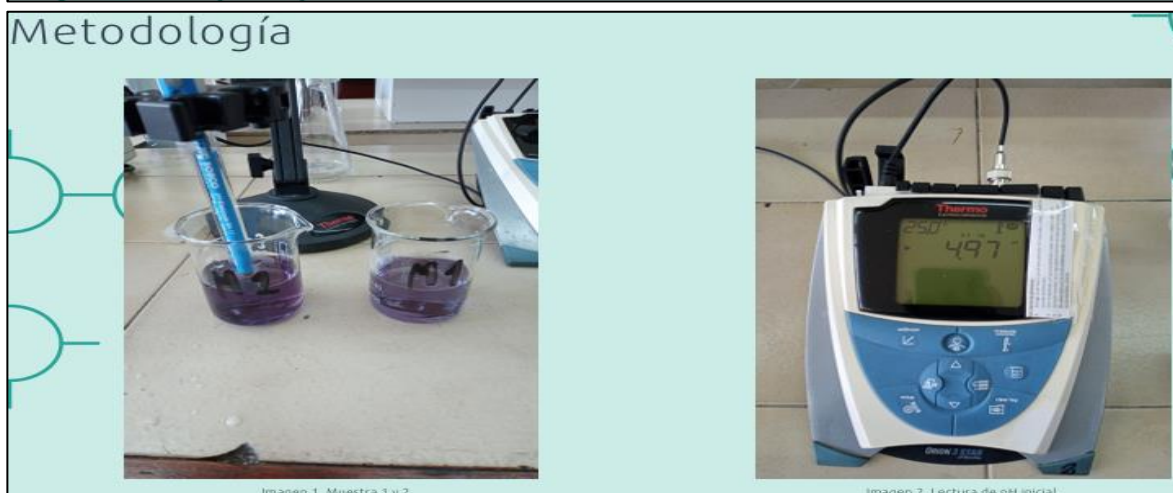
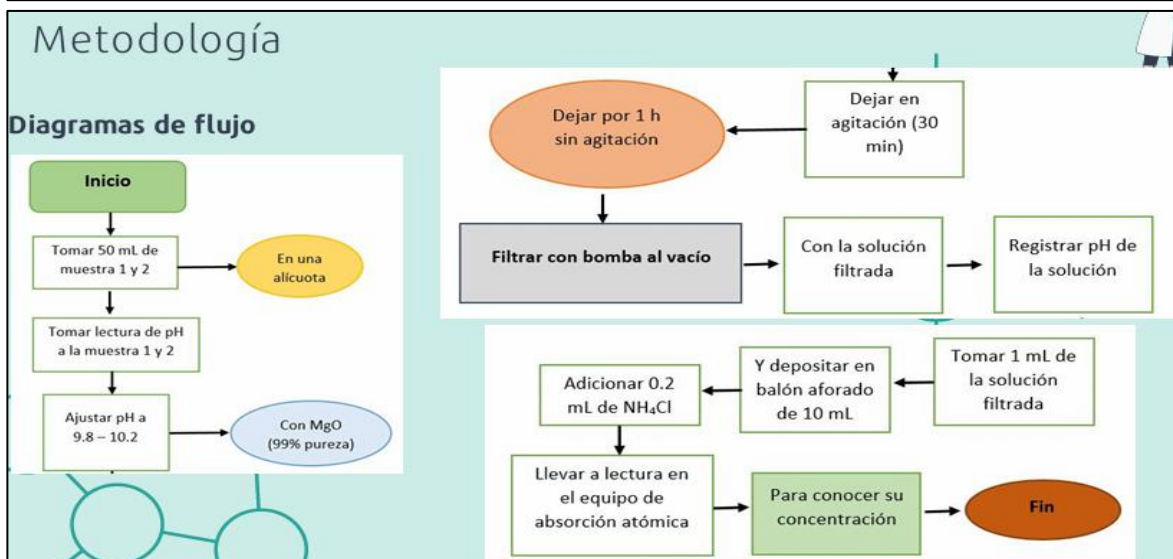
UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL  
Educadora de Educadores

# UNA PROPUESTA PARA EL SANEAMIENTO DEL AGUA

## Precipitación de Cromo (III)

**Presentado por:**  
Daniel Carrillo, Camilo Parra



## Metodología



Imagen 3. Reactivo MgO (99% pureza).

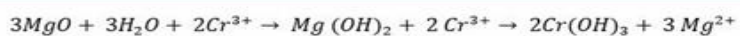


Imagen 4. Cambio de pH y coloración de la muestra 1 y 2.

## Resultados



## Resultados



$$\text{Mp1} = 26.289 \text{ ppm} \quad C_i = \left(\frac{C_f}{f_d}\right) \quad C_i = \left(\frac{26.289 \text{ ppm}}{\left(\frac{0.1 \text{ mL}}{10 \text{ mL}}\right)}\right) \quad C_i = 2628.9 \text{ ppm}$$

**Valor Promedio de la Concentración Mp1 = 0.0228 ppm Cr (III)**

$$\% \text{ Remoción Mp1} = \left(\frac{C_i - C_f}{C_i}\right) \quad \% = \left(\frac{2628.9 \text{ ppm} - 26.289 \text{ ppm}}{2628.9 \text{ ppm}}\right) = 99\%$$

$$\text{Mp2} = 15.497 \text{ ppm} \quad C_i = \left(\frac{C_f}{f_d}\right) \quad C_i = \left(\frac{15.497 \text{ ppm}}{\left(\frac{5 \text{ mL}}{10 \text{ mL}}\right)\left(\frac{0.1 \text{ mL}}{10 \text{ mL}}\right)}\right) \quad C_i = 3099.44 \text{ ppm}$$

**Valor Promedio de la Concentración Mp2 = 0.0045 ppm Cr (III)**

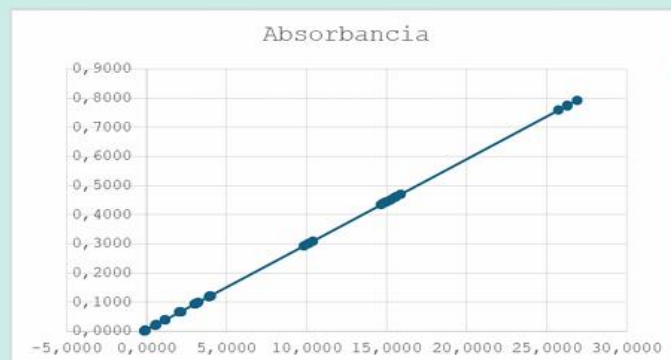
$$\% \text{ Remoción Mp2} = \left(\frac{C_i - C_f}{C_i}\right) \quad \% = \left(\frac{3099.44 \text{ ppm} - 0.0045 \text{ ppm}}{3099.44 \text{ ppm}}\right) = 99\%$$

Imagen 9. Reacción química, concentración y % de remoción de cromo.

