



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

# **Estrategia didáctica desde el enfoque ciencia, tecnología y sociedad para la enseñanza de los efectos del mercurio sobre la salud y el ambiente**

**Yeisson Fabián Mora Duarte**

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias, Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Bogotá, Colombia

2019



# **Estrategia didáctica desde el enfoque ciencia, tecnología y sociedad para la enseñanza de los efectos del mercurio sobre la salud y el ambiente**

**Yeisson Fabián Mora Duarte**

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:  
**Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales**

Director:

**Qco. M.Sc. Manuel Fredy Molina Caballero**

Línea de Trabajo:

Ciencia, Tecnología y Sociedad (Ambiente)

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias, Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Bogotá, Colombia

2019



*Principalmente a Dios por ser mi soporte espiritual durante este proceso de formación y baluarte en los momentos difíciles que se presentaron a lo largo de esta etapa académica.*

*A mi esposa y mis padres por ser siempre una voz alentadora en el camino y animarme a continuar con gallardía, dedicación y esfuerzo este proceso de formación profesional. Gracias por su amor incondicional.*



## **Agradecimientos**

A la Maestría en Enseñanzas de las Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, por permitirme fortalecer mis conocimientos pedagógicos y teóricos a lo largo de estos años de formación.

Al profesor Manuel Fredy Molina, director de este trabajo por compartirme sus conocimientos, tiempo y compromiso para la construcción e implementación de esta propuesta. Adicionalmente, por la motivación y ejemplo sobre el rol de un gran maestro en nuestra sociedad.

A mis padres, por los valores que sembrados a lo largo de estos años y por siempre inculcarme que lo más importante en la vida siempre será la familia.

A mi esposa por ser esa voz y bastón guía en los días oscuros en los que solo sus palabras iluminaban mi vida para continuar adelante.

Al Colegio Nueva Esperanza IED, por abrir un espacio en su agenda educativa para la implementación de esta propuesta.





## Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo diseñar una estrategia didáctica desde la perspectiva Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) a través del modelo de estudio de casos simulados, aplicado a las propiedades y efectos que tiene el mercurio en la salud y el medio ambiente. La estrategia se desarrolló en el Colegio Nueva Esperanza IED con estudiantes de grado décimo en edades entre los catorce (14) y dieciséis (16) años; inicialmente se realizó un cuestionario tipo Likert de las creencias y concepciones que tenían los estudiantes sobre el mercurio, arrojando como resultado desconocimiento en los usos, aplicaciones e impacto. El análisis de estos resultados, en relación con el plan de estudios institucional dieron la directriz para el diseño y aplicación de la estrategia didáctica enmarcada en el modelo de estudio de casos simulados, la cual se organizó en tres sesiones. En la primera de ellas se realizó una contextualización sobre el mercurio, en la segunda se presentó una noticia ficticia en la que se abordó la problemática de los usos del mercurio y por último, el desarrollo de un juego de roles acerca de los actores sociales que hacen parte de la situación ambiental que produce el uso del mercurio; de esta manera se implementó la estrategia de caso simulado.

La estrategia de aula busca fortalecer la articulación de los contenidos desarrollados en el plan de estudios transversal del área de ciencias, la cotidianidad e intereses de los estudiantes, y las problemáticas ambientales y de salubridad que se presentan a nivel social con los usos del mercurio en los procesos de minería aurífera artesanal. Esto permite que los estudiantes identifiquen las propiedades físicas y químicas del mercurio, pero sobre todo busca favorecer a través de su aprendizaje una consciencia ambiental que integre conceptos en ciencias.

**Palabras claves:** Estrategia didáctica, Ciencia Tecnología Sociedad, Casos simulados, Minería aurífera, Mercurio, Impacto ambiental.

## Abstract

The present work aims to design a didactic strategy from the Science, Technology and Society (CTS) perspective through the simulated case study model, applied to the properties and effects that mercury has on health and the environment. The strategy was developed at the Colegio Nueva Esperanza IED with tenth grade students aged between fourteen (14) and sixteen (16) years; Initially, a Likert-type questionnaire was carried out on the beliefs and conceptions that the students had about mercury, resulting in ignorance of the uses, applications and impact. The analysis of these results, in relation to the institutional study plan, gave the guideline for the design and application of the didactic strategy framed in the simulated case study model, which was organized in three sessions. In the first one, a contextualization of mercury was carried out, in the second, a fictitious story was presented in which the problem of the uses of mercury was addressed, and finally, the development of a role play about the social actors that they are part of the environmental situation produced by the use of mercury; In this way, the simulated case strategy was implemented.

The classroom strategy seeks to strengthen the articulation of the contents developed in the transversal curriculum of the science area, the daily life and interests of the students, and the environmental and health problems that arise at a social level with the uses of mercury in artisanal gold mining processes. This allows students to identify the physical and chemical properties of mercury, but above all it seeks to promote through their learning an environmental awareness that integrates concepts in science.

**Keywords: Didactic strategy, Science Technology Society, Simulated Cases, Gold mining, Mercury, Environmental impact.**

# Contenido

	<i>Pág.</i>
<b>Resumen.....</b>	<b>IX</b>
<b>Lista de figuras.....</b>	<b>XIII</b>
<b>Lista de tablas.....</b>	<b>XIV</b>
<b>Lista de anexos.....</b>	<b>XV</b>
<b>Lista de abreviaturas.....</b>	<b>XVI</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>1</b>
<b>1. Marco Referencial .....</b>	<b>5</b>
<b>1.1 Marco Conceptual .....</b>	<b>5</b>
1.1.1 El Mercurio.....	5
1.1.2 Propiedades físicas y químicas del mercurio.....	6
1.1.3 Niveles de toxicidad del mercurio .....	9
1.1.4 Fuentes de contaminación .....	10
1.1.5 Ciclo del mercurio .....	12
1.1.6 Efectos del mercurio sobre la salud y el ambiente. ....	14
<b>1.2 Marco Pedagógico.....</b>	<b>17</b>
1.2.1 Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) .....	17
1.2.2 Concepto de Ciencia.....	17
1.2.3 Concepto de Tecnología.....	18
1.2.4 Concepto de Sociedad.....	19
1.2.5 Relación entre Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) .....	21
1.2.6 Educación en Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) .....	23
1.2.7 Casos simulados Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) .....	24
<b>2. Contextualización .....</b>	<b>27</b>
<b>2.1 Contexto institucional .....</b>	<b>27</b>
2.1.1 Población y muestra.....	28
<b>2.2 Planteamiento del problema .....</b>	<b>28</b>

<b>2.3</b>	<b>Justificación</b> .....	<b>30</b>
<b>2.4</b>	<b>Antecedentes</b> .....	<b>31</b>
<b>2.5</b>	<b>Objetivos</b> .....	<b>33</b>
2.5.1	Objetivo General .....	33
2.5.2	Objetivos Específicos.....	33
<b>3.</b>	<b>Marco Metodológico</b> .....	<b>35</b>
<b>3.1</b>	<b>Tipo de estudio</b> .....	<b>35</b>
<b>3.2</b>	<b>Técnicas e instrumentos implementados</b> .....	<b>36</b>
3.2.1	Cuestionario tipo Likert: Creencias y saberes previos.....	36
3.2.2	Casos simulados Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) .....	37
<b>3.3</b>	<b>Estrategia didáctica a partir del modelo de estudio de casos simulados, desde el enfoque ciencia, tecnología y sociedad</b> .....	<b>40</b>
<b>4.</b>	<b>Resultados y Análisis</b> .....	<b>45</b>
<b>4.1</b>	<b>Cuestionario tipo Likert titulado "Concepciones sobre el mercurio"</b> .....	<b>45</b>
4.1.1	Resultados y análisis del cuestionario "Concepciones sobre el mercurio" .....	45
<b>4.2</b>	<b>Aplicación y Análisis de la estrategia didáctica a partir del modelo de estudio de casos simulados, desde el enfoque ciencia, tecnología y sociedad (CTS).</b> .....	<b>52</b>
4.2.1	Sesión 1: Conceptualización.....	52
4.2.2	Sesión 2: Noticia Ficticia – ¿El mercurio metal mortal? Falso o verdadero. ....	54
4.2.3	Sesión 3: Juego de roles .....	57
<b>5.</b>	<b>Conclusiones y recomendaciones</b> .....	<b>61</b>
<b>5.1</b>	<b>Conclusiones</b> .....	<b>61</b>
<b>5.2</b>	<b>Recomendaciones</b> .....	<b>63</b>

## Lista de figuras

	<i>Pág.</i>
<b>Figura 1-1:</b> Ciclo biogeoquímico del Hg .....	12
<b>Figura 1-2:</b> Clases de sociedades.....	20
<b>Figura 1-3:</b> Direcciones en las que se han dirigido los diferentes estudios y programas CTS .....	22
<b>Figura 1-4:</b> Tipos de simulaciones educativas .....	24
<b>Figura 1-5:</b> Elementos durante el desarrollo de casos simulados sociedades.....	25
<b>Figura 3-1:</b> Proceso de la construcción del simulador de casos .....	38
<b>Figura 3-2:</b> Sistema de relaciones del simulador de casos .....	39
<b>Figura 4-1:</b> Resultados de las pregunta 2 - Cuestionario de concepciones acerca del mercurio.....	46
<b>Figura 4-2:</b> Resultados de las pregunta 3 - Cuestionario de concepciones acerca del mercurio.....	47
<b>Figura 4-3:</b> Resultados de las pregunta 4 - Cuestionario de concepciones acerca del mercurio.....	48
<b>Figura 4-4:</b> Resultados de las pregunta 5 - Cuestionario de concepciones acerca del mercurio.....	49
<b>Figura 4-5:</b> Resultados de las pregunta 6 - Cuestionario de concepciones acerca del mercurio.....	50

## Lista de tablas

	<i>Pág.</i>
<b>Tabla 1-1:</b> Fuentes y usos del mercurio con respecto a su forma química.....	11
<b>Tabla 4-1:</b> Propiedades y usos del mercurio pecto a su forma .....	53
<b>Tabla 4-2:</b> Evidencia Sesión 1 .....	54
<b>Tabla 4-3:</b> Evidencia Sesión 2 .....	56
<b>Tabla 4-4:</b> Evidencia Sesión 3 .....	59

## Lista de anexos

	<i>Pág.</i>
<b>Anexo A:</b> Cuestionario tipo Likert "Concepciones sobre .....	61
<b>Anexo B:</b> Instrumento de validación cuestionario tipo Likert por pares evaluadores...	63
<b>Anexo C:</b> Validación cuestionario tipo Likert por pares evaluadores .....	65
<b>Anexo D:</b> Matriz resultados cuestionario tipo Likert.....	69
<b>Anexo E:</b> Estrategia didáctica a partir del modelo de estudio de casos simulados, desde el enfoque CTS.....	74

# Lista de abreviaturas

## Abreviaturas

<b>Abreviatura</b>	<b>Término</b>
<i>CTS</i>	Ciencia, Tecnología y Sociedad
<i>IED</i>	Institución Educativa Distrital
<i>MEN</i>	Ministerio de Educación Nacional
<i>ATE</i>	Actividades Tecnológicas Escolares
<i>RQ</i>	Reportable Quantity
<i>IDLH</i>	Immediately Dangerous to Life and Health
<i>CPT</i>	Concentración promedio ponderada en el tiempo
<i>CCT</i>	Concentración para la exposición a corto plazo
<i>TLV TWA</i>	Threshold Limit Values-Time Weighted Average
<i>TLV STEL</i>	Threshold Limit Values- Short Term Exposure Limit
<i>MAK</i>	Maximum Arbeitsplatz Konzentration
<i>VME</i>	Valeurs des Moyennes d'Exposition
<i>EPA</i>	Environmental Protection Agency
<i>PEI</i>	Proyecto Educativo Institucional







# Introducción

Las relaciones entre la Ciencia y Tecnología en el mundo se han intensificado, sin embargo, en contraste con ello, se ha evidenciado a través de diferentes investigaciones que la enseñanza de las ciencias ha prestado poca atención al rol que juega la ciencia y la tecnología y sus aportes a la sociedad Acevedo, Vázquez y Manassero (2003)

De esta manera el enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) busca establecer una alternativa que relacione estos tres aspectos con los procesos de enseñanza aprendizaje de las ciencias, a partir de dos ejes: el primero la promoción y realización de estudios interdisciplinarios sobre las dimensiones sociales e impactos ambientales de los avances de la ciencia y la técnica; y el segundo el desarrollo de acciones tendientes a promover y posibilitar la participación pública en las políticas de ciencia, tecnología y ambiente.

En esos términos, se resalta la pertinencia del presente trabajo enmarcado desde la perspectiva CTS, la cual permite el cumplimiento de los objetivos de este, ya que como lo menciona el primer eje se relaciona directamente con los efectos sobre la salud y el ambiente producidos por el mercurio durante los procesos de minería aurífera, vinculando de esta manera saberes interdisciplinarios y científicos los cuales son canalizados desde aspectos específicos como la influencia en la sociedad desde el impacto cultural y ambiental.

Así mismo, investigaciones en el campo de la didáctica de las ciencias han identificado diversidad de inconvenientes en los procesos de enseñanza aprendizaje, Campanario y Moya (1999) mencionan algunos como la estructura lógica de contenidos conceptuales, el nivel de exigencia formal de los mismos, así como el desconocimiento de los saberes previos y preconcepciones del estudiante.

Desde lo anterior, estas falencias generan la necesidad de plantear estrategias que permitan en los estudiantes afianzar y reconstruir conceptos, metodologías y aspectos de

tipo axiológico, contemplando no solamente la visión de la estrategia como tal, sino la característica de un enfoque coherente, siendo una opción viable un enfoque desarrollado a partir de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad.

Una vez expuesta la naturaleza de esta propuesta se procede a describir los seis capítulos en los cuales se encuentra estructurado el trabajo: En el primer apartado se desarrollan los aspectos preliminares que constituyen el problema de investigación, en el que se define la población objeto de estudio y la problemática en torno a la enseñanza de la ciencia que se desea abordar. En este orden de ideas, se realiza una revisión a los antecedentes nacionales e internacionales que han abordado esta temática como aspecto de investigación.

El segundo capítulo plantea la fundamentación teórica del trabajo a través del desarrollo de los conceptos sobre las propiedades físicas y químicas del mercurio, sus niveles de toxicidad, las fuentes de contaminación, sus ciclos en la naturaleza y el impacto ambiental ocasionado por sus usos en procesos de minería aurífera a nivel nacional. Se realiza una revisión por el marco pedagógico asociado los conceptos de ciencia, tecnología y sociedad, abordando la relación entre ellos para el desarrollo de la estrategia de acuerdo a los objetivos establecidos en el tercer capítulo.

Después de las bases teóricas y los objetivos que sustentan el estudio, en el cuarto capítulo se presenta la ruta metodológica, la cual se establece desde un estudio con investigación cualitativa- interpretativa. Se procede a definir la metodología de casos simulados como la estrategia para la enseñanza de las ciencias.

En el quinto capítulo, se realiza la evaluación de los resultados y el análisis de la prueba diagnóstica desarrollada para identificar las creencias y saberes previos de los estudiantes. Se presenta los resultados de la aplicación de la estrategia didáctica diseñada a partir de la información obtenida de la prueba diagnóstica y se procede a socializar los resultados alcanzados luego de la aplicación de esta.

Por último, se presentan los capítulos de las conclusiones y recomendaciones obtenidas de la aplicación del trabajo.





# 1. Marco Referencial

## 1.1 Marco Conceptual

### 1.1.1 El Mercurio

El mercurio es el único metal puro en estado líquido a temperatura ambiente, por lo que ha sido llamado por muchos años plata líquida. Las interacciones electrónicas en la formación de los enlaces metálicos de sus átomos son débiles, lo que permite al mercurio una alta ductilidad y maleabilidad. Los electrones en un átomo de mercurio tienen una alta atracción electrónica por el núcleo, se mueven tan rápido y cerca del él que exhiben efectos relativistas, donde los electrones orbitan casi a la velocidad de la luz.

Se necesita muy poca transferencia de energía para superar la débil unión entre los átomos de mercurio. Debido al comportamiento de los electrones de valencia, el mercurio tiene un punto de fusión de  $-38.87^{\circ}\text{C}$  a presión atmosférica. El número atómico del mercurio es 80, por la cantidad de protones que posee en el núcleo, su peso atómico es 200.59 uma. Además, es el único metal que con punto de ebullición debajo de los  $650^{\circ}\text{C}$  (Blesa & Angel, 2015). No se considera un elemento esencial en el cuerpo humano (Sommer et al., 2014).

El interés del hombre por la extracción de mercurio y sus usos nos remonta al año 415 antes de Cristo en las minas de la localidad española de Almadén, donde era obtenido por esclavos, quienes posteriormente morían producto de la intoxicación por la constante exposición a este metal. Posteriormente, Aristóteles denominaría al mercurio como “plata viva”, hasta que el romano Plinio el Viejo le dió el nombre de “Hidargirium”, de donde procede el símbolo Hg.

Desde el siglo XVI hasta principios del XX el uso de una la solución ácida de nitrato mercúrico para la fabricación de terciopelo, empleado en la elaboración de sombreros, daría origen a una de las primeras enfermedades documentadas en la literatura, el Eretismo o enfermedad del sombrero Mad, que conllevaba a un trastorno neurológico del paciente.

Los usos a nivel clínico de compuestos organometálicos de mercurio para el tratamiento de enfermedades o desarrollo de medicamentos datan del siglo XVII. Prueba de ello, el uso de ungüentos a base de mercurio en tratamiento de enfermedades como la sífilis, que también conllevó a proceso de intoxicación en pacientes y cirujanos tratantes.

A finales de siglo XX, específicamente en 1.956, se establecieron en la población costera de Minamata, Japón industrias para la producción de cloruro de vinilo empleando como catalizador cloruro de mercurio. Proceso industrial que ocasionó por medio de vertimientos de aguas residuales al Mar de Yatsushiro, la contaminación de la bahía con grandes cantidades de formas inorgánicas de mercurio, el cual por procesos de metilación a través de la acción de microorganismos presentes en el mar conllevó al desarrollo de altos niveles de metilmercurio que fue bioacumulado por peces, principal fuente de alimentación de este pueblo nipón. La afectación a cientos de habitantes de esta región y la muerte de decenas de ellos, propiciando investigaciones que permitieron concluir como causa principal la intoxicación con mercurio. Esta problemática dio origen a lo que conocemos en la actualidad como la enfermedad de Minamata y posteriormente, al convenio mundial que lleva el mismo nombre para proteger la salud humana y el medio ambiente de los efectos adversos del Mercurio (OMS 2013).

### **1.1.2 Propiedades físicas y químicas del mercurio**

El mercurio metálico tiene un alto coeficiente de dilatación que produce una expansión de volumen uniforme en estado líquido y una alta tensión superficial, propiedades que lo hacen muy útil en instrumentos de medición de temperatura.

Sus propiedades físicas son:

- Punto de fusión:  $-38.87\text{ }^{\circ}\text{C}$



- Punto de ebullición: 357.72 °C
- Densidad (g/ml) a diferentes temperaturas: 13.534 (25 °C), 13.546 (20 °C), 14.43 (en el punto de fusión), 14.193 ( a -38.8 °C, sólido) y 13.595 (0 °C)

- Las ecuaciones generales para calcular la presión de vapor son:

0-150 C:  $\log P = -3212.5/T + 7.15$

150-400 C:  $\log P = -3141.33/T + 7.879 - 0.00019t$

Donde P = presión de vapor en Kpa

T = temperatura en K

t = temperatura en °C.

- Calor de vaporización (25 °C): 14.652 Kcal/mol
- Tensión superficial (25 °C): 484 dinas/cm
- Resistividad eléctrica (20 °C): 95.76  $\mu\text{ohm cm}$
- Coeficiente de expansión de volumen del líquido (20 °C):  $182 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$
- Calor latente de fusión: 11.8 J/g
- Expansión de volumen:  $V_t = V_o (1 + 0.18182 \times 10^{-3} t + 0.0078 \times 10^{-6} t^2)$
- Distancia Atómica: 3 nm
- Punto triple: 38.84168 °C
- Conductividad térmica: 0.092 W/cm<sup>2</sup> K
- Densidad crítica: 3.56 g/ml
- Temperatura crítica: 1677 °C
- Presión crítica: 558.75 mm de Hg
- Sistema cristalino: romboédrico
- Potenciales de ionización: 1er electrón 10.43 V  
2do electrón: 18.75 V  
3er electrón: 34.2 V
- Presión interna: 13.04 atm
- Índice de refracción (20 °C): 1.6-1.9
- Solubilidad en agua: 20-30  $\mu\text{g/l}$ . Insoluble en agua y disolventes organices.
- Coeficiente de temperatura de tensión superficial: -0.19 mN/m °C
- Viscosidad (20 °C): 1.55 mPa s
- Entropía ( $S_{298}$ ): 76.107 J/mol

- Calor de fusión: 2297 J/átomo
- Calor de vaporización: 59149 J/átomo
- Calor latente de vaporización: 271.96 J/g
- Calor específico (J/g): sólido: 1.1335 (-75.6 °C); 0.141 (-40 °C) y 0.231 (-263.3 °C)  
líquido: 0.1418 (-36.7 °C) y 1.1335 (210 °C)

Las propiedades químicas del mercurio son:

Es un metal puro a temperatura ambiente que no se oxida, sin embargo al encontrarse cerca de su punto de ebullición, se oxida formando óxido de mercurio (II) HgO.