## Resultados

| Conc (mg/L)<br>(Muestra) | Absorbancia   |
|--------------------------|---------------|
| -0,1673                  | 0,0005        |
| -0,1605                  | 0,0007        |
| -0,1639                  | 0,0006        |
| <b>-0,1639</b>           | <b>0,0006</b> |
| -0,0819                  | 0,0030        |
| -0,0785                  | 0,0031        |
| -0,0785                  | 0,0031        |
| <b>-0,0796</b>           | <b>0,0031</b> |
| 0,5329                   | 0,0210        |
| 0,5909                   | 0,0227        |
| 0,5704                   | 0,0221        |
| <b>0,5647</b>            | <b>0,0219</b> |
| 1,1579                   | 0,0393        |
| 1,1579                   | 0,0393        |
| 1,1272                   | 0,0384        |
| <b>1,1477</b>            | <b>0,0390</b> |
| 2,0664                   | 0,0659        |
| 2,1416                   | 0,0681        |
| 2,0630                   | 0,0658        |
| <b>2,0903</b>            | <b>0,0666</b> |

Tabla 1. Datos obtenidos.



Gráfica 1. Concentración (mg/L) de muestra y absorbancia.

## Análisis de resultados

### ¿Cómo se vincula el desarrollo sostenible en el trabajo realizado?

Se relaciona de manera directa con la reducción de la contaminación del recurso hídrico, contribuyendo a la limpieza de aguas residuales y mejorando la calidad del agua. Esto ayuda a proteger ecosistemas y la salud humana, que es un objetivo fundamental del desarrollo sostenible.

Dentro de esta perspectiva, al precipitar el cromo, se pueden recuperar metales valiosos, que promueve el uso eficiente de los recursos naturales y mediante la práctica de laboratorio existen oportunidades para enseñar a los estudiantes sobre la importancia de la gestión adecuada de residuos y la prevención de la contaminación (Rama, Miquel & García, 2014).

## Análisis de resultados

### Mediante el trabajo experimental realizado ¿de qué manera contribuye a la problemática expuesta? – explique detalladamente.

Permite desarrollar y optimizar técnicas de precipitación química para eliminar cromo de soluciones contaminadas, buscando métodos más eficientes y menos costosos mediante el análisis de muestras para detectar y cuantificar la presencia de cromo en suelos, aguas y residuos industriales, lo que ayuda a evaluar la extensión de la contaminación (Barroso, Mantilla & Pérez, 2019).

Dentro de esta perspectiva, es posible utilizar reactivos que favorezcan la precipitación del cromo, como sulfatos, carbonatos o hidróxidos, que facilitan su transformación en compuestos menos tóxicos promoviendo prácticas seguras y la importancia de su control en la industria (Barroso, Mantilla & Pérez, 2019).

## Análisis de resultados

**De las sesiones abordadas, enuncie: ¿el trabajo realizado aporta en su formación como futuro docente?**

Las sesiones abordadas y el trabajo realizado nos permiten tener un acercamiento y un aprendizaje más práctico al aplicar conceptos teóricos a situaciones reales, facilitando una comprensión más profunda de la química, biología y ecología involucradas en el tratamiento de aguas.

A su vez, el desarrollo de competencias posibilita trabajar en proyectos de saneamiento, para adquirir habilidades en investigación, análisis de datos, trabajo en equipo y resolución de problemas, que son esenciales en el ámbito educativo (Rama, Miquel & García, 2014).

## Conclusiones

La práctica experimental y el trabajo realizado demostraron que la precipitación química es un método eficaz para eliminar cromo de soluciones contaminadas, de manera que las variaciones en las condiciones experimentales (como pH y concentración de reactivos) tienen una trascendencia en la eficiencia del proceso porque al comparar las dos muestras, se observaron diferencias significativas en la concentración de cromo antes y después del tratamiento.

Esto resalta la importancia de realizar un análisis previo para ajustar el método de precipitación según las características específicas de cada muestra. Por otra parte, los resultados obtenidos evidencian que el control de variables, como la temperatura y el tiempo de reacción, son cruciales para maximizar la precipitación del cromo, y la optimización de estas condiciones puede mejorar la eficiencia y reducir costos considerables en las diferentes aplicaciones industriales.

## Referencias Bibliográficas

- Barroso, Y. M. M., Mantilla, P. A. P., & Pérez, J. F. B. (2019). Remoción de cromo en aguas residuales industriales mediante el uso de biomasa de *Spirulina* sp, sedimentación primaria y precipitación química. Revista de investigación agraria y ambiental, 10(1), 141-152. Disponible en: <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/2326>
- Duque Arias, O. D. J. (2019). Diseño de un sistema de Recuperación de cromo en el proceso de curtiembre de cuero al cromo en Curtiembres Búfalo. Disponible en: [https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/15660/1/DuqueOney\\_2019\\_Dise%C3%B1oSistemaRecuperacion.pdf](https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/15660/1/DuqueOney_2019_Dise%C3%B1oSistemaRecuperacion.pdf)
- Mayta, R., & Mayta, J. (2017). Remoción de cromo y demanda química de oxígeno de aguas residuales de curtiembre por electrocoagulación. Revista de la Sociedad Química del Perú, 83(3), 331-340. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-634X2017000300008&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-634X2017000300008&script=sci_arttext&tlng=en)
- Rama, A. M., Miquel, T., & García, E. T. (2014). Depuración de Cromo III en aguas residuales que contienen alta carga proteica. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Ana-Moral/publication/267335276\\_Depuracion\\_de\\_Cromo\\_III\\_en\\_aguas\\_residuales\\_que\\_contiene\\_n\\_alta\\_carga\\_proteica/links/544cd70f0cf2d6347f449e8e/Depuracion-de-Cromo-III-en-aguas-residuales-que-contienen-alta-carga-proteica.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Ana-Moral/publication/267335276_Depuracion_de_Cromo_III_en_aguas_residuales_que_contiene_n_alta_carga_proteica/links/544cd70f0cf2d6347f449e8e/Depuracion-de-Cromo-III-en-aguas-residuales-que-contienen-alta-carga-proteica.pdf)
- Téllez, M. J., Carvajal, R. M. & Gaitán, A. M. (2006). Aspectos toxicológicos relacionados con la utilización del cromo en el proceso productivo de curtiembres. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/74585/43297-201075-1-PB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



**Anexo M. Cuestionario - Resultados Trabajo práctico - Una propuesta para el saneamiento del agua**

**Resultados Trabajo práctico - Una propuesta para el saneamiento del agua**

**Nombres y Apellidos:** \_\_\_\_\_ **Fecha:** \_\_\_\_\_

Respetado estudiante, el siguiente cuestionario tiene por objeto conocer los resultados obtenidos en el desarrollo de la práctica experimental de laboratorio mediante una serie de interrogantes. De este modo se solicita de su colaboración para el diligenciamiento correspondiente de manera individual. La información recolectada en el instrumento será utilizada única y exclusivamente para fines investigativos, por lo cual, se le invita a analizar y responder cada una de las interrogantes que se presentan.

**1. ¿Obtuvo precipitación de cromo (III)?, explique detalladamente dicho proceso.**

---

---

---

---

**2. Describa detalladamente ¿por qué el cromo es uno de los contaminantes más perjudiciales para el ser humano?**

---

---

---

---

**3. Mediante el trabajo experimental realizado ¿de qué manera contribuye a la problemática expuesta? – explique detalladamente.**

---

---

---

---

**4. ¿Considera que las técnicas de precipitación química son importantes en los procesos industriales? – Justifique su respuesta detalladamente.**

---

---

---

---

5. Desde su perspectiva como futuro docente, ¿considera que es importante abordar problemáticas ambientales que relacionan la contaminación del recurso hídrico, por qué? – Explique de qué manera lo contextualizaría en un aula de clase.

---

---

---

6. De las sesiones abordadas, enuncie: ¿el trabajo realizado aporta en su formación como futuro docente? – explique detalladamente.

---

### Bibliografía

Gómez Aguilar, D. L. (2019). *Bioadsorción de Mn (II), Zn (II), Pb (II), Cr (III y VI) con Residuos Lignocelulósicos en Aguas Residuales. Una aplicación en Curtiembres* (Tesis Doctoral). Universidad de Manizales. <https://ridum.umanizales.edu.co/handle/20.500.12746/4193>.

Joseman. (2024, 24 abril). Contaminación Industrial causas, efectos y consecuencias [current\_date format='F, Y']. EMAGEN. <https://emagen.com.mx/contaminacion/efectos-de-contaminacion-industrial/>

Islam, M., Rahaman, A., Mahdi, M. y Mallik, D. (2021) Removal of Cr(III) and other pollutants from tannery wastewater by *Moringa stenopetala* seed. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 6(44), 1-10.

Reyes-Serrano, A., López-Alejo, J. E., Hernández-Cortázar, M. A., y Elizalde, I. (2020). Removing contaminants from tannery wastewater by chemical precipitation 40 using CaO and Ca(OH)<sub>2</sub>, *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 28(1), 1107-1111

**Anexo N.** Instrumento de cierre – estado final de la competencia para el desarrollo sostenible - (Toma de Decisiones Colaborativa).

### **INSTRUMENTO DE CIERRE – ESTADO FINAL DE LA COMPETENCIA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE - (Toma de Decisiones Colaborativa)**

Respetado estudiante, el siguiente cuestionario tiene por objeto conocer el estado final competencia "Toma de Decisiones Colaborativa" mediante una serie de interrogantes que se presentaran a lo largo del formulario. De este modo se solicita de su colaboración para el diligenciamiento correspondiente, en función a las actividades desarrolladas durante toda la implementación. La información recolectada en el presente instrumento será utilizada única y exclusivamente para fines investigativos, por lo cual, se le invita a analizar y responder cada una de las interrogantes que se presentan.

La información recolectada en el presente instrumento será utilizada única y exclusivamente para fines investigativos, por lo cual, se le invita a analizar y responder cada una de las interrogantes que se presentan.

**Nombres y Apellidos**\_\_\_\_\_ **Fecha**\_\_\_\_\_

#### **Caso de estudio en el sector de las curtiembres**

El departamento de Antioquia fue la región donde se realizaron las primeras actividades del sector de las curtiembres, con algún grado de organización empresarial en los años veinte. En la actualidad, el departamento de Cundinamarca y Bogotá concentran el 80% del total de las curtiembres existentes en el país, con una producción promedio de 103.000 cueros, que equivalen al 38% del total nacional. Posteriormente, se ha generado un incremento de pequeñas industrias curtidoras, particularmente en el barrio San Benito, donde se emplean grandes cantidades de agua para realizar el proceso de curtido, generando impactos ambientales, sociales y en la salud de los residentes de la zona (Martínez y Romero, 2017).

Después del proceso de curtido en las aguas residuales resultantes, el agente químico con mayor presencia es el Cromo en su forma trivalente Cr (III). El uso indiscriminado e ineficiente de agua para el procesamiento del cuero, 1000 litros de agua por cada cuero procesado aproximadamente crean un volumen considerable de desechos líquidos y sólidos que se vierten constantemente a los cuerpos hídricos. (Silva y Morales, 2022). A partir de lo expuesto, se presentan las siguientes situaciones:

**1.** Los habitantes quienes residen cerca de las zonas de los procesos del curtido (zona residencial), constantemente se quejan de los malos olores que se presenta

a diario en la zona, debido a los procesamientos del cuero, generando malestares y problemas en la salud.

**2.** La gran cantidad de vertimientos en los cuerpos de agua se debe a que las empresas no cuentan con plantas de tratamiento ni con ningún tipo de tecnología o proceso que logre reducir las elevadas concentraciones de cromo que se producen en el proceso de curtido, generando impactos negativos en el medio ambiente y en la calidad del agua.

**3.** Las entidades ambientales Gubernamentales, ante las diversas situaciones, han decidido clausurar las pequeñas industrias, dado que no están cumpliendo con la normatividad de vertimientos, esto ha generado preocupación y malestar a los empresario y trabajadores del sector, dado que sus fuentes de ingreso para manutención provienen de sus empleos en dichas industrias.