El Mercurio forma aleaciones con muchos metales, excepto hierro a temperaturas muy altas, con azufre se combina a temperatura ambiente.

Reacciona con ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) y ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) caliente, pero no lo hace con ácido clorhídrico (HCl), ni con ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) a temperatura de ambiente. Reacciona con disoluciones de amoníaco en presencia de aire para generar Hg<sub>2</sub>NOH (reactivo de Millon).

Presenta una reacción explosiva cuando se combina y se somete a procesos de agitación con dióxido de cloro, níquel tetracarbonilo, ácido paracético, oxígeno y disoluciones concentradas de perclorato de plata con 2-pentino o 3-hexino.

El mercurio reacciona violentamente con bromo o acetiluro de sodio. En presencia de sodio, rubidio y potasio la reacción es violenta y exotérmica. La formación de amalgamas con calcio también es violenta.

En disoluciones neutras o ligeramente ácidas de sales de mercurio, se produce precipitación en presencia de metales como cobre, hierro o zinc.

Las sales mercúricas en presencia de hidróxido de sodio (NaOH) generan un precipitado amarillo de óxido de mercurio (II) HgO y en disolución alcalina de yodo un precipitado de

yoduro de mercurio (II)  $HgI_2$ . Las sales mercurosas dan un precipitado negro con hidróxidos alcalinos y un precipitado blanco de calomel con HCl o cloruros solubles.

Es incompatible con halógenos y agentes oxidantes fuertes.

### 1.1.3 Niveles de toxicidad del mercurio

Los niveles de toxicidad establecidos en algunos países con relación a la cantidad de exposición son los siguientes:

RQ - Cantidad de sustancia que excede la medida de EPA: 1

IDLH - Concentración máxima a la cual puede salir una persona de un lugar en los treinta (30) minutos siguientes, sin que se presenten síntomas irreversibles a la salud, no se consideran efectos carcinogénicos:  $28 \text{ mg Hg} / \text{m}^3$

México

CPT - Concentración promedio para una jornada normal de ocho (8) horas al día y cuarenta (40) horas a la semana, a la cual los trabajadores pueden estar expuestos al producto químico sin efectos adversos:

- $0.05 \text{ mg Hg} / \text{m}^3$  en forma de vapor por absorción por la piel en todas sus formas químicas.
- $0.01 \text{ mg Hg} / \text{m}^3$  de absorción por la piel para derivados alquilados

CCT - Concentración que no se debe exceder en quince (15) minutos de exposición en una jornada de trabajo, hasta cuatro (4) veces por jornada y con periodos de no exposición de al menos una (1) hora entre dos (2) exposiciones sucesivas:

- $0.03 \text{ mg Hg} / \text{m}^3$  por absorción de la piel para derivados alquilados.

Estados Unidos

TLV TWA - Concentración promedio ponderada en el tiempo:  $0.05 \text{ mg Hg} / \text{m}^3$

TLV STEL - Concentración para la exposición a corto plazo:  $0.01 \text{ mg Hg} / \text{m}^3$  para derivados alquilados.

Reino Unido

Periodos largos:  $0.05 \text{ mg Hg} / \text{m}^3$

Periodos cortos:  $0.15 \text{ mg Hg} / \text{m}^3$

Alemania

MAK - Concentración máxima permisible presente en el aire dentro de un área de trabajo durante una jornada de 8 h/día y 40 h/semana :  $0.1 \text{ mg Hg} / \text{m}^3$

Francia

VME - Concentración promedio ponderada en el tiempo:  $0.05 \text{ mg Hg} / \text{m}^3$

Suecia

Nivel límite:  $0.05 \text{ mg Hg} / \text{m}^3$

### **1.1.4 Fuentes de contaminación**

Existen diferentes tipos de fuentes que aporten mercurio al medio ambiente, ocasionando un impacto en la fauna, la flora y posteriormente en la salubridad de los seres humanos. Estas fuentes pueden clasificarse en naturales y antropogénicas.

Las fuentes naturales de mercurio se encuentran principalmente asociadas a minerales de presentes en rocas y suelos. Los cuales producto de fenómenos de erosión, escorrentía y evaporación generan un transporte del mercurio desde la plataforma continental a la oceánica, generando en su camino una interacción con diversos seres vivos, que a través de un proceso de bioacumulación de este metal, lo integran a la biosfera para establecer un equilibrio en la naturaleza.

Por otra parte, las fuentes antropogénicas son el principal aportante a la contaminación de mercurio a nivel mundial, estas provienen de los procesos o actividades humanas como la minería aurífera artesanal, la agricultura, los usos industriales y clínicos.

La revolución industrial iniciada en la segunda mitad del siglo XVIII incremento la demanda de combustibles fósiles como principal fuente de energía, aumentando la contaminación atmosférica de mercurio durante los procesos de combustión, al igual que, su introducción en la red trófica del ciclo del agua por medio de vertimientos industriales, domésticos y hospitalarios.

Aproximadamente el ochenta por ciento (80%) del mercurio liberado al aire producto de actividades humanas es mercurio elemental. Un quince por ciento (15%) se libera al suelo y proviene de abonos, fungicidas y desechos sólidos domésticos y el cinco por ciento (5%) restante es liberado al desde aguas residuales de industrias.

La mayor parte del mercurio que se emplea en procesos industriales se encuentra en forma de mercurio metálico y compuestos de mercurio inorgánico. El mercurio inorgánico también puede entrar al agua o al suelo durante la erosión de rocas que contienen mercurio, desde fábricas o desde plantas de tratamiento de agua que liberan agua que ha sido contaminada con mercurio proveniente de termómetros, interruptores eléctricos o baterías que se han desechado. Los compuestos de mercurio inorgánico u orgánico pueden ser liberados al agua o al suelo si se han usado fungicidas que contienen mercurio.

**Tabla 1-1:** Fuentes y usos del mercurio con respecto a su forma química (Jasinski, 1995).

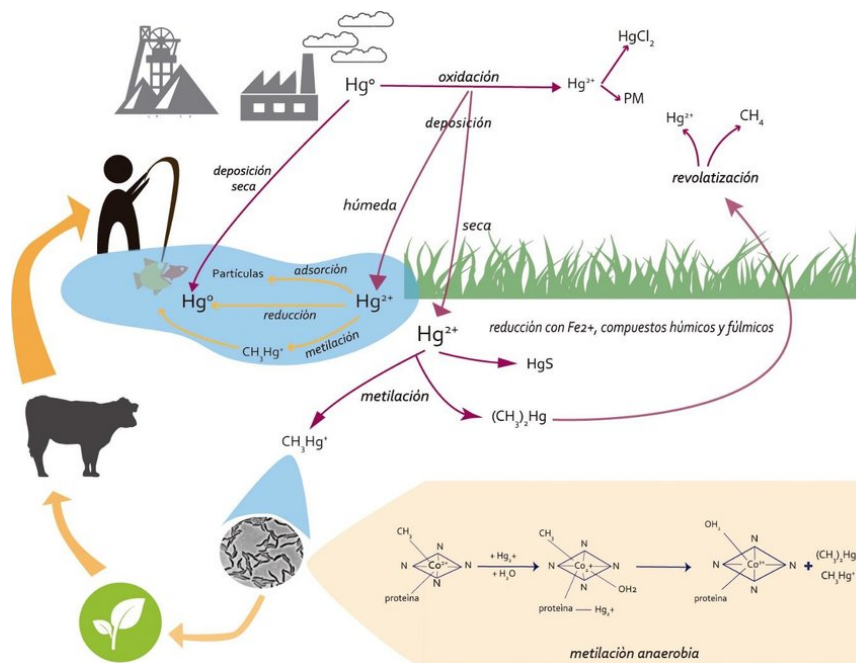
FORMA QUÍMICA	FUENTE O USO
Mercurio elemental	Industria cloro-alkalina
	Amalgamas dentales
	Minería del oro
	Equipos eléctricos (baterías, interruptores)
	Instrumentos
Mercurio Inorgánico Hg <sup>2+</sup>	Equipos eléctricos (baterías)
	Productos para cuidado de la piel
	Productos médicos

	Impregnación de madera
Mercurio Inorgánico $Hg_2^{1+}$	Equipos eléctricos
	Productos médicos
Mercurio orgánico	Funguicidas
	Pesticidas
	Pigmentos (pinturas)

### 1.1.5 Ciclo del mercurio

El mercurio es un metal bioacumulable por los seres vivos y produce fenómenos de biomagnificación en las cadenas tróficas por movimiento y transporte (PNUMA 2014). Se encuentra de forma natural en una gran variedad de compuestos orgánicos e inorgánicos en fase sólida, líquida y gaseosa. La transición de mercurio entre estos compuestos y fases es controlada por una multitud de procesos ambientales, que incluyen reacciones fotoquímicas, oxidación y reducción química, transformaciones microbianas y fraccionamiento fisiológico Ortiz (2018). Con se evidencia en la figura 1-1.

**Figura 1-1:** Ciclo biogeoquímico del Hg, Ortiz (2018)



El mercurio difiere de otros metales por su carácter orgánico, naturalmente se encuentra formando parte de compuestos organometálicos con una alta afinidad a las proteínas de los organismos que lo bioacumulan. Además, el ciclo natural del mercurio ha sido interrumpido y acelerado por las actividades antropogénicas.

Existen ciclos claves a través de los cuales se realiza el transporte, bioacumulación y biomagnificación del mercurio en la naturaleza: Un ciclo global en el que circulan los vapores de mercurio metálico, un ciclo local para los compuestos de dimetilmercurio y un ciclo de biotransformación.

En el ciclo global los vapores de mercurio elemental circulan desde los continentes a los océanos producto de la desgasificación de la corteza terrestre. El mercurio es emitido a la atmósfera en forma de vapor elemental  $Hg^0$ , en donde se convierte a una forma soluble, probablemente  $Hg^{2+}$  y luego retorna a la tierra por medio de la lluvia. El tiempo de residencia en la atmósfera del vapor de mercurio es de hasta tres años, mientras que el de las formas solubles es solamente de unas pocas semanas.

En el ciclo local el mercurio liberado principalmente por el ser humano a ecosistemas acuáticos sufre una oxidación de casi todas sus formas químicas a  $Hg^{2+}$ . La segunda reacción ocurre en aguas continentales o litorales con la transformación del  $Hg^{2+}$  a metilmercurio ( $CH_3Hg^+$ ) y dimetilmercurio ( $CH_3HgCH_3$ ) por vía aerobia o anaerobia de los microorganismos presentes en los cuerpos de agua.

El metilmercurio que se transporta a los cuerpos de agua mediante fenómenos naturales o por vertimientos industriales, se incorpora rápidamente a las cadenas tróficas acuáticas a través de las membranas celulares del fitoplancton y el zooplancton. Esta facilidad para atravesar las membranas lipídicas junto con su capacidad liposoluble y la afinidad por los grupos sulfhidrilos de las proteínas, hace que el metilmercurio sea fácilmente bioacumulable por los seres vivos.

En el ciclo de biotransformación del mercurio la especie predominante de mercurio es  $Hg^{2+}$ , esta forma química es muy soluble en agua y fácilmente absorbida por peces. En este ciclo

el mercurio se transforma en dos especies orgánicas: el dimetilmercurio volátil que retorna a la atmósfera y el metilmercurio que es bioacumulado por los peces, incorporándose de esta forma a la cadena trófica acuática. El metilmercurio puede transformarse en  $\text{Hg}_2^{2+}$  que se oxida a  $\text{Hg}^{2+}$  siguiendo su ciclo de biotransformación o se convierte en mercurio metálico que se sedimenta.

En síntesis, dentro el ciclo de transformación del mercurio en los cuerpos de agua todas sus formas químicas se convierten en  $\text{Hg}^{2+}$  por reacción con  $\text{O}_2$ . Las especies oxidadas de mercurio se reducen a  $\text{Hg}^0$  por la acción de bacterias pseudomonas en un proceso anaeróbico. El  $\text{Hg}^{2+}$  se metila en aguas continentales o litorales, por procesos de metilación aeróbica de numerosos microorganismos y bacterias.

### **1.1.6 Efectos del mercurio sobre la salud y el ambiente.**

En los últimos años se han realizado diversas investigaciones a nivel internacional y nacional en torno a los efectos que algunos agentes químicos pueden tener sobre la salud y el ambiente, entre ellos el mercurio. A nivel internacional se destacan los trabajos realizados por Obrist, Kirk, Zhang, Sunderland, Jiskra, Selin (2018); Driscoll, Mason, Chan, Jacob y Pirrone (2013), Strode, Jaeglé y Selin (2007), entre otros.

Obrist, Kirk, Zhang, Sunderland, Jiskra, Selin (2018) en su artículo “A review of global environmental mercury processes in response to human and natural disturbances: changes in emissions, climate and land use”, revisaron el ciclo global del mercurio ampliando los datos ambientales a lugares del mundo antes faltantes; de igual forma utilizaron nuevas técnicas analíticas como la caracterización de isotopos de Hg. En cuanto a los resultados lograron evidenciar cambios continuos de los ciclos de Hg debido a cambios en las emisiones, el clima y el uso de la tierra; además concluyen que los cambios futuros en las emisión de Hg dependerán en gran medida del ASGM (Reducing mercury in Artisanal and Small-Scale Gold Mining), prediciendo que el uso de la tierra y los impactos del cambio climático en el ciclo de Hg, serán importantes y estarán inherentemente vinculados a los cambios en la función del ecosistema y las circulaciones atmosféricas y oceánicas global.



Por otra parte, la World Health Organization Europe en su informe titulado *“Riesgos del mercurio para la salud humana y el medio ambiente”* del año 2016 dio a conocer los efectos producidos por el mercurio y sus compuestos en la salud, y presentó el programa de capacitación a profesionales de la salud pública para evaluar los riesgos del mercurio.

Este informe, reafirmó que la exposición a mercurio y sus compuestos es perjudicial para la salud humana, especialmente para los fetos y los niños en las primeras etapas de desarrollo. También resaltó la finalidad del Convenio de Minamata al prevenir el impacto negativo que tiene el mercurio sobre la salud humana y el medio ambiente; y asignar obligaciones a sectores como la salud, en cuanto a la identificación de grupos de población expuestos y la evaluación del riesgo de exposición.

Driscoll, Mason, Chan, Jacob y Pirrone (2013) no difieren de lo ya planteado por otros autores, referente a que el mercurio es un contaminante global que afecta la salud humana y el ecosistema, y requiere la intervención y control político. Incluso afirman que las emisiones primarias de Hg son antropogénicas y que superan con creces las fuentes geográficas naturales.

En la misma línea Silver (2008), en su trabajo reconoce que la exposición al mercurio durante el embarazo puede causar graves daños al cerebro en desarrollo, así mismo, durante la infancia puede resultar en cambios más sutiles, pero igualmente importantes en la estructura y función del cerebro; una de las causas principales y mayor fuente de preocupación son los peces contaminados con mercurio. Por lo tanto, es importante que exista un límite en la cantidad de pescado que las mujeres pueden consumir durante el embarazo y que tengan límites similares para los niños a medida que crecen.

Strode, Jaeglé y Selin (2007) realizaron una comparación internacional de los registros de sedimentos de mercurio emitidos por la minería aurífera en América del Norte en el siglo XIX, utilizaron información sobre la producción de oro y la cantidad de mercurio descargado al ambiente con respecto a la proporción de oro metal producido.

A nivel nacional son diversos los estudios realizados en torno a la problemática que genera el uso del mercurio en el ambiente, así como el impacto a la salud de los seres vivos y por ende a los seres humanos. La presente propuesta tomó como referente lo planteado por

González, Marrugo y Martínez (2015) en la publicación de sus trabajos de investigación sobre el problema de contaminación por mercurio en Colombia.

Marrugo (2015) plantea una mirada a los impactos del mercurio en Colombia iniciando con la contextualización de la aparición del mercurio en el ambiente a partir de dos aspectos, el primero por fuentes naturales y el segundo por actividades humanas. Esta última en Colombia presenta gran relevancia por la práctica de la minería aurífera del país, en la cual es utilizado el mercurio para realizar la amalgama oro-mercurio, que posteriormente se quema y parte de ese mercurio llega a la atmósfera y a los cuerpos de agua cercanos, terminando en los peces y en los seres humanos a través de la cadena trófica.

Este mismo autor en su investigación muestra evidencias de la presencia de mercurio en población humana, en los peces y en animales domésticos como gallinas, cerdos y patos, específicamente en los departamentos de Antioquia, Córdoba y Bolívar; y plantea algunos síntomas frecuentes en la población de estudio como cefalea, falta de energía, irritabilidad, preocupación en exceso, tristeza o alegría sin motivo, entre otras alteraciones de salud.

Por su parte Martínez (2015) se enfoca en la utilización del mercurio en la minería aurífera en Colombia, concretamente de la relación entre las prácticas mineras artesanales no balanceadas, en las cuales se hace uso del mercurio incrementando los niveles de contaminación del agua potable, de lo que resultan significativos perjuicios ambientales y efectos nocivos sobre la salud pública en el departamento de Antioquia.

Ramos (2015) escribe un sobre la posibilidad de enmarcar en la gestión de riesgo de desastres la contaminación por mercurio en Colombia, en el cual plantea la necesidad de generar otras leyes específicas para la contaminación de mercurio, con el fin de plantear herramientas que favorezcan la gestión de esta amenaza y trabajar en soluciones para mejorar los niveles de vida de aquellas comunidades, que se han visto afectadas permanentemente por esta problemática.

Marimón y Chavarro (2015) escriben un artículo en torno a la contaminación por mercurio en suelos agrícolas y alimentos, en donde plantean que una de las principales causas de contaminación de mercurio en los seres humanos es por el consumo de pescados y

mariscos. Aunque no es el único punto de contaminación, ya que existe otro grupo de alimentos que se derivan por la contaminación de los suelos. Estos autores también señalan que otra fuente relevante de contaminación de Hg antropogénica es la quema de carbón y las acciones mineras, debido a que en estos procesos se liberan grandes cantidades de este elemento al medio ambiente y se acumulan en el entorno a través del fenómeno de bioacumulación y biomagnificación, en el aire, el suelo y el agua, produciendo alteraciones en la salud humana.

## **1.2 Marco Pedagógico**

### **1.2.1 Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS)**

En este capítulo se realiza un desarrollo conceptual sobre aquellas nociones que fundamentan el diseño de una estrategia didáctica desde la perspectiva Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) enmarcada en el modelo de estudio de casos simulados. Empleando como objeto de estudio las propiedades del mercurio liberado en procesos de minería aurífera y los efectos que produce en la salud y el medio ambiente.

### **1.2.2 Concepto de Ciencia**

Como generadora de conocimiento la ciencia ha sido enmarcada desde diferentes paradigmas a lo largo de la historia, entre ellos el positivista, realismo, instrumentalismo y relativismo (Acevedo, Vázquez y Manassero, 2001).

El positivismo es acotado desde la literatura a la Escuela de Berlín y al famoso Círculo de Viena movimiento que consideraba la filosofía como una disciplina encargada de distinguir entre lo que es ciencia y lo que no lo es. Posteriormente, Auguste Comte quien utilizó por primera vez el nombre de positivismo en el año 1848 en su libro el Discurso sobre el espíritu positivo, este paradigma tiene como característica principal la de eliminar al sujeto dentro del proceso de construcción del conocimiento, es decir, que aun cuando se considera la ciencia como un constructo humano, se desconoce la importancia del individuo en la misma.

No obstante, en el constante cambio epistemológico de la ciencia emerge el relativismo, cuyo fundamento principal fue el de reconocer que la ciencia no era un proceso estático sino al contrario dinámico, refutando así lo planteado por los representantes del positivismo.

Hanson (1958), Kuhn (1962) y Feyerabend (1975), fueron algunos de los personajes que establecieron este enfoque, en donde la ciencia se reconoce como una actividad social y humana, cuyo objetivo es lograr conocimientos sobre el mundo. Sin embargo, no es el único aspecto en el que difiere del positivismo, puesto que desde el relativismo la ciencia no se contempla como “verdad absoluta”, ni como la única manera de adquirir conocimiento del mundo. Por otra parte, establecen que las afirmaciones sobre el mundo no provienen exclusivamente de los datos observacionales.

Sin embargo, el relativismo no es el único enfoque que postuló que la ciencia no es exclusivamente el camino válido para el conocimiento, también lo planteó el pragmatismo, fundado en el siglo XIX en los Estados Unidos por C.S. Peirce. Este filósofo reemplaza verdad por método, la verdad es vista por éste como aquello que el método científico establece, Acevedo et al. (2001) refiere el pragmatismo como “una posición intermedia entre el realismo y el relativismo radical”.

De igual forma, el instrumentalismo concibe la ciencia como un proceso no lineal, transformante y recíproco, que permite a través de sus teorías que las personas en general puedan ser capaces de entender el mundo, es decir, la ciencia como instrumento de conocimiento y transformación del mundo. Respecto al realismo ya antes mencionado, establece que las teorías científicas pueden corresponder a lo que realmente existe en el mundo.

### **1.2.3 Concepto de Tecnología**

El concepto de tecnología se utiliza en infinidad de expresiones en la actualidad tales como “tecnologías de la información”, “tecnología de punta” o “nuevas tecnologías”. Pero en sí qué es la tecnología, al no tener claro este concepto tiende a confundirse con términos que no se acercan siquiera a este y además se tiende a utilizarlo indiscriminadamente.

Etimológicamente la palabra Tecnología tiene su origen en dos palabras griegas *techne* (τεχνη, “arte, técnica u oficio”) y *logos* (λογος, “conjunto de saberes”), es decir, que si definiéramos tecnología desde su etimología se consideraría como el conjunto de saberes respecto al arte, a una técnica u oficio.

Sin embargo, el término tecnología al igual que ciencia es un concepto multidisciplinar que cuenta con diversas conceptualizaciones, por lo cual no bastaría con definirla etimológicamente.

La tecnología puede ser conceptualizada tanto como objeto tecnológico, es decir, todo aquel instrumento sistematizado e industrializado, construido con el fin de suplir una necesidad; o como objeto conceptual tomado como sistema de información, en donde se incluyen modelos, planes, proyectos, entre otros.

La tecnología concebida como una ciencia aplicada; un conjunto de reglas y técnicas enmarcadas en el concepto de método; una estructura o sistema social; como una capacidad social netamente humana; un proceso productivo; una conversación sobre la práctica refiriéndose a lo filosófico y, finalmente Herrera (1996), además de todas las nociones anteriores, también alude que la tecnología es un sistema de enseñanza relacionada con una disciplina.

Los lineamientos del Ministerio de Educación Nacional (MEN) afirman que la tecnología “busca resolver problemas y satisfacer necesidades individuales y sociales, transformando el entorno y la naturaleza mediante la utilización racional, crítica y creativa de recursos y conocimientos”. Esta es una definición un poco más completa de tecnología, ya que no es vista solo como la puesta en práctica de los conocimientos científicos, involucrando los recursos y otros conocimientos, sino como una solución individual y colectiva de algunas necesidades que transforman el entorno.

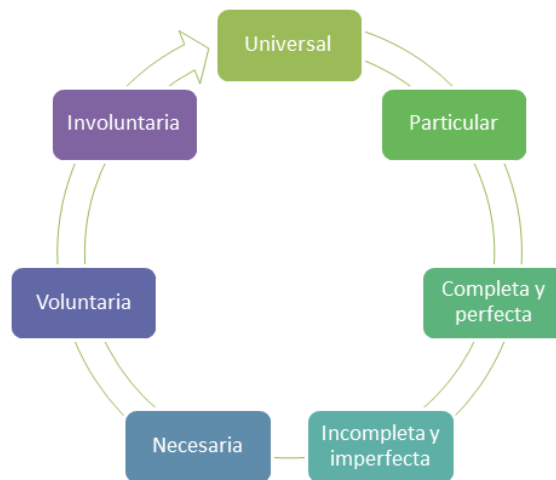
#### **1.2.4 Concepto de Sociedad**

Generalmente todos los seres humanos desde que nacen hacen parte de una sociedad, Beriain, Iturrate y otros (1998) hacen referencia a que “la tendencia a vivir en sociedades es natural, es un producto de la evolución de nuestra especie”. Sin embargo, definir este

concepto es una tarea compleja y de allí la gran variedad de postulados que se encuentran, entre ellos el propuesto por el diccionario de la real academia quien define sociedad como el “conjunto de personas, pueblos o naciones que conviven bajo normas comunes”; así mismo, etimológicamente la palabra sociedad vienen del latín «societas» y significa “comunidad de personas”.

Moreira (2003) establece una definición muy completa de este concepto y adoptado en el presente trabajo, esta autora considera la sociedad como “un conjunto de seres humanos, unidos moral, material, espiritual y culturalmente para la satisfacción de comunes necesidades, recíprocos beneficios, aspiraciones semejantes y fines iguales”. Además, plantea unas clases de sociedad las cuales son expuestas en la siguiente gráfica:

**Figura 1-2 :** Clases de sociedades planteadas por Moreira (2003).



La sociedad universal hace referencia a la conformada por todos los seres humanos repartidos en el planeta; en cuanto a la particular es en donde se agrupan sólo a una parte de la sociedad; la completa y perfecta satisface todas las necesidades desde su organización y estructura; aquella que se constituye con el objeto de satisfacer un fin especial y es a su vez dependiente de otra se denomina incompleta o imperfecta; respecto a la clase de sociedad necesaria hace referencia a la derivada de las leyes biológicas en la procreación de la especie, como la familia; la voluntaria son todas las sociedades que se establecen por el libre y espontáneo aporte de la decisión de sus socios; y finalmente, lo contrario de la anterior es la sociedad involuntaria.

### **1.2.5 Relación entre Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS)**

Entre los continentes en lo que emergieron movimientos de CTS se encuentra Norteamérica, el cual enfocó sus fuerzas en los impactos sociales y ambientales de los productos científicos y tecnológicos; así mismo en Europa, surge una vertiente que a diferencia de la norteamericana dirige su mirada a los estudios sociales de la ciencia con una fuerte inclinación académica.

Por otra parte, Acevedo, Vázquez, y Manassero (2001) refieren que la génesis de los movimientos CTS se da durante los años sesenta como consecuencia de una serie de acontecimientos y movimientos sociales, generando así estudios cuyo objetivo principal era el comprender la dimensión social y organizativa de la ciencia y la tecnología. Estos estudios fueron abordados desde dos campos: el primero desde las ciencias sociales, cuyo enfoque principal era concientizar a los científicos e ingenieros del contexto social en el que trabajaban; el segundo desde las ciencias experimentales y la tecnología, para proporcionar una mayor comprensión pública de éstas y la manera de contribuir a la solución de problemas sociales.

De igual forma, Martin y López (1998) hacen referencia al enfoque CTS como un movimiento que le concede gran relevancia a los aspectos valorativos y controvertidos del propio desarrollo de la ciencia, sin olvidar la ética que ello conlleva, los límites de la ciencia y el compromiso social que tiene la misma. Además, mencionan que los estudios a través del enfoque CTS comparten el rechazo de la imagen de la ciencia como una actividad pura, la crítica de la concepción de la tecnología como ciencia aplicada y neutral, y la condena de la tecnocracia.

Por tanto, estos autores identifican tres direcciones o campos en los que se han dirigido los diferentes estudios y programas CTS, siendo estos: la investigación, las políticas públicas y la educación. En el primer campo establecen que los estudios se llevan a cabo en función de una reflexión de la ciencia desde la filosofía y la sociología, reconociendo la ciencia como un proceso social; en cuanto a las políticas públicas las CTS, propenden por defender la regulación pública de la ciencia y la tecnología, y propiciar la toma de decisiones en cuestiones concernientes a políticas científico-tecnológicas. Y en el campo

de la educación se generan en numerosos países, programas y materiales de CTS en enseñanza secundaria y universitaria.

**Figura 1-3:** Direcciones en las que se han dirigido los diferentes estudios y programas CTS según Martín y López (2009).



Por otra parte, Uribe (2007) y Galiano (2014) plantean una serie de objetivos que tiene la perspectiva CTS entre ellos:

- Favorecer una percepción más ajustada y crítica frente a los temas de ciencia y tecnología, así como de sus relaciones con la sociedad.
- Promover la participación pública de los ciudadanos en las decisiones que orientan los desarrollos tecnocientíficos, con el fin de acercar a la sociedad las responsabilidades sobre su futuro.
- Promover la alfabetización científica, mostrando la ciencia como una actividad humana de gran importancia social. (Forma parte de la cultura general en las sociedades democráticas modernas).
- Estimular o consolidar en los jóvenes la vocación por el estudio de las ciencias y la tecnología, a la vez que la independencia de juicio y un sentido de la responsabilidad crítica.
- Favorecer el desarrollo y consolidación de actitudes y prácticas democráticas en cuestiones de importancia social relacionadas con la innovación tecnológica o la intervención ambiental.
- Generar compromiso respecto a la integración social de las mujeres y minorías, así como el estímulo para un desarrollo socioeconómico respetuoso con el medio ambiente y equitativo con relación a generaciones futuras.
- Contribuir a salvar el creciente abismo entre la cultura humanista y la cultura científico-tecnológica que fractura nuestras sociedades.



### **1.2.6 Educación en Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS)**

La perspectiva de Ciencia, Tecnología y Sociedad ha jugado durante las últimas décadas un papel relevante en la educación, sin embargo, aun cuando los dos primeros referentes han hecho parte de los currículos desde sus inicios, su enseñanza se centró en la mera transmisión de conocimientos científicos y tecnológicos, quitando visibilidad a la relación existente entre estos aspectos y a la importancia de reflexionar en torno a los beneficios y afectaciones que para la sociedad pueden llegar a tener los mismos.

Es así como surge la CTS como una propuesta educativa general, en todos los niveles de enseñanza, con la finalidad de dar una formación en conocimientos y, especialmente, en valores que favorezca la participación ciudadana responsable y democrática en la evaluación y el control de las implicaciones sociales de la ciencia y la tecnología (Waks, 1996b).

Desde esta perspectiva Uribe (2007) hace nuevamente esa relación entre teoría y práctica, además le da un contenido práctico a la educación tecnocientífica y relevancia al papel social. Así mismo, señala que una genuina educación en CTS tiene dos finalidades principales: La primera es el análisis y la desmitificación del papel social de la ciencia y la tecnología para hacerlas accesibles e interesantes para los ciudadanos. Y la segunda finalidad, es el aprendizaje social de la participación pública en las decisiones relacionadas con los temas tecnocientíficos.

En este orden de ideas, el aula es un espacio propicio para la participación de los estudiantes en los aspectos que impactan su cotidianidad y que se encuentra relacionados con implicaciones científicas y tecnológicas. Al respecto Gordillo y Osorio afirman que “una educación para la democracia debe hacer del aula un verdadero laboratorio, un simulador de la participación democrática. Se suele asumir sin dificultad la importancia de las prácticas de laboratorio y de taller en la enseñanza de las ciencias y las tecnologías porque en ellas se simulan en situaciones manejables y controladas los procesos de investigación de los saberes científicos y de desarrollo de los artefactos tecnológicos” (2003, p. 177).

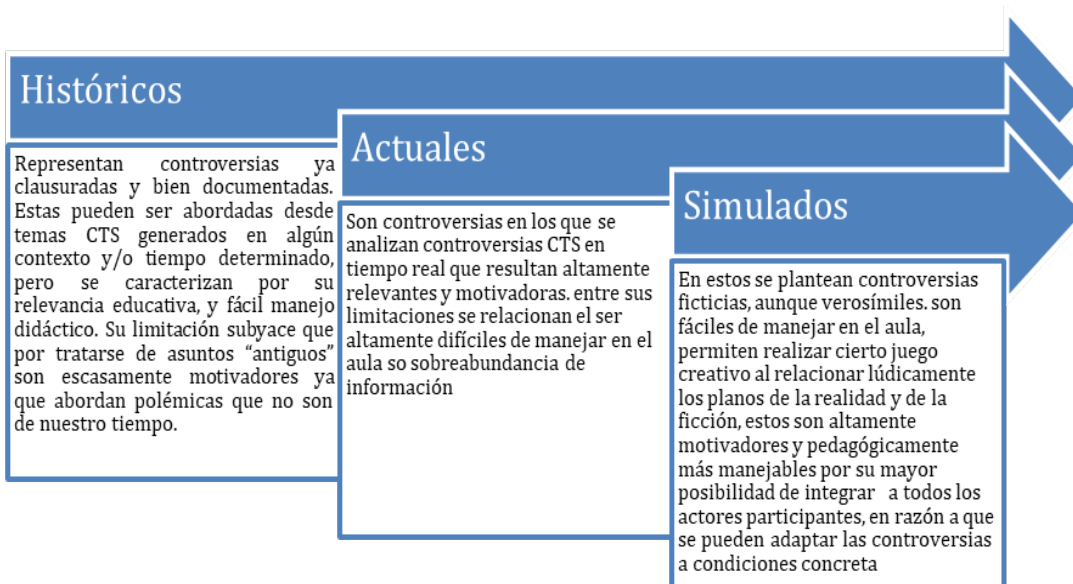
### 1.2.7 Casos simulados Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS)

La educación tecnocientífica corresponde a una relación concreta entre la teoría y la práctica, pues el contenido de la CTS brinda la accesibilidad y aporta desde sus criterios sistémicos una visión sobre su papel social e impacto en la humanidad; es así como los casos CTS en aula abordan cuestiones tecnocientíficas de relevancia social y axiológica para los sujetos, pues desde su intervención puede tomar decisiones explícitas o implícitas sobre estos asuntos.

En esta línea, el Grupo Argo de España genera una propuesta interdisciplinaria crítico-alternativa, denominada, “simulaciones educativas de controversias CTS”, las cuales, por su naturaleza susceptible al tratamiento educativo, relaciona los movimientos sociales con el ámbito académico, desde la interacción de la ciencia tecnología y sociedad; facilitando desde su ejecución procedimental la participación pública y la promoción de prácticas de aprendizaje social efectivo.

Es así como, en las aulas de acuerdo con Uribe (2007) y el Grupo Argo (2001) se puede estudiar el concepto de las CTS desde simulaciones educativas, a partir del estudio de casos CTS, estos últimos de acuerdo con los autores, pueden variar según su carácter e intencionalidad, como se especifica en la figura 1-4.

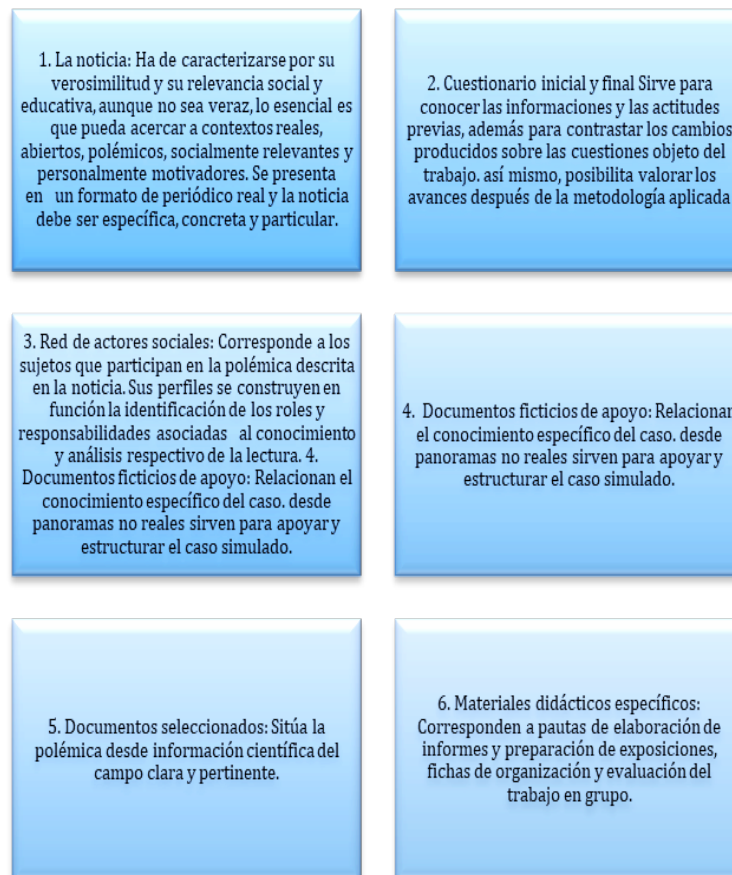
**Figura 1-4:** Tipos de simulaciones educativas Uribe (2007) y Grupo Argo (2001)



De acuerdo con lo anterior, los casos simulados corresponden a la propuesta educativa y metodología más afín para este trabajo, ya que compaginan con el objeto de esta propuesta, en razón a que buscan la integración, confrontación y el contraste de ideas, opiniones o intereses de una red de un grupo de actores sociales. Adicionalmente, desde la participación pública en relación con las decisiones sobre los temas tecnocientíficos, se promueve un aprendizaje social.

Desde esta perspectiva, el caso simulado se configura en torno a una controversia generada a partir de una noticia concreta, la cual viene acompañada de una secuencia de actividades, que facilitan el análisis y reflexión de una lectura articulada, desde un caso específico que puedan recrearse. Según Gordillo y Osorio (2003) y Martínez, Villamil y Peña (2006), el caso simulado comprende durante su desarrollo seis elementos esenciales.

**Figura 1-5:** Elementos durante el desarrollo del caso simulado según Gordillo y Osorio (2003) y Martínez, Villamil y Peña (2006)





## 2. Contextualización

### 2.1 Contexto institucional

Este trabajo se desarrolló en el Colegio Nueva Esperanza IED, institución de carácter oficial (mixto) que se encuentra ubicada en la localidad quinta (5) Usme en la ciudad de Bogotá, maneja los niveles de preescolar, primaria, básica y media, además de los programas de volver a la escuela e inclusión.

El Proyecto Educativo Institucional (PEI) *“Educamos en la excelencia, el respeto y la probidad”*, principios educativos que orientan la gestión educativa adelantada por los profesionales y miembros de la comunidad educativa del colegio. El horizonte institucional promueve un proyecto educativo institucional que garantice el desarrollo de las dimensiones humanas de sus estudiantes; mediante la formación en valores, la construcción de conciencia ambiental, el ejercicio responsable de la ciudadanía, el manejo eficaz de las TIC, el fomento de las artes y el estudio de las ciencias; contribuyendo significativamente en los procesos de transformación del contexto social al que pertenece.

La institución tiene dos sedes (Sede A y B), en la sede A se encuentran los grados de preescolar y primaria; en la sede B se encuentran los grados de la básica y media. La población que atiende el colegio es de estrato socioeconómico bajo, la mayoría de las familias tiene trabajos informales, por tal razón el grupo de estudiantes tiene mucha movilidad por varios sectores de la ciudad. El colegio por ser una institución educativa distrital de la ciudad está implementando los proyectos planteados por la secretaría de Educación y ha estado en estudios para ser un colegio con jornada única.

### **2.1.1 Población y muestra**

La muestra o parte representativa de la población (Tamayo, 2003) seleccionada para desarrollar la propuesta fueron los estudiantes de grado décimo, un total de veinticinco (25) estudiantes, cuyas edades oscilan entre los catorce (14) y dieciséis (16) años. La mayoría de estos estudiantes pertenecen a familias funcionales, sus padres saben leer y escribir, pertenecen a estrato uno (1), viven en la localidad de Usme en los barrios Tihuaque, Doña Liliana, La Esperanza, Londres y San Pedro.

## **2.2 Planteamiento del problema**

En las últimas décadas se han realizado diversas investigaciones relacionadas con la enseñanza de las ciencias, trabajos que han permitido evidenciar aspectos importantes como la falta de correlación entre los contenidos que se enseñan y el contexto, la falta de interés por parte de los estudiantes hacia el aprendizaje de la química, entre otros factores que se deben tener en cuenta en la enseñanza de la química en el aula. Autores como Solbes y Vilches lograron identificar una “desconexión de la ciencia que se enseña en las aulas con la vida real y su relación con el desinterés de los estudiantes hacia el estudio de la química” (2002, p.81), situación que no es ajena a la realidad del país, ya que en las instituciones educativas de Colombia se evidencian algunos de los aspectos antes mencionados.

De igual manera, Galiano (2014), Martínez y Rojas (2006), plantean la desarticulación entre los contenidos que se desarrollan dentro del salón de clase, de los intereses y cotidianidad de los estudiantes. Además durante la enseñanza de la química “no se contempla el carácter humanístico de la misma ni sus implicaciones sociales”, es decir, que la química en el aula se encuentra enfocada en el aprendizaje memorístico y en la resolución repetitiva de ejercicios, dejando a un lado el nivel social y por ende humano de los diferentes contenidos que se pueden abarcar en clase.

Por lo cual surge la necesidad que los docentes de química dentro de su proceso de reflexión sobre su quehacer, generen soluciones a las problemáticas anteriormente mencionadas. Una opción puede ser, diseñar estrategias que propicien desde el aula

reflexiones críticas respecto a situaciones interesantes para los estudiantes y que estén relacionadas con el contexto en el que ellos se desarrollan, y así favorecer su apropiación.

A partir de lo mencionado anteriormente, uno de los contextos que se mencionan con frecuencia en la actualidad son las investigaciones sobre los efectos en la salud y el medio ambiente que tiene la utilización de diferentes metales, como el mercurio, empleado en los procesos de minería en diferentes países, incluso Colombia. Olivero y Restrepo (2002) plantean que el mercurio es un agente neurotóxico que afecta el desarrollo cerebral de los niños y a toda persona que tenga contacto con él; se encuentra presente en el aire, en el suelo y en cuerpos de agua cercanos a zonas de minería aurífera artesanal, lo que conlleva a que este metal llegue a los peces, que son el alimento de los pobladores, los cuales terminan acumulando en su cuerpo el metal, afectando así la salud humana.