**1. Teniendo presente las 3 problemáticas expuestas, proponga una solución para cada una de ellas.**

---

---

---

**2. ¿Cómo podría contribuir la Educación para el Desarrollo Sostenible frente a las diversas problemáticas que presenta la contaminación de las fuentes hídricas?**

---

---

---

**3. Desde su rol como futuro docente ¿qué estrategias implementaría para abordar la problemática del impacto de la industria de las curtiembres en la contaminación del medio ambiente en el aula?**

---

---

---

**4. Tenido presente las problemáticas expuestas en el caso de estudio, la empresa “Cromanal y curtidos S.A.S”, lo convoca con el fin de poder solventar particularmente la problemática que involucra los vertimientos. Explique al menos 2 metodologías para poder solventar los vertimientos de cromo (III) a los efluentes del agua.**

---

---

---

5. Desde su labor como futuro docente, ¿cómo contextualizaría en el aula de clase, la problemática de la contaminación de cromo en las fuentes hídricas causa de las industrias, vinculando el aspecto social, económico y ambiental?

---

---

---

---

6. ¿De qué manera contribuyó el abordaje de las sesiones y actividades de trabajo, en su formación docente?

---

---

---

---

7. Realice una reflexión desde su posición como docente en formación, con respecto a las posibles soluciones que se pueden generar en los problemas de contaminación industrial. (Tenga en cuenta todas las sesiones de trabajo desarrolladas).

---

---

---

---

### Referencias Bibliográficas

- Martínez Buitrago, S. Y., y Romero Coca, J. A. (2017). Revisión del estado actual de la industria de las curtiembres en sus procesos y productos: un análisis de su competitividad. *Revista Facultad de Ciencias Económicas*, 26(1). doi:10.18359/rfce.2357
- Gómez Aguilar, D. L. (2019). *Bioadsorción de Mn (II), Zn (II), Pb (II), Cr (III y VI) con Residuos Lignocelulósicos en Aguas Residuales. Una aplicación en Curtiembres* (Tesis Doctoral). Universidad de Manizales. <https://ridum.umanizales.edu.co/handle/20.500.12746/4193>.
- Silva, M. J., y Salinas Morales, D. . (2022). La contaminación proveniente de la industria curtiembre, una aproximación a la realidad ecuatoriana. *Revista Científica UISRAEL*, 9(1), 69–80. <https://doi.org/10.35290/rcui.v9n1.2022.427>

**Anexo O.** Rubrica de Validación instrumentos por parte de los expertos.

## **INSTRUMENTO DE CARACTERIZACIÓN - COMPETENCIAS PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE**

### **(Toma de Decisiones Colaborativa)**

Respetado estudiante, el siguiente cuestionario tiene por objeto caracterizar el estado inicial de la competencia "Toma de Decisiones Colaborativa) mediante una serie de actividades e interrogantes que se presentaran a lo largo del presente instrumento. De este modo se solicita de su colaboración para el diligenciamiento correspondiente. La información recolectada en el presente instrumento será utilizada única y exclusivamente para fines investigativos, por lo cual, se le invita a analizar y responder cada una de las interrogantes que se presentan. Para el desarrollo del cuestionario contará con 40 minutos.

La información recolectada en el presente instrumento será utilizada única y exclusivamente para fines investigativos, por lo cual, se le invita a analizar y responder cada una de las interrogantes que se presentan.

**Nombres y Apellidos**\_\_\_\_\_ **Fecha**\_\_\_\_\_

### **Impacto de la industria en la contaminación del medio ambiente**

El desarrollo industrial de un territorio puede inducir una fuerte reactivación socioeconómica y mejoras en la calidad de vida de la población, también es capaz de ocasionar importantes modificaciones del entorno y diversas formas de contaminación del aire, las aguas y los suelos, agotamiento de recursos naturales y su degradación. Todo ello influirá negativamente, de forma directa o indirecta sobre el bienestar y la calidad de vida. Se han encontrado numerosos ejemplos de la enérgica implementación de procesos de industrialización en diversos países y territorios en aras de lograr un rápido desarrollo industrial y económico, pero sin considerar en su justa magnitud sus posibles impactos en el ambiente, cuyas consecuencias sobre la salud resultaron a veces rápidamente evidente. (Suárez, et al., 2014).

Particularmente, la contaminación de las aguas es uno de los aspectos más preocupantes de la degradación de los medios naturales por parte de la civilización contemporánea. Los estudios sobre aguas residuales confirman que la contaminación tiene, generalmente, un origen químico. Los principales agentes contaminantes son pesticidas, hidrocarburos y metales pesados. Los metales pueden provenir de efluentes urbanos y de fuentes industriales (Duarte, et al., 2009).

1. Teniendo presente los anteriores fragmentos ¿cuáles considera que son las causas fundamentales de la contaminación por parte de las industrias?

---



---



---



---



---



---

2. Teniendo presente el siguiente cuadro, mencione 3 aspectos por cada una de las situaciones planteadas en función a “¿Qué consecuencias puede ocasionar?”

| Situación                             | ¿Qué consecuencias puede ocasionar? |
|---------------------------------------|-------------------------------------|
| 1. Residuos en proceso de manufactura |                                     |
| 2. Desechos Químicos                  |                                     |
| 3. Contaminación del agua             |                                     |
| 4. Contaminación en el suelo          |                                     |

3. A continuación, se presentará un listado de industrias que tienen un alto impacto en la economía de un país. Según su percepción seleccione las 4 industrias que generan una mayor contaminación principalmente en las fuentes hídricas.