De este modo, los efectos del mercurio en la salud y el ambiente, son una preocupación actual de la sociedad, relevante en la cotidianidad de los estudiantes e interesante para ellos, razones por las cuales se hace viable vincular este tema en la enseñanza de la química, ya que al crear una articulación entre los contenidos que se enseñan en química con las necesidades y expectativas del contexto de los estudiantes, se puede lograr que estos realicen un trabajo crítico- reflexivo sobre estas problemáticas sociales.

Con el fin de favorecer el proceso de enseñanza – aprendizaje del tema planteado anteriormente, se realizará el diseño de una estrategia desde el enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad, que debido a sus aplicaciones ha venido empleándose con mayor frecuencia en nuestra sociedad. Sin embargo, el entorno educativo ha prestado muy poca atención al papel que estas desempeñan, un ejemplo de esto es que el enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad relaciona estudios científicos y tecnológicos con aspectos sociales; esta perspectiva es fundamental para el ámbito educativo ya que facilita en los estudiantes construir conocimiento a partir de experiencias cotidianas y genera cambios de actitud visibles en el ambiente.

Dentro del campo de la educación ambiental hay experiencias relevantes que muestran este camino como trascendental en el conocimiento medioambiental y la repercusión positiva en el individuo, creando disposiciones y actuaciones favorables en su contexto cotidiano. Otra razón fundamental para que este trabajo se profundice en el enfoque

Ciencia, Tecnología y Sociedad es la que plantea Solbes y Vilches (2004), al afirmar que la finalidad de la aplicación de este enfoque es “desarrollar actividades y propuestas que permitan al estudiante mejorar la imagen empobrecida de la ciencia” (p. 2), y a su vez participe de una formación ciudadana acorde con las necesidades del mundo actual.

En consecuencia, la pregunta que da forma a este problema y que va a orientar el proceso investigativo es:

¿Qué estrategia didáctica puede emplearse para la enseñanza y el aprendizaje de los efectos sobre la salud y el ambiente del mercurio liberado durante los procesos de minería aurífera, con estudiantes de grado décimo de una Institución Educativa Distrital?

## **2.3 Justificación**

El presente trabajo tiene como fin principal realizar un aporte a la enseñanza de las ciencias, específicamente en el área de química en el entorno escolar, a través de la propuesta de una estrategia didáctica que se encuentre fundamentada en la contextualización de la enseñanza de las ciencias, desde el ámbito pedagógico, didáctico y metodológico. Ya que en las aulas de clase el proceso de enseñanza se centra en impartir conocimientos como si fueran productos acabados, desligándolos de contextos sociales y culturales.

Al respecto Giordan y De Vecchi (1988) afirman que “las instituciones y las costumbres han cambiado, las ciencias han progresado a pasos agigantados, sólo el fondo de la enseñanza no ha cambiado; tal y como era hace un siglo, así nos lo encontramos hoy día” (p. 17). Es por esta razón que es imprescindible emplear estrategias didácticas con diversas actividades o con problemáticas cotidianas que se desarrollan en el entorno de la sociedad colombiana, y que se encuentran directamente relacionadas con la actividad científica y su producto más tangible, la tecnología. De esta manera, se establecerá un camino que facilite en el estudiante responder la pregunta de ¿por qué aprender ciencias?



Se espera que el enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad sea una propuesta que realice un aporte significativo como estrategia metodológica dentro de los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias en los niveles de educación media, alejándose del modelo de enseñanza tradicional centrado en los contenidos y en el aprendizaje memorístico. Así como lo plantea Quintero (2010) en su artículo, al afirmar desde una perspectiva educativa, que “la formación científica del ciudadano constituye una nueva y novedosa demanda formativa actual, a la luz de las nuevas exigencias formativas de la sociedad del conocimiento” (p.226). Por esta razón, la enseñanza de las ciencias debe proveer al estudiante de herramientas que le permitan ser conscientes de su responsabilidad frente a su entorno y el mejoramiento de su calidad de vida.

En relación con este último aspecto, además de favorecer el proceso de enseñanza de las ciencias, también se pretende generar cambios en la manera en que los estudiantes visualizan las problemáticas sociales para que puedan tomar acciones conscientes como ciudadanos. De esta manera, es pertinente resaltar que el estudio del mercurio en procesos de minería aurífera es un elemento fundamental para este proyecto, ya que en los últimos años este aspecto social ha venido en crecimiento, al igual que los efectos que produce en la salud y el medio ambiente.

Por último, este trabajo a parte de beneficiar didácticamente el proceso de aprendizaje de los estudiantes en el área de ciencias con mayor sentido social, aporta a mi labor como docente y permite resignificar la práctica pedagógica desde el ámbito teórico y metodológico, dándole otro enfoque a los contenidos curriculares.

## **2.4 Antecedentes**

Se realizó una revisión bibliográfica a través de la cual se evidenció la existencia de investigaciones de maestría y doctorado a nivel nacional e internacional que han involucrado dentro de sus desarrollos estrategias didácticas desde el enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad. Para el presente trabajo se retoman algunas de ellas, las cuales involucran la enseñanza de las ciencias, específicamente de la Química.

A nivel nacional Martínez y Rojas (2006), implementaron una estrategia didáctica con base en el enfoque de Ciencia, Tecnología y Sociedad, ellos involucraron dentro de su estrategia una situación relevante en Colombia, siendo el caso de las fumigaciones con glifosato, para contribuir no solo el aprendizaje de los conceptos de bioquímica, sino con la formación de futuros profesores críticos, responsables y capaces de tomar decisiones frente a los problemas sociales y ambientales que enfrenta el país, desde el trabajo ejecutado por estos dos docentes logran concluir que a través de la realización de este tipo de estudios se supera la imagen neutral de la ciencia y se establecen mayores relaciones entre la ciencia, la tecnología, la sociedad y el ambiente.

Calderón y López (2017) en su trabajo de maestría titulado “Diseño de Actividades Tecnológicas Escolares (ATE) desde la Relación Ciencia Tecnología y Sociedad y el Diseño, en el Componente de la Exploración Espacial” se plantean como unos de sus objetivos de investigación es diseñar una ATE desde el enfoque CTS, para evaluar el desempeño planteado por el Ministerio de Educación Nacional sobre el análisis de diversos puntos de vista e intereses relacionados con la percepción de los problemas y las soluciones tecnológicas, y como éstos fundamentan las argumentaciones de los estudiantes que involucran el componente de la exploración espacial.

En este orden de ideas, Fernández y González (2018) fundamentan su trabajo investigativo desde el enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad y a partir de éste, contextualizan la temática e incorporan los aspectos del Constructivismo Social y el uso de Aplicaciones Móviles, lo cual se ve reflejado en la Actividad Tecnológica Escolar.

A nivel internacional se revisaron los aportes realizados por Acevedo, et al, (2003) quienes centraron su investigación en la relación entre Ciencia, Tecnología y Sociedad como herramienta para la enseñanza de las ciencias y la alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. En su trabajo se puede evidenciar la importancia de contextualizar la ciencia impartida en los currículos institucionales, con una educación científica que contraste las problemáticas que surgen en la sociedad y que se encuentran relacionadas con los desarrollos científicos y tecnológicos.

En esta línea, el trabajo publicado por Solbes y Vilches (2002) realiza una comparación de las percepciones de estudiantes de currículos que no integran en su estructura las relaciones Ciencia, Tecnología y Sociedad y los nuevos currículos, muestra las visiones de los educandos acerca de las interacciones CTS incorporadas en los nuevos currículos de ciencias de secundaria y bachillerato en España y las repercusiones positivas que se han evidenciado en los procesos de enseñanza aprendizaje.

Por último, se realizó una revisión de la investigación a nivel doctoral por Galiano (2014). En este trabajo, se propone determinar estrategias de enseñanza de la química presentes en la formación inicial de profesores de química, sobre estrategias de enseñanza – aprendizaje en esta área. Además involucran el análisis de las normativas, estructura curricular, recomendaciones oficiales y el conocimiento de la formación y/o capacitación que poseen los docentes de profesorado. Una de las estrategias abordadas por el investigador está enfocada al uso de la relación Ciencia, Tecnología y Sociedad.

## **2.5 Objetivos**

### **2.5.1 Objetivo General**

Diseñar una estrategia didáctica desde la perspectiva Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) enmarcada en el modelo de estudio de casos simulados aplicado a las propiedades y efectos sobre la salud y el ambiente del mercurio liberado durante los procesos de minería aurífera, para desarrollarla con estudiantes de grado décimo de una Institución Educativa Distrital.

### **2.5.2 Objetivos Específicos**

Identificar las creencias y saberes previos de los estudiantes sobre los efectos del mercurio en la salud y en el medio ambiente.

Identificar los efectos en la salud y el ambiente producidos por el uso del mercurio en los procesos de minería aurífera en Colombia.

Establecer la estructura y el contenido de la estrategia didáctica.

Aplicar la estrategia a partir del modelo de estudio de casos simulados, relaciones ciencia, tecnología y sociedad.

Validar la estrategia didáctica con estudiantes de grado décimo de una Institución Educativa Distrital.

## **3.Marco Metodológico**

El marco metodológico que se plantea en este capítulo presenta la secuencia de acciones que se siguieron para dar cumplimiento al objetivo propuesto para este trabajo, como el diseño, la población y las técnicas e instrumentos implementados.

### **3.1 Tipo de estudio**

Esta propuesta de trabajo final se desarrolló desde un enfoque cualitativo de corte interpretativo, ya que de acuerdo con los objetivos planteados que orientan este estudio, los métodos cualitativos interpretativos por sus características holísticas, abiertas e implicativas, posibilitan reconocer durante el estudio aspectos subjetivos del comportamiento, las interacciones sociales, la visión de realidad y los significados sociales de la experiencia humana subyacentes de patrones culturales organizados por valores y órdenes específicos ( Martínez, L. 2006, Erickson, 1989).

Es así, que este enfoque permitió un análisis de las múltiples realidades que históricamente han sido construidas por los actores en relación con la realidad social en la que viven; además el estudio cualitativo – interpretativa se reconoce en el marco de una práctica social cuyas connotaciones particulares de los sujetos posibilita construir un saber emergente de la colectividad.

La orientación cualitativa de carácter interpretativa desde sus características propias, según Varela y Vives (2016), se adentran en el conocimiento particular y emergente construido por la experiencia situada de diferentes sujetos. Así, el enfoque cualitativo-interpretativo que trazó este trabajo, se instituye como una forma de generar criterios relacionados a la complejidad de los individuos desde posiciones epistémicas y subjetivas, como su identidad, imagen, ideología y lenguaje. Por consiguiente, como lo complementan Henwood, Pidgeon y Parkhill (2014), este tipo de trabajos posibilita la identificación de

determinantes cognitivos y creencias en relación al riesgo ambiental, además establece las interacciones entre cultura, tecnología e identidad.

## **3.2 Técnicas e instrumentos implementados**

Con el fin de recopilar, organizar y analizar la información necesaria para cumplir con los objetivos propuestos y por ende llevar a cabo esta, se hizo uso de las técnicas e instrumentos que se describen a continuación:

### **3.2.1 Cuestionario tipo Likert: Creencias y saberes previos**

Murillo (2006) indica que el cuestionario se trata de un instrumento muy funcional en los trabajos de tipo cualitativo, pues se enfoca en la recogida de datos de forma consistente; además en razón a que las respuestas son obtenidas directamente de los sujetos, posibilita medir diversas características de los fenómenos sociales. Este autor adicionalmente refiere, que de acuerdo con las características metodológicas y a los objetivos del trabajo, los cuestionarios se pueden clasificar en varios tipos de escalas de ordenación como lo son escala valorativa sumatoria, de intensidad, de distancia social, Likert y diferencial semántico.

El cuestionario con escala de ordenación de tipo Likert se caracteriza por ofrecer afirmaciones que sirven como cuantificadores lingüísticos de frecuencia, lo que significa, según Cañadas y Sánchez (1998), que fijar un listado previo de categorías conlleva a una menor ambigüedad de las respuestas, mayor cercanía de las respuestas al objetivo del investigador y recabar más información en menos tiempo.

Es así, que este instrumento demanda un diseño a través de métodos de evaluación válidos, reproducibles y fiables. De esta manera se puede garantizar la medición y calidad de la medida en correspondencia, el abordaje de las dimensiones y factores estructurantes de la propuesta, pues la validez de este constructo se da en la medida en que se reflejan las teorías, los intereses y objetivos relevantes del fenómeno que aquí se analiza. Es importante que el instrumento sea sometido inicialmente a un proceso de validación de contenido mediante juicio de expertos a fin de incorporar diversas perspectivas que surgen

de la experiencia en contextos con características, culturas e idiosincrasias variadas, García y Cabero (2011).

Para identificar las creencias y saberes previos de los estudiantes sobre los efectos del mercurio en la salud y en el medio ambiente se diseñó, validó y aplicó un cuestionario tipo Likert que constó de seis enunciados; la primera con respuesta abierta y las otras cinco con opción de elegir entre si se encontraban de acuerdo o en desacuerdo con la afirmación, además se debía justificar cada respuesta.

El instrumento fue validado por cuatro profesionales de diferentes disciplinas relacionadas con la enseñanza – aprendizaje, entre los que se encuentran una Magister en Dificultades del aprendizaje, una Magister en Educación, un Magister en Ciencias Biológicas y un Magister en Enseñanza de la Química (Anexo B). Realizadas algunas de las correcciones sugeridas por los validadores, se procedió aplicar la prueba a veinticuatro (24) estudiantes de grado décimo del colegio Nueva Esperanza IED (Anexo C).

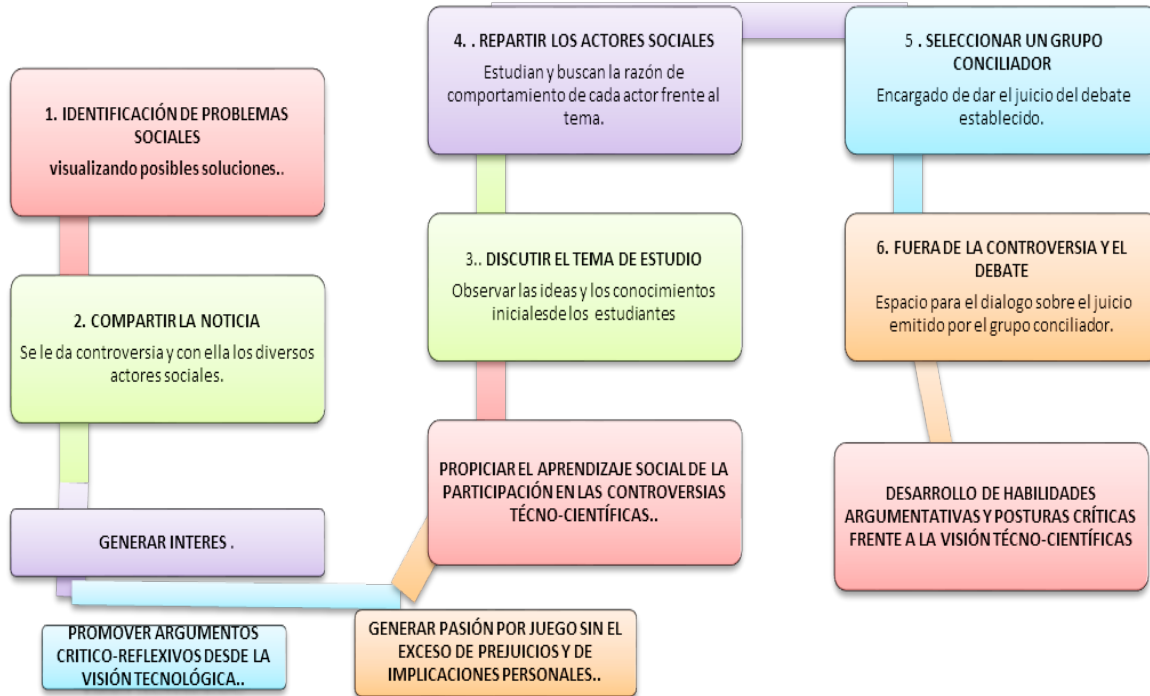
La aplicación de esta prueba diagnóstica fue fundamental, ya que los resultados y análisis que surgieron determinaron el nivel de conocimiento que tienen los estudiantes y permitió identificar los vacíos conceptuales que tenían sobre el mercurio y sus formas. Estos hallazgos orientaron la propuesta y diseño de la estrategia.

### **3.2.2 Casos simulados Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS)**

En el desarrollo metodológico se empleó la estrategia de casos simulados que se circunscribe en generar el aprendizaje social a partir de la participación de los sujetos, como centro en controversias tecnocientíficas, en razón a que desde sus dinámicas busca acercar al aula los problemas y experiencias reales de la ciencia y la tecnología, desde la flexibilidad interpretativa, la participación pública y democrática de la ciudadanía.

Complementariamente, Martínez, Villamil y Peña (2006) indican que el caso simulado posibilita el debate, desarrolla competencias y habilidades argumentativas y propositivas de tipo social, ya que involucra a los sujetos de forma significativa rompiendo el ambiente rutinario y adentrándose a diferentes situaciones desde una postura crítico- reflexiva. En tanto para plantear un caso simulado se requiere seguir los siguientes pasos.

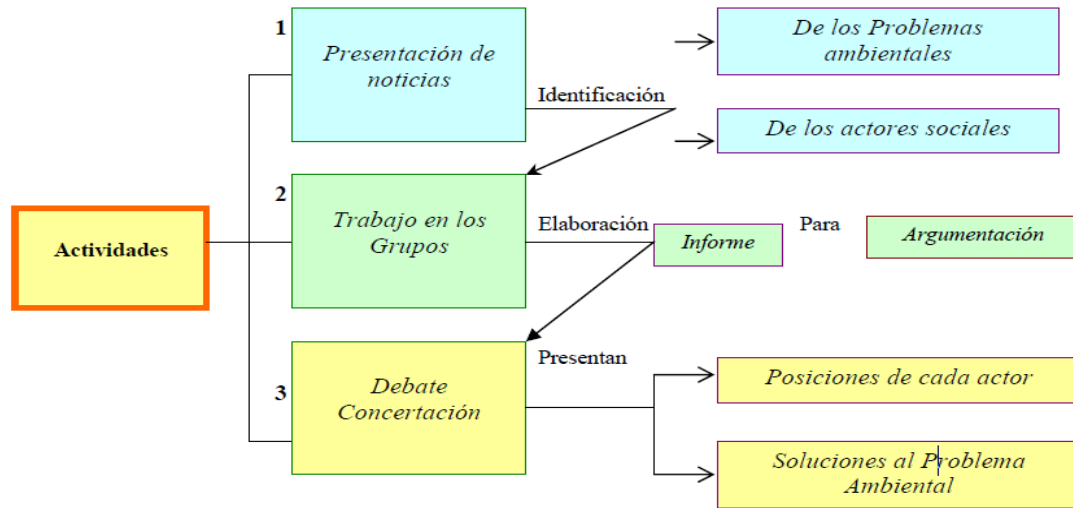
**Figura 3-1:** Proceso de la construcción del simulador de casos, adaptado de Martínez, Villamil y Peña (2006)



El grupo que participa en la configuración de esta red o simulación ha de organizarse de forma estratégica para que se dinamice la discusión, en tanto cada actor social por equipos, asume un rol específico que debe apropiarse y defender desde la argumentación y las posiciones que les haya correspondido en la controversia; pues su sentido es generar una educación en la participación democrática. Estas acciones se especifican en el siguiente sistema de procesos.



**Figura 3-2:** Sistema de relaciones del simulador de casos, tomado de Martínez, Villamil y Peña (2006)



Es así, que la metodología de casos simulados desde este sistema de procesos posibilita consolidar los objetivos de la educación de los CTS, pues parte de un componente formativo basado en las experiencias de participación pública. Bajo esta dinámica, el caso simulado en el aula se instituye como un sistema didáctico de participación pública que posibilita un debate igualitario de diferentes tipos de legos e involucrando diferentes campos de acción.

Para el diseño de la estrategia didáctica enmarcada en el modelo de casos simulados, se tomó como punto de referencia el plan de estudios del colegio para el grado décimo, los estándares básicos de competencias del área de Ciencias Naturales y Educación Ambiental, y el análisis de los resultados hallados en la aplicación del cuestionario tipo Likert sobre las concepciones acerca del mercurio.

### **3.3 Estrategia didáctica a partir del modelo de estudio de casos simulados, desde el enfoque ciencia, tecnología y sociedad**

A continuación se presenta la estructura de la estrategia didáctica (Anexo E) implementada para el grupo de estudiantes.

#### ***Título: El mercurio un metal más peligroso de lo que pensamos***

La presente estrategia didáctica fundamentada en la perspectiva Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) se encuentra enmarcada en el modelo de estudio de casos simulados, aplicado a las propiedades y efectos del mercurio en los procesos de minería aurífera, sobre la salud y el ambiente. Esta estrategia se desarrollará con estudiantes de grado décimo de una Institución Educativa Distrital.

Partiendo de los resultados del cuestionario “Concepciones sobre el mercurio”, aplicado a los estudiantes como prueba de entrada, en el cual se indagaban los saberes previos acerca de los efectos del mercurio en la salud y el ambiente. La estrategia inicia con la contextualización sobre el mercurio, ya que se evidenció en los estudiantes desconocimiento frente a la temática abordada.

Posteriormente, se desarrollará la estrategia desde los casos simulados con el fin de que los estudiantes reconozcan la problemática, tomen conciencia de esta y aporten ideas que puedan plantear soluciones a los problemas ocasionados sobre la salud y el ambiente, que genera el mercurio liberado en los procesos de minería aurífera

***Introducción:*** En Colombia se desarrolla la minería desde hace siglos, aumentando su auge y explotación de forma legal e ilegal en las últimas décadas. Algunos departamentos del país se caracterizan por tener mayor presencia de minería, entre los que se destacan Antioquia, Chocó, Córdoba, Bolívar y Sucre. Adicionalmente, en estas zonas se ha detectado mayor contaminación con mercurio en afluentes de agua, peces y población en general, ya que en gran parte de estos territorios se realiza la extracción ilegal de oro en

suelos y rocas empleando métodos artesanales de lavado, fundamentados en el uso de mercurio para la formación de amalgamas.

El mercurio (Hg) es considerado uno de los elementos químicos más tóxicos para los seres vivos, autores como Driscoll, Mason, Chan, Jacob y Pirrone (2013), reconocen el mercurio como un contaminante global que afecta la salud humana y el ecosistema, por lo tanto no solo requiere intervención y control político, sino también educativo.

El hecho de que los estudiantes tengan contacto con esta problemática y analicen estas realidades, es de gran relevancia para generar conciencia y plantear posibles soluciones; aunque no sea una situación cercana para ellos, en algún momento puede incidir en su cotidianidad.

**Objetivos:**

Reconocer la problemática producida por el uso del mercurio en los procesos de minería aurífera en Colombia sobre la salud y el ambiente.

Valorar diversas fuentes de información.

Asumir la responsabilidad en la toma de decisiones que orientan y controlan la minería.

Participar en el proceso simulado en la toma de decisiones con temáticas de gran importancia social.

**Contextualización:** La educación técnica y científica corresponde a una relación concreta entre la teoría y la práctica, ya que el contenido de la CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad) permite el acceso y aporta una visión sobre su papel social e impacto en la humanidad desde sus criterios sistémicos. Es así como, los casos CTS en aula abordan cuestiones técnicas y científicas de relevancia social y axiológica, debido a que en su intervención el sujeto puede tomar decisiones explícitas o implícitas sobre estos asuntos.

En esta línea, el Grupo Argo de España genera una propuesta interdisciplinar crítico-alternativa, denominada, “simulaciones educativas de controversias CTS”, las cuales por su naturaleza susceptible al tratamiento educativo, relaciona los movimientos sociales con el ámbito académico desde la interacción de la ciencia tecnología y sociedad; facilitando

desde su ejecución procedimental la participación pública y la promoción de prácticas de aprendizaje social efectivo.

La estrategia de casos simulados está diseñada para ser trabajada en cuatro (4) equipos, de tres (3) a seis (6) estudiantes, durante tres (3) sesiones (Anexo E). Como resultado de cada sesión los estudiantes realizarán y socializarán un informe a sus compañeros de clase desde el rol o papel social que estén representado.

- **Ministerio de Minas y Energía:** Es la institución que se encarga de dirigir la política nacional en cuanto a minería, hidrocarburos e infraestructura energética, por lo tanto, debe propiciar espacios de discusión para escuchar a los actores que intervienen en esta problemática y buscar posibles soluciones. (Este equipo será quien dirija el ejercicio, funcionará como moderador).
- **Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible:** Entidad que en conjunto con el Ministerio de Minas y Energía, se encarga de generar legislación con relación a la minería y los efectos sobre el ambiente que ésta pueda llegar a causar; de igual forma, dirige operativos en contra de la minería ilegal.
- **Mineros auríferos artesanales:** Personas que se dedican al oficio de la extracción de oro manual, utilizando el mercurio para la misma, sin ningún tipo de protección, ni precaución. Sin embargo, es el único sustento económico que les permite brindar alimento y bienestar a sus familias, y beneficiar a otros miembros de la comunidad.
- **Población afectada por los efectos del mercurio:** Todas aquellas personas que directa e indirectamente se ven afectadas en su salud por los efectos del mercurio liberado durante los procesos de minería aurífera.





## 4. Resultados y Análisis

### 4.1 Cuestionario tipo Likert titulado "Concepciones sobre el mercurio"

El cuestionario tipo Likert en este trabajo sirvió para cuantificar, universalizar y conseguir comparabilidad de la información, en razón a que el escalamiento acumulativo de los ítems posibilita cuantificar fenómenos intangibles y subjetivos; a la vez es un instrumento preciso y bien organizado.

Con el fin de identificar las creencias y saberes previos de los estudiantes sobre los efectos del mercurio en la salud y el medio ambiente, se diseñó, validó y aplicó el cuestionario titulado "Concepciones sobre el mercurio" (Anexo A). A continuación se presentan los resultados y el análisis que surgió a partir de la aplicación de este cuestionario.

#### 4.1.1 Resultados y análisis del cuestionario "Concepciones sobre el mercurio"

Las respuestas de los estudiantes se transcribieron y se organizaron en una matriz (Anexo D), que permitió consolidar los resultados a través del siguiente análisis y consideraciones.

**PREGUNTA 1:** *¿Qué conoces del mercurio (símbolo químico, estado, usos, peligros, etc.)?*

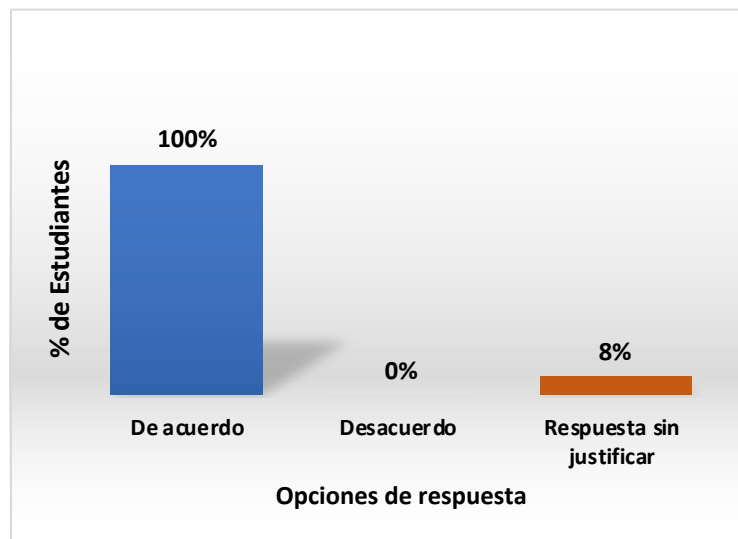
Esta pregunta indaga acerca de varios componentes que reúnen aspectos conceptuales y propiedades del mercurio, en la cual se evidencia que el 95% de los estudiantes identifican el símbolo químico y el estado en el que se encuentra el mercurio a temperatura ambiente. Además la mayoría de ellos reconoce que este metal es un elemento tóxico, asociando su peligrosidad con el cáncer y su uso con el termómetro, instrumento para medir la temperatura.

Desde la pregunta dos (2) hasta la pregunta (6) se emplearon las opciones de acuerdo/desacuerdo, presentes en las encuestas tipo Likert ya que permiten medir las opiniones de los estudiantes de una manera más confiable.

**PREGUNTA 2:** *El mercurio es tóxico para los seres vivos. De acuerdo/Desacuerdo - ¿Por qué?*

En esta pregunta el 100% de los estudiantes está de acuerdo con esta afirmación. A través de las respuestas y justificaciones que escribe el grupo, se logra evidenciar la relación desfavorable que establecen entre este metal y las implicaciones en la salud de los seres vivos y en las afectaciones de los ecosistemas. El 8% de los estudiantes indica estar de acuerdo sin justificar su respuesta, lo que permite inferir la falta de conocimiento sobre el tema (Figura 4-1).

**Figura 4-1:** Resultados de la pregunta 2 – Cuestionario de concepciones acerca del mercurio

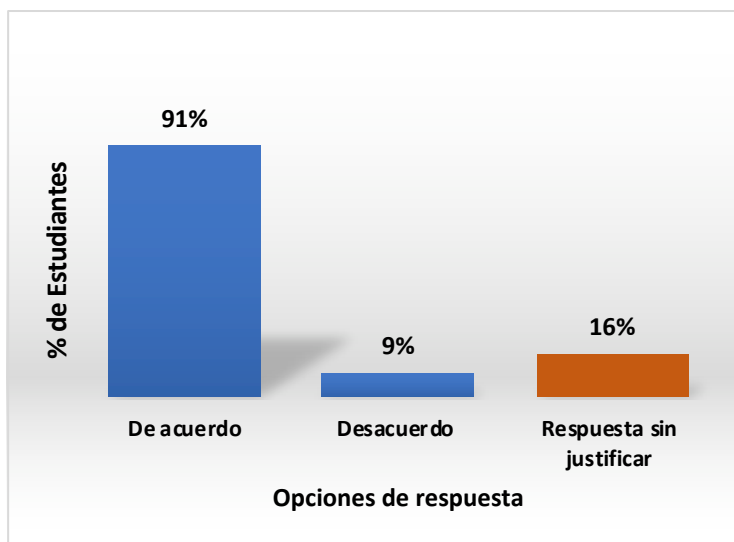




**PREGUNTA 3:** *¿El uso de mercurio constituye riesgo para la salud humana? De acuerdo/Desacuerdo - ¿Por qué?*

Las respuestas de los estudiantes para esta pregunta arrojan un 91% del grupo que se encuentra de acuerdo, justificando su elección con argumentos asociados a perjuicios para la salud humana en enfermedades como el cáncer y malformaciones en el feto. Estas respuestas evidencian la coherencia de las opiniones entre la pregunta 2 y la pregunta 3. Sin embargo, el restante 9% de los estudiantes que en la pregunta anterior se encontraba de acuerdo con la afirmación que el mercurio era tóxico para los seres vivos, en esta pregunta se encuentra en desacuerdo, justificando que quienes lo usan tienen conocimiento de cómo manipularlo y sus consecuencias, además que las afectaciones de salud se generan es por la cantidad de mercurio que se emplea y el uso que se le da. Adicionalmente, el 16% de los estudiantes escoge una de las opciones sin justificar sus respuestas o indicando su desconocimiento a través de la frase “no sé” (Figura 4-2).

**Figura 4-2:** Resultados de la pregunta 3 – Cuestionario de concepciones acerca del mercurio



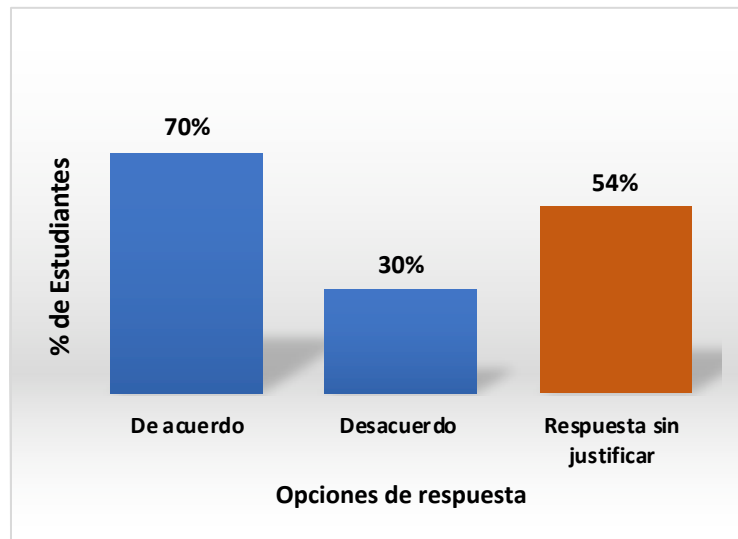
**PREGUNTA 4:** *La mayoría de residuos de mercurio presentes en las cuencas de agua de Colombia es originada por la extracción de oro. De acuerdo/Desacuerdo - ¿Por qué?*

En este enunciado el 70% del grupo se encuentra de acuerdo con la afirmación y el restante 30% en desacuerdo. Sin embargo, el 54% de los estudiantes, más de la mitad del

grupo, solo elige una opción sin argumentar su decisión, incluso manifiestan no tener conocimiento sobre lo que se les pregunta usando la frase “no sé”; lo que evidencia nuevamente un conocimiento del mercurio en usos cotidianos como el termómetro, más no su uso en procesos de minería aurífera que generan un gran impacto ambiental.

Los estudiantes que están de acuerdo con la afirmación argumentan que el uso del mercurio afecta la calidad del agua y por lo tanto la vida de los peces. Y quienes están en desacuerdo justifican que la presencia de mercurio en las cuencas de agua se origina por residuos de las fábricas. Estas ideas escritas por algunos estudiantes permiten inferir que se tiene un saber inicial sobre el uso del mercurio en los procesos de producción en las fábricas y la extracción de oro (Figura 4-3).

**Figura 4-3:** Resultados de la pregunta 4 – Cuestionario de concepciones acerca del mercurio



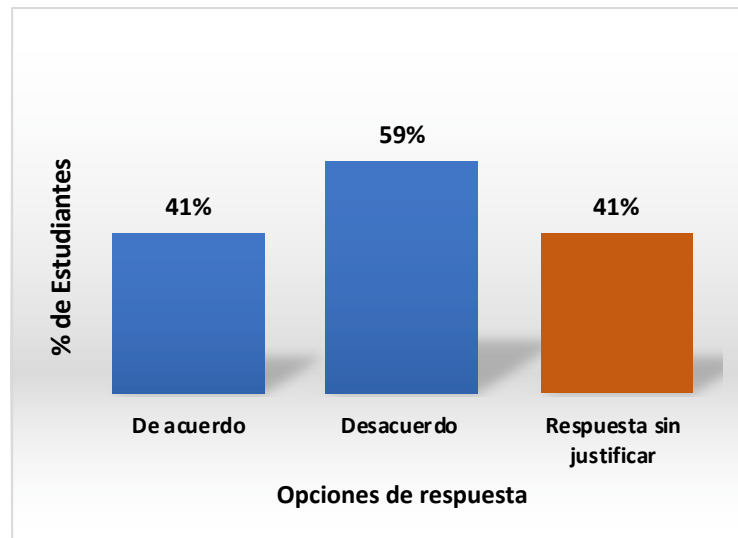
**PREGUNTA 5:** *Algunos de los alimentos que consumes o has consumido se encuentran contaminados de mercurio. De acuerdo/Desacuerdo - ¿Por qué?*

El 41% de los estudiantes está de acuerdo con este enunciado, el restante 59% en desacuerdo. De estos resultados, el 41% solo selecciona la opción pero no justifica su elección, lo que evidencia nuevamente desconocimiento de la presencia de mercurio en

situaciones cotidianas, como lo son el consumo de alimentos de uso diario que pueden ser una fuente de exposición constante de este metal.

Dentro de las afirmaciones del grupo de estudiantes que está de acuerdo con el enunciado expresan que el pescado que consumimos se extrae de ríos contaminados con mercurio, que puede haber presencia de este metal en otros alimentos como el pollo y en enlatados como el atún. Quienes están en desacuerdo refieren que los alimentos que consumen pasan por procesos de limpieza, es decir, que cumplen proceso de inocuidad alimentaria (Figura 4-4).

**Figura 4-4:** Resultados de la pregunta 5 – Cuestionario de concepciones acerca del mercurio

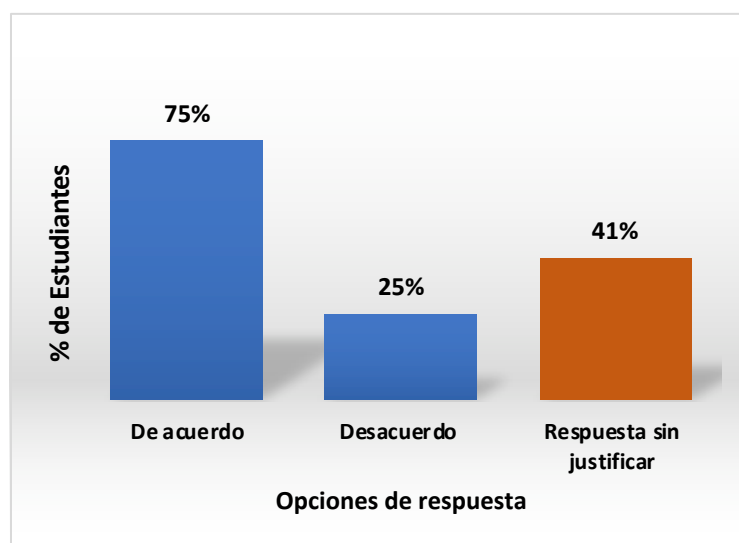


**PREGUNTA 6:** *Los fetos, al igual que los lactantes y los niños, son particularmente susceptibles al daño causado por la exposición al mercurio. De acuerdo/Desacuerdo - ¿Por qué?*

En esta última afirmación el 75% de los estudiantes se encuentra de acuerdo con el enunciado y el 25% restante en desacuerdo. El grupo que eligió estar de acuerdo fue quien argumentó sus respuestas manifestando que la exposición al mercurio provoca malformaciones en el feto, enfermedades como algún síndrome o cáncer, enfermedades en la madre y el bebé por el consumo de alimentos contaminados con este metal, incluso muerte del feto y de la madre gestante.

En esta pregunta nuevamente el 41% selecciona la opción sin argumentar su elección o aludir desconocimiento acerca de lo que se enuncia. De esta manera, se evidencia una vez más aunque los estudiantes tengan un conocimiento de la forma elemental del mercurio desconocen otras formas en las que puede estar presente este metal, como el metilmercurio, que afecta el sistema nervioso del ser humano (Figura 4-5).

**Figura 4-5:** Resultados de la pregunta 6 – Cuestionario de concepciones acerca del mercurio



La identificación de los conocimientos previos que existen en el grupo sobre el mercurio y sus formas, permiten establecer el nivel de saberes que tienen los estudiantes y relacionarlos con la información nueva que va a interactuar en la propuesta didáctica.

Los resultados obtenidos en el cuestionario, de forma general, presentan que los estudiantes participantes en este trabajo, poseen pocos conocimientos acerca de las generalidades del mercurio, específicamente en aspectos como masa atómica, número atómico, usos, peligros, entre otros. Esto supone una dificultad que es importante abordar en la estrategia didáctica que se va a diseñar, ya que identificar los efectos del mercurio en la salud y el medio ambiente implica conocer las propiedades de este metal, porque los efectos a la salud de cualquier sustancia peligrosa dependen de la dosis, las características y la manera de exposición.

En los hallazgos que surgieron en el grupo sobre los efectos del mercurio en la salud y en el medio ambiente, se logra identificar que la mayoría de estudiantes conoce que el mercurio (Hg) es un metal tóxico que al ser expuesto en grandes cantidades puede generar diferentes problemáticas de salud en los humanos como cáncer, malformaciones genéticas, intoxicaciones, y que de igual forma el Hg contamina el agua y con ella, los animales y plantas que allí habitan. Estos resultados son favorables ya que permite partir de ellos para introducir en la estrategia didáctica los niveles de exposición del mercurio que afectan la vida humana y el medio ambiente.

En la interpretación de los resultados que indaga sobre el origen del mercurio que contamina los ríos, muy pocos estudiantes lo asocian con el uso de este elemento en fábricas y solo uno de ellos menciona la extracción de minerales. Sin embargo, se evidencia que más de la mitad del grupo no logra argumentar acerca de la extracción de oro y su relación con los residuos de mercurio en las cuencas de agua en el país. Estos resultados validan la existencia de este trabajo, ya que el diseño de la estrategia didáctica está orientada a conocer los efectos que produce el mercurio durante los procesos de minería aurífera.

Finalmente, al indagar los saberes previos de los estudiantes en relación a la afirmación, sí los alimentos que consumen o han consumido pueden estar contaminados por mercurio, una parte del grupo asocia esta contaminación por medio del agua, los peces, el pollo y hasta los enlatados, y otra parte del grupo no argumenta esta aseveración por desconocimiento. Esto implica que la estrategia didáctica favorezca que el estudiante además de identificar los alimentos contaminados pueda asociar la procedencia de los factores de contaminación, que está ligada a una consecuencia de la acción humana.

A partir de la interpretación los resultados anteriores, se estableció la estructura y el contenido de la estrategia didáctica, cuyos objetivos son: a) reconocer la problemática, efectos en la salud y el ambiente producidos por el uso del mercurio en los procesos de minería aurífera en Colombia; b) valorar diversas fuentes de información; c) asumir la responsabilidad de la toma de decisiones que orientan y controlan la minería; y d) participar en el proceso simulado de toma de decisiones con temáticas de gran importancia social.