- |                             |                               |
|-----------------------------|-------------------------------|
| a. Fertilizantes            | g. Procesos de curtido        |
| b. Colorantes               | h. Energía térmica            |
| c. Recubrimientos metálicos | i. Procesamiento de Alimentos |
| d. Plaguicidas              | j. Textiles                   |
| e. Refinerías de Petróleo   |                               |
| f. Papel y pulpa            |                               |
| k. Refinería del azúcar     |                               |

### **Caso de Estudio (Problemas con la industrialización)**

En la actualidad, el departamento de Cundinamarca y Bogotá concentran un 80% del total de las industrias en el país, con una producción efectiva elevada y en función a las necesidades de los habitantes. En general los procesos y el avance en tecnificación han logrado mejorar la industrialización. La CAR con sus respectivas investigaciones y mecanismos utilizados en la regulación les ha dado iniciativa a los empresarios para que promuevan mejores alternativas de procesamiento desde el punto de inversión

- a. Por una parte, los empresarios afirman que sus empresas necesitan tener más apoyo y seguimiento a nivel investigativo y económico, ya que los ingresos percibidos en sus negocios solamente hacen que ellos puedan satisfacer las necesidades básicas, razón por la que no cuentan con los recursos necesarios ni con los medios suficientes para lograr financiar sus plantas productivas y dar cumplimiento a normativas en vertimientos
- b. Por otra parte, es preciso señalar para el caso de las aguas provenientes de los sectores industriales, no se les realizaba ningún tipo de tratamiento, ya que las aguas residuales provenientes de los procesos de manufactura son descargadas directamente al río Bogotá, generando un aporte elevado en concentraciones de cromo (1364,45 mg/L) aproximadamente, superando el límite máximo permitido establecido por el Art. 13 de la Resolución 631 de 2015 MADS el cual es (1,5 mg/L) y por ende, generando diversos problemas en la salud de los residentes de la zona.

Fragmentos tomados y adaptados de Martínez Buitrago y Romero Coca (2018).

- 4. Teniendo presente el caso anterior, mencione de qué forma se ven impactados los sectores ambiental, social y económico por parte de la situación presentada.**

---

---

---

- 5. Teniendo presente los fragmentos presentados anteriormente, plantee dos formas para solucionar las problemáticas 1 y 2 presentadas en el texto.**

**a.**

---

---

---

---

b.

---

---

---

---

Por grupos de trabajo, responda las preguntas 6 y 7 que se presentan a continuación:

6. Una vez presentado el vídeo “Río Bogotá desde el aire” escriban una pequeña reflexión sobre las problemáticas expuestas en él.

---

---

---

---

7. Desde su rol como futuro docente ¿qué estrategias implementarían para abordar la problemática del impacto de la industria en la contaminación del medio ambiente en el aula?

---

---

---

---

### Referencias Bibliográficas

Suárez Tamayo, S., y Molina Esquivel, E. (2014). El desarrollo industrial y su impacto en el medio ambiente. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 52(3), 357-363.

Duarte R., E., Olivero Verbel, J., y Jaramillo C., B. E. (2009). Remoción de cromo de aguas residuales de curtiembres usando quitosan obtenido de desechos de camaron. *Scientia Et Technica*, XV(42), 290-295.

Martínez Buitrago, S. Y., y Romero Coca, J. A. (2017). Revisión del estado actual de la industria de las curtiembres en sus procesos y productos: un análisis de su competitividad. *Revista Facultad de Ciencias Económicas*, 26(1). doi:10.18359/rfce.2357

Gómez Aguilar, D. L. (2019). *Bioadsorción de Mn (II), Zn (II), Pb (II), Cr (III y VI) con Residuos Lignocelulósicos en Aguas Residuales. Una aplicación en Curtiembres* (Tesis Doctoral). Universidad de Manizales. <https://ridum.umanizales.edu.co/handle/20.500.12746/4193>.

Con el fin de Caracterizar el estado inicial de la competencia para el desarrollo sostenible -TDC, se presenta la siguiente matriz, la cual vincula la pregunta del instrumento con el componente de la competencia a desarrollar.

| Competencia: Toma de decisiones colaborativas                                                                                                                                                                                                |                                       |                      |                    |     |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|----------------------|--------------------|-----|-----|
| Interrogante                                                                                                                                                                                                                                 | Componente de la competencia          | Dimensión            | Nivel de Desempeño |     |     |
|                                                                                                                                                                                                                                              |                                       |                      | (1)                | (2) | (3) |
| (1) Teniendo presente los anteriores fragmentos ¿cuáles considera que son las causas fundamentales de la contaminación por parte de las industrias?                                                                                          | Análisis Argumentativo                | Conocer y Comprender | P.A                | P.A | P.A |
| (2) Teniendo presente el siguiente cuadro, mencione 3 aspectos por cada una de las situaciones planteadas en función a “¿Qué consecuencias puede ocasionar?”                                                                                 |                                       |                      | P.A                | P.A | P.A |
| (3) A continuación, se presentará un listado de industrias que tienen un alto impacto en la economía de un país. Según su percepción seleccione las 4 industrias que generan una mayor contaminación principalmente en las fuentes hídricas. |                                       |                      | P.A                | P.A | P.A |
| (4) Teniendo presente el caso anterior, mencione de qué forma se ven impactados los sectores ambiental, social y económico por parte de la situación presentada.                                                                             | Pensamiento crítico ante situaciones. | Saber Actuar         | P.A                | P.A | P.A |
| (5) Teniendo presente los fragmentos presentados anteriormente, plantee dos formas para solucionar las problemáticas 1 y 2 presentadas en el texto.                                                                                          |                                       |                      | P.A                | P.A | P.A |
| (6) Una vez presentado el vídeo “Río Bogotá desde el aire” escriban una pequeña reflexión sobre las problemáticas expuestas en él.                                                                                                           | Resolución de problemas en conjunto   | Saber Ser            | P.A                | P.A | P.A |
| (7)¿qué estrategias implementarían para abordar la problemática del impacto de la industria en la contaminación del medio ambiente en el aula?                                                                                               |                                       |                      | P.A                | P.A | P.A |
| TOTAL, PUNTOS                                                                                                                                                                                                                                |                                       |                      | P.A                |     |     |
| Niveles de desempeño:                                                                                                                                                                                                                        |                                       |                      |                    |     |     |
| (1) - (Aprobado) - (1-6 puntos); (2) - (Notable) (7-12 Puntos); (3) – (Sobresaliente) (13-18 Puntos)                                                                                                                                         |                                       |                      |                    |     |     |
| *PA - (Por Asignar)                                                                                                                                                                                                                          |                                       |                      |                    |     |     |

## RUBRICA PARA: INSTRUMENTO DE CARACTERIZACIÓN – COMPETENCIAS PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE

La siguiente rúbrica fue diseñada para evaluar el instrumento titulado “instrumento de caracterización - competencias para el desarrollo sostenible”, el cuestionario tiene por objeto caracterizar el estado inicial de la competencia (Toma de Decisiones Colaborativa) mediante una serie de actividades e interrogantes que se presentaran a lo largo del presente instrumento.