## 4.2 Aplicación y Análisis de la estrategia didáctica a partir del modelo de estudio de casos simulados, desde el enfoque ciencia, tecnología y sociedad (CTS).

A partir de la aplicación de la estrategia didáctica titulada “El mercurio un metal más peligroso de lo que pensamos”, desarrollada a través de tres (3) sesiones, se pretendía que los estudiantes lograran reconocer la problemática sobre los efectos en la salud y el ambiente producidos por el uso del mercurio en los procesos de minería aurífera en Colombia, valoraran diversas fuentes de información, asumieran la responsabilidad de la toma de decisiones que orientan y controlan la minería, y finalmente participaran en el proceso simulado de toma de decisiones con temáticas de gran importancia social. El siguiente apartado desglosa los tres momentos que constituyen la estrategia didáctica, desarrollada con los estudiantes de grado décimo del Colegio Nueva Esperanza IED.

### 4.2.1 Sesión 1: Conceptualización

Esta primera sesión (Anexo E) surge de la necesidad de puntualizar conceptos, aclarar ideas previas y reforzar nociones sobre el mercurio y algunos de sus usos, identificados en los resultados del cuestionario tipo Likert. Es fundamental iniciar con estrategia didáctica ya que para avanzar a los efectos del mercurio en la salud y el medio ambiente, primero los estudiantes deben tener claridad en los conceptos básicos y propiedades que caracterizan este metal. La planeación y resultados de la sesión 1 se presentan a continuación.

**Objetivo:** Contextualizar propiedades físicas, químicas y algunos usos del mercurio.

**Recursos:** Video sobre el mercurio - <https://www.youtube.com/watch?v=M3Jgt0gXy8k>

**Tiempo:** Dos horas de clase.

**Descripción:** La primera sesión inicia con la socialización de los resultados del cuestionario tipo Likert. En un segundo momento, se presenta el video sobre el mercurio dando pausas interactivas de la información que se expone. Después, los estudiantes diligencian de forma individual la información (Tabla 4-1) que reúne propiedades del mercurio. Ya con los datos registrados se organizan grupos de cuatro (4) estudiantes, con

la finalidad de socializar y complementar las respuestas. Finalmente, un vocero de cada grupo transmite la información consolidada, en este punto el docente orienta las intervenciones para fortalecer la conceptualización del grupo y genera conclusiones para enlazar la sesión 2, enfocada hacia los efectos de la salud y el ambiente producidos por la liberación de mercurio durante los procesos de minería aurífera.

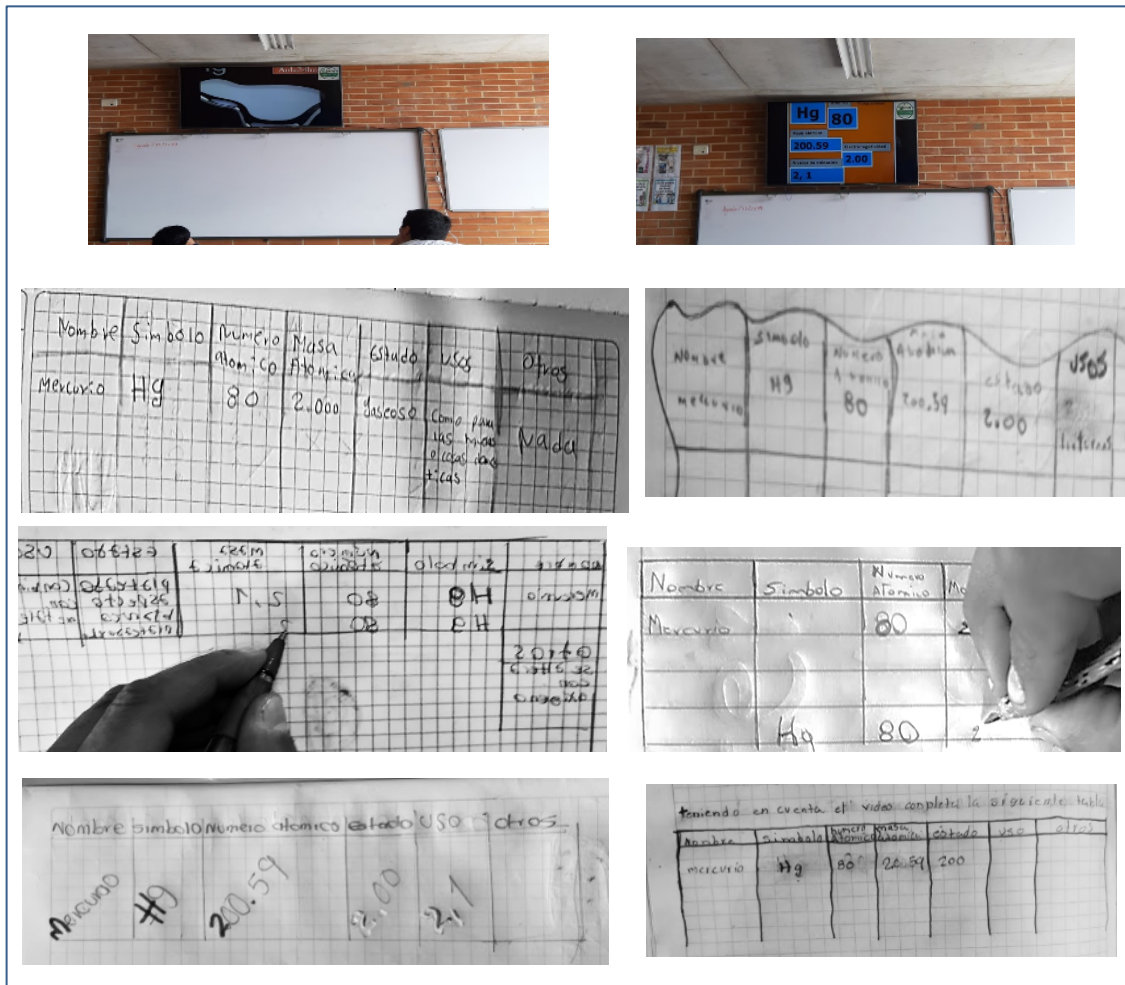
**Tabla 4-1:** Propiedades y usos del mercurio

Nombre	Símbolo	Número atómico	Masa atómica	Estado	Usos	Otros

**Resultados obtenidos:** Desde el aspecto pedagógico en esta primera sesión se evidencia el interés que el tema del mercurio genera en los estudiantes, ya que en las pausas interactivas del video se presentaron varios interrogantes sobre la temática. Desde el aspecto conceptual los estudiantes lograron reconocer aspectos generales del mercurio como su símbolo (Hg), número atómico (80), masa atómica (200.59 uma), pero en cuanto al estado existen algunas discrepancias (líquido-sólido), y también en cuanto a los usos (Tabla 4-2). Aunque en el video se explica las diversas utilidades del mercurio, aún siguen plasmando que es empleado en los termómetros, desconociendo así los demás usos. En el ítem “Otros”, los estudiantes resaltaron la propiedad que tiene el mercurio de unirse a otros metales, como el oro y la plata, sin mencionar algún otro aspecto.

Por otra parte, se debe resaltar que al momento de escoger el vocero se presentaron dificultades puesto que los estudiantes se muestran muy reacios a tomar la vocería de los grupos, de igual forma, en la socialización se evidencia falta de confianza y liderazgo.

Tabla 4-2: Evidencias Sesión 1



#### 4.2.2 Sesión 2: Noticia Ficticia – ¿El mercurio metal mortal? Falso o verdadero.

La estrategia didáctica para la segunda sesión (Anexo E) se centra en presentar la problemática que surge del uso del mercurio en proceso de minería aurífera en Colombia a través de una noticia ficticia. De esta manera, la conceptualización de la sesión anterior permite un proceso organizado y evita que se generen nuevos conceptos de forma aislada, sino por el contrario, favorece la relación de las ideas anteriores con las nociones nuevas para comprender el origen de esta problemática que produce el mercurio en la salud y el medio ambiente. Además, se da inicio al desarrollo al modelo de casos simulados a partir de la noticia ficticia presentada.



La planeación, desarrollo y resultados de la sesión 2 se presentan a continuación.

**Objetivos:**

- Conocer la problemática “Efectos en la salud y el ambiente producidos por el uso del mercurio en los procesos de minería aurífera en Colombia”.
- Participar en el proceso simulado de toma de decisiones con temáticas de gran importancia social.

**Recursos:** Noticia ficticia y gafetes con los nombres de los actores sociales.

**Tiempo:** Dos horas de clase.

**Descripción:** Para la segunda sesión se divide el curso en cuatro (4) grupos de 3 a 6 estudiantes, a cada grupo se le entrega una noticia ficticia que informa sobre los efectos en la salud y el ambiente, producidos por la liberación de mercurio durante los procesos de minería aurífera. Se les solicita a los estudiantes que realicen una primera lectura donde identifiquen y entablen un dialogo alrededor de la idea principal del texto y el impacto que tiene el mercurio para la salud humana y el medio ambiente. Luego, se le solicita a cada equipo elegir uno de los siguientes roles que se relacionan con el tema de la noticia.

- Ministerio de Minas y Energía
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
- Mineros auríferos artesanales
- Población afectada por los efectos del mercurio

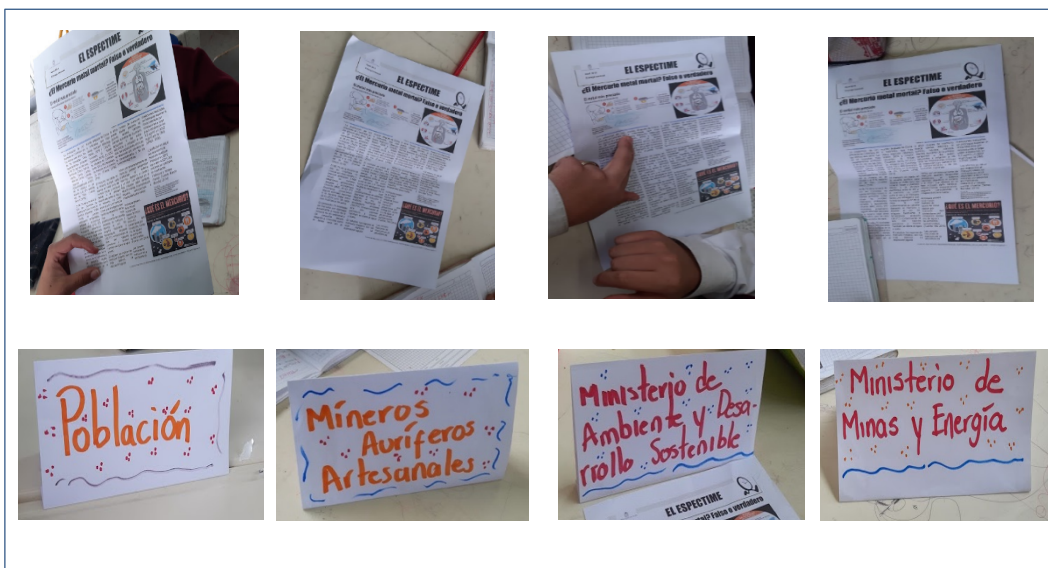
Después de asignados los roles, los estudiantes hacen una segunda lectura de la noticia y presentan una propuesta escrita frente a la postura de su actor a la temática planteada. Como compromiso para la próxima sesión el equipo debe buscar información frente a su rol, para ampliar y profundizar los argumentos o encontrar otros nuevos.

Con la información obtenida realizan un informe en el que resumen lo encontrado, extraen las ideas principales, plantean una posible solución a la problemática, preparan la defensa de sus tesis y los ataques a otras posturas. Cada grupo tendrá la oportunidad de exponer al resto de grupos su informe, por ende, expondrán su posición y argumentos en la próxima sesión.

**Resultados obtenidos:** Desde el aspecto pedagógico los estudiantes en esta segunda sesión lograron generar normas y pautas de trabajo para realizar la lectura de la noticia ficticia de manera grupal (Tabla 4-3), incluso se favoreció el respeto por las intervenciones de cada uno de los compañeros. A nivel conceptual, durante el espacio de diálogo de la noticia al interior de cada grupo, se pudo identificar aportes de los estudiantes relacionados con el mercurio afectando a ríos, océanos, el aire y el suelo; acumulación de este metal en peces y plantas que el ser humano consume; la exposición en general que tiene toda la población al mercurio, como mujeres embarazadas y bebés en gestación. Además, los estudiantes socializan sobre los usos del mercurio en procesos de extracción de forma artesanal y comparan el número de personas que han presentado afectaciones de salud por la exposición a este metal.

Luego de distribuir cada uno de los roles (Tabla 4-3), los grupos realizan preguntas al docente sobre la función de cada rol y a partir de la explicación y la información de la noticia, los estudiantes generan ideas que favorecieran su personaje y formularon algunas preguntas para afectar la postura de los otros roles, enfocados en los efectos que produce el mercurio y su incidencia en la salud de los seres humanos, el daño al medio ambiente y a los demás seres vivos.

**Tabla 4-3:** Evidencias Sesión 2



### 4.2.3 Sesión 3: Juego de roles

En esta tercera y última sesión (Anexo E) se realiza el desarrollo del caso simulado que va a funcionar como hilo conductor para abordar la problemática ambiental y los efectos de la salud que produce el mercurio en el uso de la minería aurífera artesanal. Es así como, esta sesión busca relacionar los contenidos sobre el mercurio, trabajados en las sesiones anteriores, con el problema socioambiental que genera la exposición de este metal en el ecosistema y la salud de muchos seres vivos, a través de la intervención de los actores sociales durante el ejercicio de la estrategia didáctica del caso simulado.

El desarrollo de esta sesión se presenta a continuación.

**Objetivos:**

- Asumir la responsabilidad de la toma de decisiones que orientan y controlan la minería aurífera artesanal.
- Participar en el proceso simulado de toma de decisiones con temáticas de gran importancia social.

**Recursos:** Noticia ficticia, gafetes con los nombres de los actores, informes de cada grupo, video <https://www.youtube.com/watch?v=6YceS8AEgwY>

**Tiempo:** Dos horas de clase.

**Descripción:** Esta sesión inicia con la lectura de los parámetros establecidos para desarrollar la estrategia didáctica de caso simulado, parte de estos parámetros es elegir el actor social que va a cumplir la función de moderador, además de desempeñar su rol. De esta manera, quien asume esta labor es el equipo de Ministerio de Minas y Energía.

En la primera parte de esta sesión cada grupo con sus integrantes hizo lectura del informe de su rol social con la finalidad de valorar y corroborar la veracidad de las diversas fuentes de información, y preparar su postura para los otros actores sociales; esta actividad fue orientada por el docente. A continuación, se inició el debate donde cada grupo representó su rol determinado, exponiendo sus ideas y defendiendo cada una de sus posturas con la información recopilada en el informe escrito, así se enfrentaron las razones de cada rol del caso simulado.

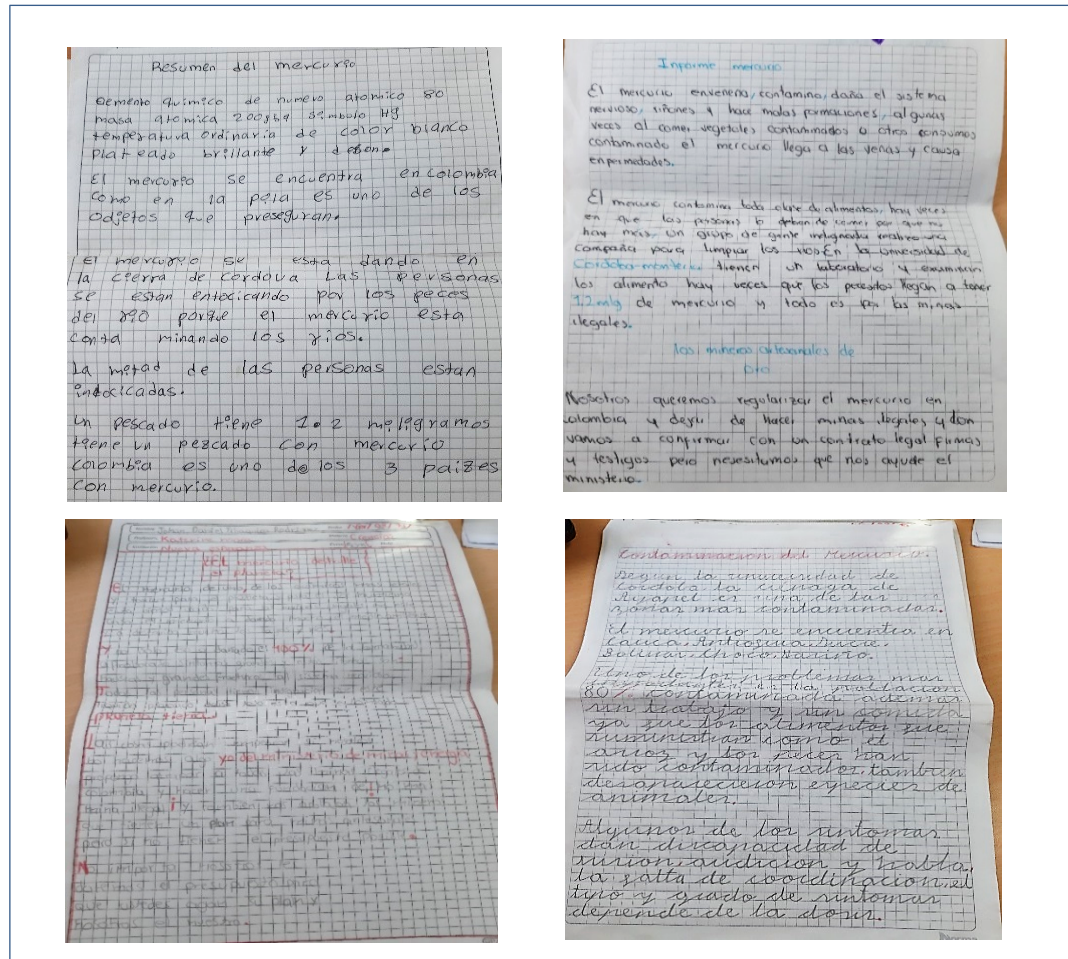
Para finalizar esta sesión y concluir la estrategia didáctica se mostró el video “El mercurio contaminó la ciénaga de Ayapel y ahora envenena a personas, animales y cultivos”, con el fin de generar una reflexión colectiva frente a la problemática “Efectos sobre la salud y el ambiente debido a la liberación de mercurio durante los procesos de minería aurífera”.

**Resultados obtenidos:** A nivel pedagógico la estrategia didáctica de caso simulado, favoreció un debate en el cual se evidenció que los estudiantes lograron trabajar en grupo, desarrollar competencias y habilidades argumentativas y propositivas de tipo social y ambiental a partir de una problemática existente en nuestro país. Además, se involucraron de forma significativa al ejercicio de la clase, creando un ambiente académico diferente al rutinario, ya que cada grupo asumió el rol que le correspondió en donde prepararon la defensa de sus tesis y las contravenciones a las otras posturas (Tabla 4-4). En este punto es importante resaltar que durante el trabajo en grupo se favoreció el respeto por las intervenciones de los demás compañeros, se propició la elocuencia en las defensas y ataques.

A nivel conceptual los estudiantes fueron mostrando un avance a lo largo de las sesiones, dando como resultado en esta última sesión una apropiación sobre otros usos diferentes del mercurio a los que ellos asociaron en sus ideas previas, como su uso en vacunas, bombillos, componentes eléctricos y amalgamas dentales. Es así como pudieron dar respuesta al impacto que genera este metal en la contaminación de ríos, suelos y seres vivos que se encuentran cercanos a las fuentes de emisión, además, lograron identificar como se encuentran expuestos al mercurio a través del consumo de algunos productos alimenticios como el pescado, ruptura de bombillas o manipulación de del mercurio presente en termómetros.

Finalmente, el video final que se presentó para dar cierre a la estrategia didáctica de casos simulados, aportó a la postura crítico- reflexivas que los estudiantes fueron adquiriendo de esta problemática socioambiental que nos involucra a todos.

Tabla 4-4: Evidencias Sesión 3



La implementación de la estrategia didáctica sobre casos simulados se evidencia que el desarrollo de estas herramientas pedagógicas en el aula de clase favorece la conceptualización de las ciencias y promueven el interés de los estudiantes en problemáticas socioambientales. Por tal razón, es fundamental evaluar el alcance y avance que presentan los estudiantes con prácticas pedagógicas que involucren estas estrategias en el aula de clase.



## **5. Conclusiones y recomendaciones**

### **5.1 Conclusiones**

El desarrollo de este trabajo que involucra procesos de aprendizaje y enseñanza en el área de las ciencias, permite concluir los siguientes aspectos al finalizar este estudio:

Los saberes previos son el punto de partida para los procesos de enseñanza en ciencias ya que son una herramienta fundamental para que el docente evalúe los conceptos base que poseen los estudiantes en relación con los conceptos que debería tener para su grado escolar. De esta manera, la exploración inicial de creencias y conceptos previos que se realizó sobre el mercurio y los efectos que produce en la salud y el medio ambiente, permitió identificar las nociones reales de los estudiantes y a partir de estos resultados estructurar y diseñar la estrategia didáctica.

La vinculación de los saberes previos para abordar cualquier concepto de las ciencias beneficia el proceso de enseñanza – aprendizaje, puesto que no se puede dar por hecho la adquisición de conocimientos que el estudiante debería tener, sino por el contrario, partir de los saberes con los que ya cuenta para vincular nuevos conceptos y favorecer el desarrollo de saberes más complejos.

Los estudiantes en sus saberes previos identifican conceptos básicos sobre el mercurio reconociendo su símbolo químico Hg, su estado líquido, su uso en función del termómetro y que su toxicidad puede generar alguna afectación en la salud de los seres humanos y vivos en general; sin embargo, desconocen de qué manera este metal llega a los cuerpos

de los organismos. Por esta razón, no logran reconocer la presencia de este metal en el ecosistema, ni analizar como su uso antropogénico afecta el medio ambiente y la salud de los seres vivos, especialmente cuando se emplea para prácticas de minería aurífera artesanal.

Iniciar procesos de enseñanza que se fundamenten en saberes previos implica organizar un primer momento de conceptualización que aporte a los diferentes niveles cognitivos que tienen los estudiantes, con la finalidad de adquirir los conceptos bases que van a facilitar el desarrollo de conceptos nuevos y más complejos. Es así como, la estructura de la estrategia didáctica planteó este primer momento que aportó a la comprensión de la problemática de los efectos del uso del mercurio en la salud y el medio ambiente.

La enseñanza de las ciencias implica abordar todos los conocimientos propios de esta área teniendo en cuenta los estándares básicos de aprendizaje establecido por el MEN, las particularidades de la institución, el contexto e intereses de los estudiantes. Por esta razón, la estrategia didáctica de este trabajo se estructuró teniendo en cuenta estos lineamientos curriculares, haciendo énfasis en el eje de compromisos personales y sociales, el cual busca analizar las implicaciones que tienen el uso de elementos químicos como el mercurio en la sociedad y el ambiente; al igual que, la relación ciencia, tecnología y sociedad donde el estudiante pudo identificar los efectos nocivos del mercurio en el consumo o manipulación de diferentes productos.

El enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad es una propuesta metodológica viable para favorecer la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, específicamente para este trabajo, ya que propició que los estudiantes realizarán un trabajo reflexivo sobre las implicaciones del mercurio en la sociedad y el medio ambiente. Incluso, el diseño de esta estrategia didáctica a partir del enfoque CTS permitió que los estudiantes visualizaran las ciencias como un área del conocimiento útil para identificar las problemáticas ambientales y generar aportes que ayuden a su resolución.

La aplicación del modelo de estudio de casos simulados como parte de la estructura y desarrollo de la estrategia didáctica bajo el enfoque CTS promovió el conocimiento de la actividad científica en temáticas específicas como el mercurio y sus implicaciones, a través



del ejercicio práctico de valoración de informes de diferentes fuentes de información, exposición de ideas del informe, defensa de posturas de un actor social específico y participación en el debate.

La estrategia didáctica desde la perspectiva Ciencia, Tecnología y Sociedad enmarcada en el modelo de estudio de casos simulados, se ha abordado teóricamente desde hace muchos años, pero esto no implica que sea una estrategia que no aporte a la realidad educativa actual, por el contrario, en este trabajo se evidencia que la aplicación de este enfoque incluye muchos elementos didácticos necesarios para promover la enseñanza de las ciencias a partir de conceptos relacionados con el uso científico en aplicaciones tecnológicas que generan un impacto en la sociedad.

## **5.2 Recomendaciones**

Implementar el modelo de estudio de casos simulados como estrategia didáctica desde la perspectiva CTS en poblaciones rurales en donde la minería aurífera sea la principal fuente de ingresos, con el fin de establecer herramientas conceptuales y pedagógicas que favorezcan la comprensión sobre las implicaciones del mercurio en la salud y el ambiente a las cuales se encuentran expuestos niños y jóvenes en su cotidianidad.

Diseñar una herramienta de comunicación con base en esta estrategia para socializar los usos del mercurio y su impacto en la salud y el ambiente en niños, mujeres embarazadas y mineros artesanales.

Emplear diferentes estrategias didácticas para enseñar las problemáticas socioambientales en el aula de clase, donde se involucren los saberes previos, la cotidianidad y el contexto del estudiante.

Generar espacios y recursos en las instituciones educativas para fomentar en los docentes el uso de estrategias didácticas que favorezcan los procesos de enseñanza y la apropiación del aprendizaje de los estudiantes en el aula.

Finalmente, es fundamental que en la escuela se propicien espacios de debates y conversatorios sobre problemáticas sociales, culturales y ambientales, con el fin de reflexionar y aportar soluciones viables que generen cambios en el contexto.

## Anexo A: Cuestionario tipo Likert “Concepciones sobre el mercurio.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

FACULTAD DE CIENCIAS  
MAESTRÍA EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES  
CUESTIONARIO CONCEPCIONES ACERCA DEL MERCURIO

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

Institución: \_\_\_\_\_

Con el fin de identificar las concepciones, creencias y saberes previos que tienes sobre los efectos del mercurio en la salud y el medio ambiente.

A continuación encontrarás una serie de enunciados, responde la primera pregunta teniendo en cuenta tus conocimientos y para el resto de las preguntas señala con una (X) **De acuerdo** o **Desacuerdo** y sustenta el porqué de tus respuestas.

1. ¿Qué conoces del mercurio (símbolo químico, estado, usos, peligros, etc.)?

---

---

---

---

---

2. El mercurio es tóxico para los seres vivos.

De acuerdo

Desacuerdo

¿Por qué?

---

---

---

3. ¿El uso de mercurio constituye riesgo para la salud humana?

**De acuerdo**  **Desacuerdo**

¿Por qué?

---

---

---

4. La mayoría de los residuos de mercurio presentes en las cuencas de agua de Colombia es originada por la extracción de oro.

**De acuerdo**  **Desacuerdo**

¿Por qué?

---

---

---

5. Algunos de los alimentos que consumes o has consumido se encuentran contaminados de mercurio.

**De acuerdo**  **Desacuerdo**

¿Por qué?

---

---

---

6. Los fetos, al igual que los lactantes y los niños, son particularmente susceptibles al daño causado por la exposición al mercurio.

**De acuerdo**  **Desacuerdo**

¿Por qué?

---

---

---



El mercurio es tóxico para los seres vivos									
La utilización del mercurio constituye riesgo para la salud, sin embargo, es ampliamente empleado en la industria eléctrica, instrumentos de control en el hogar, en laboratorios y en equipos médico.									
La contaminación con mercurio en Colombia es originada por la extracción de oro.									
Algunos de los alimentos que consumes o has consumido se encuentran contaminados de mercurio									
Los fetos, al igual que los lactantes y los niños, son particularmente susceptibles al daño causado por la exposición al mercurio.									

**COMENTARIOS GENERALES:**

**VALIDADO**  **NO VALIDADO**



---

**FIRMA DEL PROFESIONAL**

## Anexo C: Validación cuestionario tipo Likert por pares evaluadores



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

FACULTAD DE CIENCIAS  
MAESTRÍA EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

### MATRIZ DE TRIANGULACIÓN DE LA VALIDACIÓN DE DEL CUESTIONARIO CONCEPCIONES PREVIAS ACERCA DEL MERCURIO

PREGUNTA	PROFESIONAL	Identificar		Claridad		Lenguaje		Redacción		Comentarios
		Si	No	Clara	Confusa	No Adecuado	Adecuado	No adecuado	Adecuada	
1. ¿Qué conoces del mercurio (símbolo químico, estado, usos, peligros, etc.)?	Viviana Barinas		X	X			X		X	Es ambiguo, pues no se sabe si con la pregunta se va identificar un saber previo o una creencia
	Katherine Mora	X		X			X		X	
	Jaime Andrés Triana	X		X			X		X	
	Edwin Alberto Reyes	X		X			X		X	
2. El mercurio es tóxico para los seres vivos	Viviana Barinas		X	X			X		X	Para que el instrumento sea más claro y preciso se sugiere: •Distinción de las preguntas que se encuentran asociadas a la identificación de creencias a las de saberes previos • Si es un instrumento tipo Likert, se sugiere aumentar el número de puntos a la escala ,para así mismo evaluar un mayor espectro de respuestas.
	Katherine Mora	X		X			X		X	

	Jaime Andrés Triana	x		x			x		x	
	Edwin Alberto Reyes	x		x			x			
<b>3.</b> La utilización del mercurio constituye riesgo para la salud, sin embargo, es ampliamente empleado en la industria eléctrica, instrumentos de control en el hogar, en laboratorios y en equipos médico.	Viviana Barinas		x	x			x		x	
	Katherine Mora	X		X			X		X	
	Jaime Andrés Triana	x		x			x		x	
	Edwin Alberto Reyes		x		x		x		x	Es más informática, que interrogativa
<b>4.</b> La contaminación con mercurio en Colombia es originada por la extracción de oro.	Viviana Barinas		x	x			x		x	
	Katherine Mora	X		X			X		X	
	Jaime Andrés Triana		x		x	x			x	Es una proposición falsa dado que hay otras fuentes de contaminación de Hg Referente a la proposición 4, la afirmación es muy general, y se entiende o hace referencia a que la única fuente de contaminación por mercurio en Colombia sea producto de la actividad minera, sin embargo, no sé hasta qué punto los desechos hospitalarios, fabricación de instrumentos de medición u otras empresas emitan residuos con Hg, con lo que habría que modificar la afirmación con "La mayoría de los residuos
	Edwin Alberto Reyes		x		x		x	x		
<b>5.</b> ¿ Algunos de los alimentos que consumes o has consumido se encuentran	Viviana Barinas		x	x			x		x	
	Katherine Mora	X		X			X		X	Sería importante incluir la población a la cual se le va



contaminados de mercurio									aplicar el instrumento, para así realizar una validación más precisa.
	Jaime Andrés Triana	x		x			x		x
	Edwin Alberto Reyes	x		x			x		x
6. Los fetos, al igual que los lactantes y los niños, son particularmente susceptibles al daño causado por la exposición al mercurio.	Viviana Barinas		x	x		x			x
	Katherine Mora	X		X			X		X
	Jaime Andrés Triana	x		x			x		x
	Edwin Alberto Reyes		x		x		x	x	
									Se debe tener una diferenciación detalla acerca de lo que es una creencia y un saber previo, esto con el fin de su identificación con la implementación de dicho instrumento. Si se analizan las preguntas No 1 y 2 estás es tan determinadas de una forma directa a indagar sobre saberes previos que los estudiantes pueden tener acerca del tema en estudio. Mientras que las preguntas 3,4 y 6 no dan claridad sobre lo que se desea identificar. Se recomienda para ser más asertivo en la investigación; colocar una situación contextualizada, con el fin de familiarizar al estudiantado con el tema de estudio y donde se permita identificar las mismas con más certeza; o ya sea mejorar la redacción de dichas preguntas para lograr el objetivo planteado con el instrumento.

<b>PROFESIONAL</b>	<b>VALIDADO EL INSTRUMENTO</b>
Viviana Barinas	Si (con modificaciones)
Katherine Mora	Si
Jaime Andrés Triana	Si
Edwin Alberto Reyes	Si

## Anexo D: Matriz resultados cuestionario tipo Likert

Preguntas	1. ¿Qué conoces del mercurio (símbolo químico, estado, usos, peligros, etc.)?	2. El mercurio es tóxico para los seres vivos. De acuerdo Desacuerdo ¿Por qué?	3. ¿El uso de mercurio constituye riesgo para la salud humana? De acuerdo Desacuerdo ¿Por qué?	4. La mayoría de residuos de mercurio presentes en las cuencas de agua de Colombia es originada por la extracción de oro. De acuerdo Desacuerdo ¿Por qué?	5. Algunos de los alimentos que consumes o has consumido se encuentran contaminados de mercurio. De acuerdo Desacuerdo ¿Por qué?	6. Los fetos, al igual que los lactantes y los niños, son particularmente susceptibles al daño causado por la exposición al mercurio. De acuerdo Desacuerdo ¿Por qué?
Estudiante 1	Hg, líquido	De acuerdo, si porque es un elemento químico que tiene un mayor porcentaje de daño para la salud	De acuerdo, Si	De acuerdo. No se	Desacuerdo. No se	De acuerdo. Pues creo que el mercurio es un elemento químico mortal para el ser humano entonces si la madre embarazada se acerca al mercurio se puede morir y el feto también.
Estudiante 2	Hg, líquido	De acuerdo. Sin por qué	De acuerdo. No se la respuesta	No se la respuesta	No se la respuesta	No se la respuesta
Estudiante 3	Hg, estado varia de la temperatura, ayuda a medir la temperatura en un termómetro, es radioactivo y al estar en contacto con la piel puede generar cáncer u otras enfermedades.	De acuerdo, Si porque no puede estar en contacto con la piel.	De acuerdo. Porque puede generar cáncer, otras enfermedades y mal formación es en los fetos.	De acuerdo porque al extraerse oro se dejan pedazos de mercurio en el agua.	De acuerdo. Ya que si está en contacto con el agua llegaría a la comida por medio de la filtración.	De acuerdo. Porque provoca mal formaciones en el feto como síndromes etc.
Estudiante 4	Hg, líquido, no sé de ningún uso	De acuerdo. Porque es un metal líquido	De acuerdo. Si en altas cantidades	De acuerdo. Porque si	De acuerdo. Pero en muy bajas cantidades	Desacuerdo
Estudiante 5	Hg, líquido a temperatura ambiente, cuando esta tratado se usa en la medicina (se encuentra al interior de los termómetros-indicador) es peligroso ya que es altamente tóxico	De acuerdo. El mercurio es un metal tóxico para los humanos por su composición	De acuerdo. Al ser tóxico genera envenenamiento	De acuerdo. Ya que al clasificar el oro, el mercurio es uno de los minerales para clasificarlos y arrojado con los desechos de la minería	De acuerdo. Parte de los enlatados (atún) se encuentra con mercurio	De acuerdo. Su sistema inmunológico no está desarrollado entonces al ser expuestos se afecta su salud.
Estudiante 6	Hg, líquido. Para medir la temperatura lo usan.	De acuerdo, Si lo introduce le darán los daños que dice el anterior punto.	De acuerdo. Porque le comienza a dar recaídas, convulsiones, y se pone como amarillo hasta llegar como a la muerte.	De acuerdo. No se	Desacuerdo. A yo no se	Desacuerdo. No se
Estudiante 7	Hg, se encuentra en estado líquido, se utiliza en los termómetros para medir la temperatura.	De acuerdo. No responde porque	De acuerdo. No responde porque	Desacuerdo. No responde porque	Desacuerdo. No responde porque	De acuerdo. No responde porque

<b>Estudiante 8</b>	Hg, estado líquido, se encuentra en los termómetros que se encargan de medir la temperatura del cuerpo, no se debe tener en grandes cantidades en el cuerpo puede provocar daños irreversibles.	De acuerdo. El mercurio se puede encontrar en la naturaleza, sin embargo, se encuentra en grandes cantidades puede llegar a ser tóxico e incluso generar cáncer.	Desacuerdo. Porque si se usa es ya que se sabe las consecuencias y los cuidados pertinentes que hay tener ya que si no es manipulado por personas sin experiencia si conlleva riesgo.	De acuerdo. Ya que el mercurio es un metal posiblemente se puede encontrar en una extracción minera.	Desacuerdo. Los alimentos que generalmente consumimos son procesados y reciben una limpieza necesaria por lo cual el mercurio no debe estar presente	De acuerdo. Los bebés suelen tener las defensas muy bajas lo que conlleva a que su cuerpo no resista tanto contacto a las cosas del entorno
<b>Estudiante 9</b>	Hg, puede encontrarse en la naturaleza de manera líquida, no se debe ingerir, por ejemplo en los peces causa problemas de alteraciones genéticas, está presente en nuestra vida de forma indirecta (termómetro)	De acuerdo. No debe ser consumido por los seres humanos en grandes cantidades, lo encontramos en pequeñas cantidades en elementos de uso diario	Desacuerdo. Dependiendo de la forma de uso puede llegar a ser un riesgo pero en las cantidades que tenemos no	De acuerdo. Es un mineral que intoxica el agua y llega a muchos peces, y llega por medio de la extracción de minerales.	Desacuerdo. Solo las cosas que llegan a estar en contacto y son consumidas son nocivas para el organismo. Hay regulación de alimentos	De acuerdo. Sus defensas están en proceso de construcción y son más vulnerables a cantidades de peligro y más a exposición de minerales nocivos.
<b>Estudiante 10</b>	Hg, al consumir el mercurio es tóxico para las personas, es líquido	De acuerdo. Al absorberlo puede causar la muerte	De acuerdo. Al consumir el mercurio nos podemos intoxicar	Desacuerdo. No se la respuesta	Desacuerdo. Uno no puede saber si están contaminados	No sabe
<b>Estudiante 11</b>	Hg, estado líquido, reacción química que es utilizada para medir la temperatura en un termómetro.	De acuerdo. Si el mercurio se utiliza demasiadas cosas y por ello es tóxico más que todo para el medio ambiente.	De acuerdo. Porque si alguna persona toma sufre un envenenamiento.	Desacuerdo. No tengo ni idea	Desacuerdo. No tengo ni idea	Desacuerdo. No tengo ni idea
<b>Estudiante 12</b>	Hg, líquido, cuencas de agua, para medir temperatura o profundidad	De acuerdo. Si porque si una persona se lo introduce puede provocar daños, puede contaminar el agua	De acuerdo. Si porque puede dañar sus órganos por eso no se le pueden acercar a ellos sin una debida protección	De acuerdo. No se	De acuerdo. No se	De acuerdo. No se
<b>Estudiante 13</b>	Hg, líquido	De acuerdo. Si porque es un elemento químico dañino	De acuerdo. No sé exactamente cómo afecta a la salud humana	De acuerdo. No se	Desacuerdo. No sé exactamente	De acuerdo. No se
<b>Estudiante 14</b>	Es un elemento de la tabla periódica, símbolo Hg, estado líquido, en los termómetros	De acuerdo. No debe ser consumido por los seres humanos	De acuerdo, no sé bien cómo afecta la salud humana	De acuerdo. Desconozco	Desacuerdo. Desconozco	De acuerdo. Si porque no están tan desarrollados

<b>Estudiante 15</b>	Hg, estado líquido, su usa en los termómetros, para calcular la temperatura, suele ser peligroso en grandes cantidades y puede causar un riesgo a la salud muy mortal.	De acuerdo. Es peligroso debido a su alto nivel de radiación puede causar daños colaterales en la piel	De acuerdo. Si puede ser muy dañino en humanos si es en cantidades grandes puede ser muy dañino en los seres vivos	Desacuerdo. No sabría porque nunca había tenido conocimiento al respecto de esto.	De acuerdo. Que yo lo haya consumido no lo sé pero en animales como el pescado o el pollo sé que suele contener estos denominantes	De acuerdo. Si podrían ser susceptibles.
<b>Estudiante 16</b>	Hg, líquido o gaseoso debido a que es un metal de transición, se usa para medir la temperatura ya que se encuentra al interior de un termómetro, es peligroso ya que es muy contaminante para el medio ambiente y el cuerpo humano como en la piel, los órganos, etc.	De acuerdo. Es tóxico ya que es muy nocivo para la salud, puede ocasionar la muerte ya que contiene sustancias muy peligrosas para el ser humano ya que genera cáncer y deformaciones en las personas.	De acuerdo. Porque cuando las fabricas lo usan, lo desechan en los ríos y queda totalmente contaminada. Además de acabar con la vida marina, peces, etc., sus fuertes olores provocan daños irreversibles en la salud.	Desacuerdo. Hay muchas más maneras por residuos de fábricas que desechan mercurio en los ríos, además de la extracción del oro hay muchos más	Desacuerdo. No se	De acuerdo. Debido a que por la contaminación que se provoca al filtrarse el mercurio en el agua y en los diferentes productos como vegetales, las mujeres pueden comer productos contaminados y pueden tener malformaciones en los bebés y cáncer
<b>Estudiante 17</b>	Hg, ya que el mercurio es un metal de transición puede estar en estado ya sea líquido o gaseoso, dependiendo de su temperatura y su punto ebullición, uno de los usos que se le da al mercurio es el de tomar la temperatura ya que un termómetro se compone de este elemento.	De acuerdo. Se dice que si el cuerpo recibe altas cantidades de mercurio puede llegar a sufrir una intoxicación o alguna enfermedad nociva para la salud de los seres vivos	De acuerdo. Ya que el cuerpo humano no cuenta con cantidades de mercurio el solo hecho de estar cerca de esto puede llegar a perjudicar la vida de las personas	Desacuerdo. Los residuos del mercurio no solo se encuentran presentes en las cuencas por este motivo ya que extraen demasiados elementos que perjudican las cuencas de agua en Colombia	Desacuerdo. No creo ya que los alimentos que consumimos a diario se encuentran procesados y limpiados por personas especializadas	De acuerdo. Si ya que ellos no tendrían desarrolladas sus defensas completamente y estarían siendo afectados directamente ya que consumen esta sustancia que es perjudicial
<b>Estudiante 18</b>	Hg, estado líquido, en el cuerpo humano en alta cantidad es peligroso, sirve para medir la temperatura ya que tiene una función con el termómetro.	De acuerdo. Ya que es un elemento radioactivo y al estar expuesto al cuerpo es tóxico	De acuerdo. Ni idea,	De acuerdo. No tengo ni idea.	Desacuerdo. No tengo ni idea	No tengo ni idea
<b>Estudiante 19</b>	Hg, metal de transición el cual es líquido o gaseoso debido que es un metal, sirve para medir la temperatura por lo cual esa sustancia la llevan los termómetros.	De acuerdo. Porque al tomarle la temperatura ponen el mercurio por dentro por lo cual no tiene contacto con la persona	De acuerdo. Ya que esta sustancia contamina los ríos y es perjudica al ser humano por eso el cuerpo no contiene esa sustancia	De acuerdo. No sé porque	Desacuerdo. No creo ya que el cuerpo tendría unas malas evoluciones al consumirlo	No tengo conocimiento.
<b>Estudiante 20</b>	Es un metal, es el único que es líquido	De acuerdo. Si es tóxico para los seres vivos	De acuerdo. Si y mucho	De acuerdo. No se	De acuerdo. No en ninguno	De acuerdo. Porque no somos actos para el consumo del mercurio