La presente rúbrica busca realizar la validación de los siguientes instrumentos: el cuestionario y su rúbrica de evaluación correspondiente. Estos instrumentos se validarán bajo juicio de pares expertos, quienes desempeñarán un papel importante, garantizando la calidad, confiabilidad, claridad y relevancia de estos.

| Criterios                      |                                                                                                       | Componentes de la Competencia |    |    |                                       |    |                                     |    | Observaciones                                                                                                                                 |
|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----|----|---------------------------------------|----|-------------------------------------|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                |                                                                                                       | Análisis Argumentativo        |    |    | Pensamiento crítico ante situaciones. |    | Resolución de problemas en conjunto |    |                                                                                                                                               |
|                                |                                                                                                       |                               |    |    |                                       |    |                                     |    |                                                                                                                                               |
|                                |                                                                                                       | Preguntas                     |    |    | Preguntas                             |    | Preguntas                           |    |                                                                                                                                               |
| 1                              | 2                                                                                                     | 3                             | 4  | 5  | 6                                     | 7  |                                     |    |                                                                                                                                               |
| 1. Claridad y Coherencia       | ¿Las preguntas son claras y comprensibles?                                                            | SI                            | SI | SI | SI                                    | SI | SI                                  | SI | N/A                                                                                                                                           |
|                                | ¿Existe coherencia en la progresión de las preguntas?                                                 | SI                            | SI | SI | SI                                    | SI | SI                                  | SI | N/A                                                                                                                                           |
| 2. Relevancia de las preguntas | ¿Las preguntas permiten caracterizar la competencia mediante los indicadores propuestos?              | SI                            | SI | NO | SI                                    | SI | SI                                  | SI | Recomendaría abordarlo como un sondeo, ya que es una pregunta selección múltiple y no da cuenta del desarrollo de una competencia /componente |
|                                | ¿La estructura de las preguntas, se relacionan adecuadamente con los componentes de las competencias? | SI                            | SI | NO | SI                                    | SI | SI                                  | SI |                                                                                                                                               |
| 3. Pertinencia y Suficiencia   | ¿La rúbrica proporciona criterios claros y transparentes para la evaluación de las respuestas?        | SI                            | SI | SI | SI                                    | SI | SI                                  | SI | Para la pregunta 7, sugiero enunciarla desde la perspectiva                                                                                   |

| Criterios                                   |                                                                        | Componentes de la Competencia                                                                                                                                                                 |    |    |                                       |    |                                     |    | Observaciones                                                                                                                               |     |
|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|---------------------------------------|----|-------------------------------------|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
|                                             |                                                                        | Análisis Argumentativo                                                                                                                                                                        |    |    | Pensamiento crítico ante situaciones. |    | Resolución de problemas en conjunto |    |                                                                                                                                             |     |
|                                             |                                                                        | Preguntas                                                                                                                                                                                     |    |    | Preguntas                             |    | Preguntas                           |    |                                                                                                                                             |     |
|                                             |                                                                        | 1                                                                                                                                                                                             | 2  | 3  | 4                                     | 5  | 6                                   | 7  |                                                                                                                                             |     |
|                                             | ¿Las preguntas son suficientes para caracterizar las competencias TDC? | SI                                                                                                                                                                                            | SI | SI | SI                                    | SI | SI                                  | SI | docente, con el fin de vincular el componente de manera más específica, pues se está trabajando con una población de docentes en formación. |     |
| Consideraciones Generales                   |                                                                        |                                                                                                                                                                                               |    |    |                                       |    |                                     |    | Sí                                                                                                                                          | No  |
| 1. Claridad y Coherencia                    |                                                                        |                                                                                                                                                                                               |    |    |                                       |    |                                     |    | X                                                                                                                                           | N/A |
| 2. Relevancia de las preguntas              |                                                                        |                                                                                                                                                                                               |    |    |                                       |    |                                     |    | X                                                                                                                                           | N/A |
| 3. Pertinencia y Suficiencia                |                                                                        |                                                                                                                                                                                               |    |    |                                       |    |                                     |    | X                                                                                                                                           | N/A |
| ¿Considera que el instrumento es Aplicable? |                                                                        | Es aplicable para para los objetivos propuestos en la investigación, permiten conocer un primer estado de caracterización.                                                                    |    |    |                                       |    |                                     |    |                                                                                                                                             |     |
| Modificaciones sugeribles                   |                                                                        | Sugiero, la construcción de otro instrumento, en función la conceptualización del Desarrollo sostenible y la Competencias para el Desarrollo Sostenible, ya que es uno de los temas centrales |    |    |                                       |    |                                     |    |                                                                                                                                             |     |
| Observaciones generales                     |                                                                        | Preciso atender las indicaciones mencionadas.                                                                                                                                                 |    |    |                                       |    |                                     |    |                                                                                                                                             |     |

**Nombre del evaluador:** Nelson Waldo Barrera Rico. Licenciado en Química, Maestrante en Docencia de la Química

**Firma:** Nelson Waldo Barrera

**Fecha de la validación:** 12/08/2024

## **INSTRUMENTO DE CIERRE – ESTADO FINAL DE LA COMPETENCIA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE - (Toma de Decisiones Colaborativa)**

Respetado estudiante, el siguiente cuestionario tiene por objeto conocer el estado final competencia "Toma de Decisiones Colaborativa" mediante una serie de interrogantes que se presentaran a lo largo del formulario. De este modo se solicita de su colaboración para el diligenciamiento correspondiente, en función a las actividades desarrolladas durante toda la implementación. La información recolectada en el presente instrumento será utilizada única y exclusivamente para fines investigativos, por lo cual, se le invita a analizar y responder cada una de las interrogantes que se presentan.

La información recolectada en el presente instrumento será utilizada única y exclusivamente para fines investigativos, por lo cual, se le invita a analizar y responder cada una de las interrogantes que se presentan.

**Nombres y Apellidos**\_\_\_\_\_ **Fecha**\_\_\_\_\_

### **Caso de estudio en el sector de las curtiembres**

El departamento de Antioquia fue la región donde se realizaron las primeras actividades del sector de las curtiembres, con algún grado de organización empresarial en los años veinte. En la actualidad, el departamento de Cundinamarca y Bogotá concentran el 80% del total de las curtiembres existentes en el país, con una producción promedio de 103.000 cueros, que equivalen al 38% del total nacional. Posteriormente, se ha generado un incremento de pequeñas industrias curtidoras, particularmente en el barrio San Benito, donde se emplean grandes cantidades de agua para realizar el proceso de curtido, generando impactos ambientales, sociales y en la salud de los residentes de la zona (Martínez y Romero, 2017).

Después del proceso de curtido en las aguas residuales resultantes, el agente químico con mayor presencia es el Cromo en su forma trivalente Cr (III). El uso indiscriminado e ineficiente de agua para el procesamiento del cuero, 1000 litros de agua por cada cuero procesado aproximadamente crean un volumen considerable de desechos líquidos y sólidos que se vierten constantemente a los cuerpos hídricos. (Silva y Morales, 2022). A partir de lo expuesto, se presentan las siguientes situaciones:

1. Los habitantes quienes residen cerca de las zonas de los procesos del curtido (zona residencial), constantemente se quejan de los malos olores que se presenta a diario en la zona, debido a los procesamientos del cuero, generando malestares y problemas en la salud.
2. La gran cantidad de vertimientos en los cuerpos de agua se debe a que las empresas no cuentan con plantas de tratamiento ni con ningún tipo de

tecnología o proceso que logre reducir las elevadas concentraciones de cromo que se producen en el proceso de curtido, generando impactos negativos en el medio ambiente y en la calidad del agua.

3. Las entidades ambientales Gubernamentales, ante las diversas situaciones, han decidido clausurar las pequeñas industrias, ya que no están cumpliendo con la normatividad de vertimientos, esto ha generado preocupación y malestar a los empresario y trabajadores del sector, ya que sus fuentes de ingreso para manutención provienen de sus empleos en dichas industrias.

1. **Teniendo presente las 3 problemáticas expuestas, proponga una solución para cada una de ellas.**

---

---

---

---

2. **¿Cómo podría contribuir la Educación para el Desarrollo Sostenible frente a las diversas problemáticas que presenta la contaminación de las fuentes hídricas?**

---

---

---

---

3. **Desde su rol como futuro docente ¿qué estrategias implementaría para abordar la problemática del impacto de la industria de las curtiembres en la contaminación del medio ambiente en el aula?**

---

---

---

---

4. **Tenido presente las problemáticas expuestas en el caso de estudio, la empresa “Cromanal y curtidos S.A.S”, lo convoca con el fin de poder solventar particularmente la problemática que involucra los vertimientos. Explique al menos 2 metodologías para poder solventar los vertimientos de cromo (III) a los efluentes del agua.**

---

---

- 
- 
5. ¿Desde su labor como futuro docente, cómo contextualizaría en el aula de clase, la problemática de la contaminación de cromo en las fuentes hídricas causa de las industrias, vinculando el aspecto social, económico y ambiental?

- 
- 
6. ¿De qué manera contribuyó el abordaje de las sesiones y actividades de trabajo, en su formación docente?

- 
- 
7. Realice una reflexión desde su posición como docente en formación, con respecto a las posibles soluciones que se pueden generar en los problemas de contaminación industrial. (Tenga en cuenta todas las sesiones de trabajo desarrolladas).

---

---

---

### Referencias Bibliográficas

- Martínez Buitrago, S. Y., y Romero Coca, J. A. (2017). Revisión del estado actual de la industria de las curtiembres en sus procesos y productos: un análisis de su competitividad. *Revista Facultad de Ciencias Económicas*, 26(1). doi:10.18359/rfce.2357
- Gómez Aguilar, D. L. (2019). *Bioadsorción de Mn (II), Zn (II), Pb (II), Cr (III y VI) con Residuos Lignocelulósicos en Aguas Residuales. Una aplicación en Curtiembres* (Tesis Doctoral). Universidad de Manizales. <https://ridum.umanizales.edu.co/handle/20.500.12746/4193>.
- Silva, M. J., y Salinas Morales, D. (2022). La contaminación proveniente de la industria curtiembre, una aproximación a la realidad ecuatoriana. *Revista Científica UISRAEL*, 9(1), 69–80. <https://doi.org/10.35290/rcui.v9n1.2022.427>

Con el fin de Caracterizar el estado final de la competencia para el desarrollo sostenible -TDC, se presenta la siguiente matriz, la cual vincula la pregunta del instrumento con, el componente de la competencia a desarrollar.

| Competencia: Toma de decisiones colaborativas                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                            |                      |                    |     |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------|--------------------|-----|-----|
| Interrogante                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Componente de la competencia                               | Dimensión            | Nivel de Desempeño |     |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                            |                      | (1)                | (2) | (3) |
| (1) Teniendo presente las 3 problemáticas expuestas, proponga una solución para cada una de ellas.                                                                                                                                                                                                                                      | Análisis Argumentativo (AA)                                | Conocer y Comprender | PA                 | PA  | PA  |
| (2) ¿Cómo podría contribuir la Educación para el Desarrollo Sostenible frente a las diversas problemáticas que presenta la contaminación de las fuentes hídricas?                                                                                                                                                                       |                                                            |                      | PA                 | PA  | PA  |
| (7) Realice una reflexión desde su posición como docente en formación, con respecto a las posibles soluciones que se pueden generar en los problemas de contaminación industrial. (Tenga en cuenta todas las sesiones de trabajo desarrolladas).                                                                                        | Pensamiento crítico ante situaciones (PC)                  | Saber Actuar         | PA                 | PA  | PA  |
| (4) Tenido presente las problemáticas expuestas en el caso de estudio, la empresa “Cromanal y curtidos S.A.S”, lo convoca con el fin de poder solventar particularmente la problemática que involucra los vertimientos. Explique al menos 2 metodologías para poder solventar los vertimientos de cromo (III) a los efluentes del agua. |                                                            |                      | PA                 | PA  | PA  |
| (3) Desde su rol como futuro docente ¿qué estrategias implementaría para abordar la problemática del impacto de la industria de las curtiembres en la contaminación del medio ambiente en el aula?                                                                                                                                      | Resolución de problemas ante situaciones en contexto (RPS) | Saber Ser            | PA                 | PA  | PA  |
| (5) ¿Desde su labor como futuro docente, ¿cómo contextualizaría en el aula de clase, la problemática de la contaminación de cromo en las fuentes hídricas causa de las industrias, vinculando el aspecto social, económico y ambiental?                                                                                                 |                                                            |                      | PA                 | PA  | PA  |

| Competencia: Toma de decisiones colaborativas                                                              |                              |           |                    |     |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-----------|--------------------|-----|-----|
| Interrogante                                                                                               | Componente de la competencia | Dimensión | Nivel de Desempeño |     |     |
|                                                                                                            |                              |           | (1)                | (2) | (3) |
| 6.¿De qué manera contribuyó el abordaje de las sesiones y actividades de trabajo, en su formación docente? |                              |           |                    |     |     |
| TOTAL, PUNTOS                                                                                              |                              |           | Por asignar.       |     |     |
| Niveles de desempeño:                                                                                      |                              |           |                    |     |     |
| (1) - (Aprobado) - (1-6 puntos); (2) - (Notable) (7-12 Puntos); (3) – (Sobresaliente) (13-18 Puntos)       |                              |           |                    |     |     |
| *PA - (Por Asignar)                                                                                        |                              |           |                    |     |     |

### INSTRUMENTO DE CIERRE – ESTADO FINAL DE LA COMPETENCIA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE - (Toma de Decisiones Colaborativa)

La siguiente rúbrica fue diseñada para evaluar el instrumento titulado “instrumento de cierre – estado final de la competencia para el desarrollo sostenible - (toma de decisiones colaborativa)”, el cuestionario tiene por objeto conocer el estado final competencia "Toma de Decisiones Colaborativa" mediante una serie de interrogantes que se presentaran a lo largo del formulario.

La presente rúbrica busca realizar la validación de los siguientes instrumentos: el cuestionario y su rúbrica de evaluación correspondiente. Estos instrumentos se validarán bajo juicio de pares expertos, quienes desempeñarán un papel importante, garantizando la calidad, confiabilidad, claridad y relevancia de estos.

| Criterios                      |                                                                                          | Componentes de la Competencia |    |                                       |    |                                     |    |    | Observaciones                                                                       |
|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----|---------------------------------------|----|-------------------------------------|----|----|-------------------------------------------------------------------------------------|
|                                |                                                                                          | Análisis Argumentativo        |    | Pensamiento crítico ante situaciones. |    | Resolución de problemas en conjunto |    |    |                                                                                     |
|                                |                                                                                          | Preguntas                     |    | Preguntas                             |    | Preguntas                           |    |    |                                                                                     |
|                                |                                                                                          | 1                             | 2  | 7                                     | 4  | 3                                   | 5  | 6  |                                                                                     |
| 1. Claridad y Coherencia       | ¿Las preguntas son claras y comprensibles?                                               | SI                            | SI | SI                                    | SI | SI                                  | SI | SI | N/A                                                                                 |
|                                | ¿Existe coherencia en la progresión de las preguntas?                                    | SI                            | SI | SI                                    | SI | SI                                  | SI | SI |                                                                                     |
| 2. Relevancia de las preguntas | ¿Las preguntas permiten caracterizar la competencia mediante los indicadores propuestos? | SI                            | SI | SI                                    | SI | SI                                  | SI | NO | La pregunta se encuentra bien estructurada, sin embargo, se puede analizar como una |

| Criterios                                   |                                                                                                       | Componentes de la Competencia                                                                                                                                      |    |                                       |    |                                     |    |    | Observaciones                                                                 |     |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|---------------------------------------|----|-------------------------------------|----|----|-------------------------------------------------------------------------------|-----|
|                                             |                                                                                                       | Análisis Argumentativo                                                                                                                                             |    | Pensamiento crítico ante situaciones. |    | Resolución de problemas en conjunto |    |    |                                                                               |     |
|                                             |                                                                                                       | Preguntas                                                                                                                                                          |    | Preguntas                             |    | Preguntas                           |    |    |                                                                               |     |
|                                             |                                                                                                       | 1                                                                                                                                                                  | 2  | 7                                     | 4  | 3                                   | 5  | 6  |                                                                               |     |
|                                             | ¿La estructura de las preguntas, se relacionan adecuadamente con los componentes de las competencias? | SI                                                                                                                                                                 | SI | SI                                    | SI | SI                                  | SI | NO | reflexión final a partir de lo enunciado por la población de la investigación |     |
| 3.<br>Pertinencia y Suficiencia             | ¿La rúbrica proporciona criterios claros y transparentes para la evaluación de las respuestas?        | SI                                                                                                                                                                 | SI | SI                                    | SI | SI                                  | SI | SI | N/A                                                                           |     |
|                                             | ¿Las preguntas son suficientes para caracterizar las competencias TDC?                                | SI                                                                                                                                                                 | SI | SI                                    | SI | SI                                  | SI | SI |                                                                               |     |
| Consideraciones Generales                   |                                                                                                       |                                                                                                                                                                    |    |                                       |    |                                     |    |    | Sí                                                                            | No  |
| 1. Claridad y Coherencia                    |                                                                                                       |                                                                                                                                                                    |    |                                       |    |                                     |    |    | X                                                                             | N/A |
| 2. Relevancia de las preguntas              |                                                                                                       |                                                                                                                                                                    |    |                                       |    |                                     |    |    | X                                                                             | N/A |
| 3. Pertinencia y Suficiencia                |                                                                                                       |                                                                                                                                                                    |    |                                       |    |                                     |    |    | X                                                                             | N/A |
| ¿Considera que el instrumento es Aplicable? |                                                                                                       | Es aplicable, ya que el instrumento permite conocer el estado final de la competencia a trabajar, además de generar un contraste con el primer instrumento         |    |                                       |    |                                     |    |    |                                                                               |     |
| Modificaciones sugeribles                   |                                                                                                       | Sugiero, realizar la modificación enunciada en el apartado de la validación, y así abordar 2 interrogantes por competencia. Concordando con el primer instrumento. |    |                                       |    |                                     |    |    |                                                                               |     |
| Observaciones generales                     |                                                                                                       | Preciso atender las indicaciones mencionadas.                                                                                                                      |    |                                       |    |                                     |    |    |                                                                               |     |

**Nombre del evaluador:** Alison Dayana Borda Buitrago. Licenciada en Química, Maestrante en Docencia de la Química, matriculada en el último semestre.

Firma: Alison Borda B.

**Fecha de la validación:** 21/08/2024