Estudiante 21	Hg, estado líquido sirve para medir la temperatura y es peligroso	De acuerdo. Porque daña los seres vivos, aguas ríos y comida, frutas	De acuerdo. Porque puede generar cáncer en la salud humana	De acuerdo. Ya que el mercurio es un mineral y depende de su estado puede extraerse de los ríos	De acuerdo. Depende de su estado de alguna fruta se lava con agua del río	De acuerdo. Que si porque hace daño y genera mal formación
Estudiante 22	Hg, líquido, medidor de la temperatura, genera cáncer	De acuerdo, porque genera daño a los seres vivos, contamina los ríos y la comida	De acuerdo, porque daña las células y genera el cáncer	De acuerdo, si ya que cuando se extrae el oro del subsuelo sale el mercurio	De acuerdo. De los ríos donde extraen los pescados tienen mercurio.	De acuerdo. Si ya que si la madre está contaminada se lo transmite al feto o niño
Estudiante 23	Hg, es líquido a temperatura ambiente, se utiliza para medir la temperatura del cuerpo humano y cualquier otra cosa es demasiado peligrosa	De acuerdo. Porque la composición de ese líquido puede matar a un ser humano.	De acuerdo. Porque al contaminar el río donde están los peces, sacan los peces y hacen el atún y hay tenemos riesgos	De acuerdo. Porque contamina el río	De acuerdo. Porque contamina nuestro organismo	De acuerdo. Porque a la madre al contraer un poco de mercurio hay llegado al niño
Estudiante 24	Hg, estado líquido temperatura ambiente, es tóxico	De acuerdo. Por la composición	De acuerdo. Si porque es tóxico y genera un riesgo para la salud	De acuerdo. Si ya que cuando extraen el oro rompen el subsuelo a generar daños en los ríos	De acuerdo. Si porque algunos ríos están contaminados con mercurio y el pescado de esos ríos es procesado por el consumo humano	No responde de acuerdo o desacuerdo. Si ya que cuando la mamá está afectada por el mercurio y el niño también que afecta ya que puede tener graves enfermedades por el mercurio
Coincidencias	Símbolo Químico: Hg Estado: Metal Líquido Tóxico, Peligroso (Produce cáncer) Se usa en el termómetro para medir la temperatura	De acuerdo: 24 Desacuerdo: 0 ¿Por qué? El mercurio es un metal tóxico para los humanos por su composición. El mercurio se puede encontrar en la naturaleza, sin embargo, se encuentra en grandes cantidades puede llegar a ser tóxico e incluso generar cáncer. Es tóxico ya que es muy nocivo para la salud, puede ocasionar la muerte ya que contiene sustancias muy peligrosas para el ser humano ya que genera cáncer y deformaciones en las personas. Porque daña los seres vivos, aguas ríos y comida, frutas Se dice que si el cuerpo recibe altas cantidades de mercurio puede llegar a sufrir una intoxicación o alguna enfermedad nociva para la salud de los seres vivos	De acuerdo: 22 Desacuerdo: 2 ¿Por qué? Puede generar cáncer, otras enfermedades y mal formación es en los fetos. Si en altas cantidades. Es tóxico y genera un riesgo para la salud. Al contaminar el río donde están los peces, sacan los peces y hacen el atún y hay tenemos riesgos. Ya que esta sustancia contamina los ríos y es perjudicial al ser humano por eso el cuerpo no contiene esa sustancia. Cuando las fábricas lo usan, lo desechan en los ríos y queda totalmente contaminada. Además de acabar con la vida marina, peces, etc., sus fuertes olores provocan daños irreversibles en la salud. Al consumir el mercurio nos podemos intoxicar. Desacuerdo. Porque si se usa es ya que se sabe las consecuencias y los cuidados pertinentes que hay tener ya que si no es	De acuerdo: 17 Desacuerdo: 7 ¿Por qué? De acuerdo porque al extraerse oro se dejan pedazos de mercurio en el agua. Es un mineral que intoxica el agua y llega a muchos peces, y llega por medio de la extracción de minerales. Si ya que cuando extraen el oro rompen el subsuelo a generar daños en los ríos Es un mineral que intoxica el agua y llega a muchos peces, y llega por medio de la extracción de minerales. Desacuerdo. Los residuos del mercurio no solo se encuentran presentes en las cuencas por este motivo ya que extraen demasiados elementos que perjudican las cuencas de agua en Colombia Hay muchas más maneras por residuos de fábricas que desechan mercurio en los ríos, además de la extracción del oro hay muchos más Once de los	De acuerdo: 10 Desacuerdo: 14 10 de los encuestados no justifican sus respuestas ¿Por qué? De acuerdo: Si porque algunos ríos están contaminados con mercurio y el pescado de esos ríos es procesado por el consumo humano. De los ríos donde extraen los pescados tienen mercurio. Que yo lo haya consumido no lo sé pero en animales como el pescado o el pollo sé que suele contener estos denominantes. Parte de los enlatados (atún) se encuentra con mercurio. Ya que si está en contacto con el agua llegaría a la comida por medio de la filtración. Desacuerdo. Uno no puede saber si están contaminados No creo ya que los alimentos que consumimos a diario se encuentran procesados y limpiados por	De acuerdo: 18 Desacuerdo: 5 Diez (10) encuestados no justifican la respuesta ¿Por qué? De acuerdo Porque provoca mal formaciones en el feto como síndromes etc. Son más vulnerables a cantidades de peligro y más a exposición de minerales nocivos. Pues creo que el mercurio es un elemento químico mortal para el ser humano entonces si la madre embarazada se acerca al mercurio se puede morir y el feto también. Debido a que por la contaminación que se provoca al filtrarse el mercurio en el agua y en los diferentes productos como vegetales, las mujeres pueden comer productos contaminados y pueden tener malformaciones en los bebés y cáncer Si ya que ellos no tendrían desarrolladas sus defensas completamente y estarían siendo

			<p>manipulado por personas sin experiencia si conlleva riesgo. Desacuerdo. Dependiendo de la forma de uso puede llegar a ser un riesgo pero en las cantidades que tenemos no</p>	<p>encuestados dicen no saber el porqué de su respuesta demostrando desconocimiento</p>	<p>personas especializadas. No creo ya que el cuerpo tendría unas malas evoluciones al consumirlo</p>	<p>afectados directamente ya que consumen esta sustancia que es perjudicial Si porque hace daño y genera mal formación. Ya que cuando la mamá está afectada por el mercurio y el niño también le afecta ya que puede tener graves enfermedades por el mercurio Los que se encuentran en desacuerdo no realizan justificación de su respuesta lo que puede evidenciar desconocimiento</p>
--	--	--	--	---	---	--

## Anexo E: Estrategia didáctica a partir del modelo de estudio de casos simulados, desde el enfoque ciencia, tecnología y sociedad

### PRIMERA SESIÓN

Para lograr que los estudiantes cuenten con la información necesaria y que cumpla con las expectativas del caso simulado, la primera sesión iniciará con el video de youtube titulado “Mercurio”, en el cual se presenta la información general sobre este metal, incluyendo datos de sus propiedades, usos y antecedentes históricos.

El video se puede visualizar a través del siguiente enlace:  
<https://www.youtube.com/watch?v=M3Jgt0gXy8k>

Después los estudiantes deberán diligenciar individualmente la siguiente tabla con la información del video:

**Tabla 1:** Tabla información video sobre el mercurio

Nombre	Símbolo	Número Atómico	Masa Atómica	Estado	Usos	Otros
Mercurio						

Al tener diligenciado los cuadros se reunirán los estudiantes por grupos de cuatro (4) integrantes, cada uno leerá sus respuestas y complementarán los aspectos faltantes con los aportes de sus pares.

Finalmente, se escogerá un vocero por grupo cuya función será transmitir la información consolidada a los demás compañeros durante la socialización. Además, se realizarán



algunas conclusiones con el fin de introducir la temática sobre los efectos del mercurio liberado durante los procesos de minería aurífera, en la salud y el ambiente.

## SEGUNDA SESIÓN

El profesor organizará el curso en cuatro (4) equipos, de cinco (5) a seis (6) estudiantes, posteriormente se entregará una noticia ficticia en la que se aborde la problemática de los usos del mercurio durante los procesos de minería aurífera y su relación con los efectos sobre la salud y el ambiente.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

**Abril 2019**  
Entrega mensual

# EL ESPECTIME



### ¿El Mercurio metal mortal? Falso o verdadero

#### El metal máspreciado

Proceso artesanal de extracción de oro

**1** Se extrae arena, piedras y todo del área a explotar. Se tuitura, generalmente en molinos caseros, hasta conseguir una pasta.

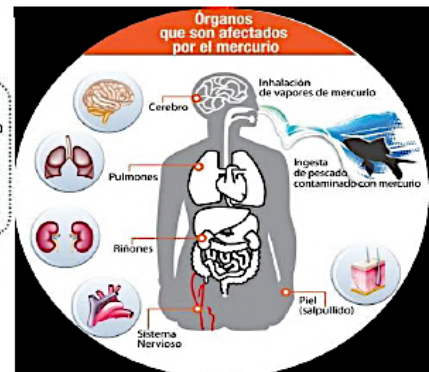
**2** El mercurio se usa para separar el oro del resto de los minerales. Al agregarlo a la mezcla con agua se disuelve y se une al oro en pedruzcos, formando una amalgama.

**3** Luego se calienta la amalgama para que se evapore el mercurio y quede solo el oro. Se usan varias técnicas que liberan distintas cantidades de mercurio.

Cerca del 10% de mercurio utilizado en la mezcla se une al oro, el restante 90% es vertido al medio ambiente.

El mercurio viaja contaminando ríos y peces, y en lugar de disolverse se acumula, afectando a seres humanos luego de consumirlos.





La producción de oro promedio en Colombia, en los últimos seis años, fue de 58 toneladas. Diez departamentos producen el 99,2% del oro del país: Antioquia, Chocó, Bolívar, Nariño, Cauca, Caldas, Valle del Cauca, Córdoba, Guainía y Tolima. Aproximadamente, el 83% de la minería es de aluvión y el 17% restante es de filón. (Fuente: Simco, 2016).

El 86,7% de la minería de oro en Colombia no cuenta con título minero ni licencia ambiental: 3.584 minas no cumplen estándares ambientales,

sociales y económicos (Fuente: MME, 2012). 373 municipios presentaron alguna actividad asociada a la minería ilegal entre 2010–2014 (uno de cada tres municipios del país).

En promedio 75 toneladas de mercurio son liberadas anualmente a causa de la minería de oro artesanal y de pequeña escala, dejando a Colombia como el tercer país en el

mundo, después de China e Indonesia, que más libera mercurio (Mercury Watch, 2016 y ONUDI, University of British Columbia, 2010). En 2012 se utilizaron en Colombia entre 130 y 460 toneladas de mercurio en la minería de oro. (Fuente: UPME 2014).

El mercurio es usado en la minería aurífera para separar el metal (oro) del mineral (rocas y piedras) debido a la afinidad electrónica entre el oro y el mercurio. La unión entre el oro y el mercurio forma una amalgama que facilita su separación de la

roca, la cual posteriormente se calienta liberando el mercurio y dejando el oro. Se evapora fácilmente a temperatura ambiente (38,4°C) contaminando el aire con vapores corrosivos y tóxicos. También se libera al agua y suelo.

En adultos, los vapores de mercurio metálico son los más dañinos. La exposición aguda

a altos niveles de mercurio puede causar lesiones al pulmón, náusea, vómitos, diarrea, aumento de la presión sanguínea o del pulso, salpullidos e irritación a los ojos; las exposiciones crónicas se relacionan con cambios en el comportamiento y de las funciones cognitivas.

Niños con envenenamiento de mercurio pueden desarrollar problemas al sistema nervioso, digestivo, el cerebro y el riñón. Los efectos en el feto incluyen daño cerebral, retardo mental, incoordinación, ceguera, convulsiones e incapacidad para hablar.

Antioquia presenta el mayor número de casos de intoxicación

mediciones realizadas en Antioquia superan el límite tolerable por inhalaciones a largo plazo establecido en 0,2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  o 0,0002  $\text{mg}/\text{m}^3$  por la OMS (UPME: 2006).

Los efectos en salud por exposición al mercurio usado en Antioquia en 2013 equivalen a \$231.000 millones por pérdidas en coeficiente intelectual y retraso mental. (Fuente: Banco Mundial: 2014)

Tomado de: <https://www.dnp.gov.co/Paginas/E2%80%9CT%20%20A9%20-%20tenemos-que-hacer-la-paz-con-la-naturaleza-porque-el-mercurio-sigue-causando-estragos%20%20D%20%20Gaviria-Mu%C3%B1oz.aspx>



Tomado de: [https://www.who.int/ipcs/assessment/public\\_health/infographics\\_mercury\\_and\\_health-1-1200px-ES.jpg?ua=1](https://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/infographics_mercury_and_health-1-1200px-ES.jpg?ua=1)

Luego, cada grupo asumirá uno de los roles sociales relacionados a continuación:

- **Ministerio de Minas y Energía:** Es la institución que se encarga de dirigir la política nacional en cuanto a minería, hidrocarburos e infraestructura energética, por lo tanto, debe propiciar espacios de discusión para escuchar a los actores que intervienen en esta problemática y buscar posibles soluciones. (Este equipo será quien dirija el ejercicio, funcionará como moderador).
- **Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible:** Entidad que en conjunto con el Ministerio de Minas y Energía, se encarga de generar legislación con relación a la minería y los efectos sobre el ambiente que ésta pueda llegar a causar; de igual forma, dirige operativos en contra de la minería ilegal.

- **Mineros auríferos artesanales:** Personas que se dedican al oficio de la extracción de oro manual, utilizando el mercurio para la misma, sin ningún tipo de protección, ni precaución. Sin embargo, es el único sustento económico que les permite brindar alimento y bienestar a sus familias, y beneficiar a otros miembros de la comunidad.
- **Población afectada por los efectos del mercurio:** Todas aquellas personas que directa e indirectamente se ven afectadas en su salud por los efectos del mercurio liberado durante los procesos de minería aurífera.

Ya formado los equipos y asignados los papeles, leerán la noticia y presentarán una propuesta escrita frente a la postura de su actor a la temática planteada.

Como compromiso para la próxima sesión el equipo debe buscar información frente a su actor, para ampliar y profundizar los argumentos o encontrar otros nuevos. Cada grupo realizará un informe escrito en el cual se plasmarán las ideas principales, se plantearán posibles soluciones a la problemática y prepararán la defensa de sus tesis a las objeciones de los otros roles sociales. Al finalizar, los estudiantes tendrán la oportunidad de exponer al resto de grupos su informe, dando a conocer su posición y argumentos en una próxima sesión.

## TERCERA SESIÓN

Esta sesión iniciará con la lectura de los parámetros establecidos para el desarrollo del ejercicio, planteados por el grupo moderador que representa al Ministerio de Minas y Energía. A continuación, se hará lectura de los informes y se iniciará un debate final para contraponer las razones de cada actor del caso simulado.

Por último, en la sesión se mostrará el video “El mercurio contaminó la ciénaga de Ayapel y ahora envenena a personas, animales y cultivos” encontrado en el link <https://www.youtube.com/watch?v=6YceS8AEgwY>; con el fin de generar una reflexión colectiva frente a la problemática de los efectos del mercurio en la salud y el ambiente, al ser liberado durante los procesos de minería aurífera.

Criterios de evaluación

La evaluación se realizará desde dos aspectos: el individual y el grupal, bajo el diseño de la siguiente rúbrica, empleando como nota mínima 1.0 y nota máxima 5.0. Este instrumento permite valorar diferentes criterios relacionados con desempeños de tipo actitudinal, cognitivo y procedimental.

**Tabla 2:** Evaluación de desempeños

Evaluación	Criterios	¿Cómo se evaluará?
<b>Individual</b>	Actitud frente a la actividad y el trabajo en el aula	A través de la observación directa de las actividades desarrolladas en el aula
	Cumplimiento de las tareas y participación en los trabajos de su equipo.	
	Intervenciones asertivas durante actividad	
<b>Grupal</b>	Colaboración y ambiente de trabajo	A través de la observación directa de cada equipo/actor Valoración del informe Valoración del debate
	Calidad del informe	
	Claridad y apropiación en la exposición y defensa de su postura	





## Bibliografía

Acevedo, J. (2006). Modelos de relaciones entre ciencia y tecnología: un análisis social e histórico. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(2).

Acevedo, J., Vázquez., Á y Manassero, M<sup>a</sup>. (2001). El Movimiento Ciencia-Tecnología-Sociedad y la Enseñanza de las Ciencias. *Revista Organización de Estados Iberoamericanos*.

Acevedo, J., Vázquez., Á y Manassero, M<sup>a</sup>. (2003). Papel de la educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2, 80-111

Arribas (2004). *Diseño y Validación de Cuestionarios*. Madrid. Recuperado de [http://ebevidencia.com/wp-content/uploads/2014/07/validacion\\_cuestionarios.pdf](http://ebevidencia.com/wp-content/uploads/2014/07/validacion_cuestionarios.pdf)

Aula24Ciencias. (11 de Junio de 2012). Mercurio. [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=M3Jgt0gXy8k>

Beriain, J. Y Iturrate, J. L. (Eds.) (1998). *Para comprender la teoría sociológica*. Editorial Verbo Divino, Pamplona.

Blesa, M. A., & Angel, M. (2015). *Historia Natural y Cultural del Mercurio* (1st ed.). Buenos Aires: Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias.

Bunge, M. (1959). *La ciencia. Su método y su filosofía*. Penguin Random House Grupo.

Calderón, W. López C. (2017). *Diseño de Actividades Tecnológicas Escolares ATE Desde la Relación Ciencia Tecnología y Sociedad CTS y el Diseño, en el Componente de la*

Exploración Espacial Para el Grado Noveno del Colegio Gimnasio Marroquín Campestre. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Recuperado de <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/6963/1/CalderónVanegasWilsonCamilo2017.pdf>

Campanario, J y Moya, A. (1999). Cómo enseñar Ciencias: Principales tendencias y propuestas. *Enseñanza de las Ciencias*, 2, 179 – 192.

Cañadas, I., y Sánchez, A. (1998). Categorías de respuesta en escalas tipo Likert. *Psicothema*, 10, (3), 23 – 631. Recuperado de <https://www.unioviedo.es/reunido/index.php/PST/article/view/7489/7353>

Castro, F. (2005). Gestión curricular: Una nueva mirada sobre el currículum y la institución educativa. *Horizontes Educativos*, 10, 13-25.

Chavarro, J. y Marimon, W. (2015). Otro capítulo de libro publicado: Vigilancia Tecnológica: Mercurio en Alimentos. El Problema de Contaminación por Mercurio. *Nanotecnología: Retos y Posibilidades para Medición y Remediación*, ISBN: 978-958-46-6235-4, p. 119 – 163.

Contreras, R. (2004). El Paradigma científico según Kuhn desarrollo de las ciencias: Del conocimiento artesanal hasta la ciencia normal. *Revista de la VIII Escuela Venezolana para la Enseñanza de la Química*. 43-45.

Driscoll, C. Mason, R. Chan, H. Jacob, D. Pirrone, N. (2013). Mercury as a global pollutant: sources, pathways, and effects.

Durkheim. En: Falicov, E y Lifszyc, S. (2002), *Sociología*. Buenos Aires, Aique. P.187.

Echeverría, J. (2005). La revolución tecnocientífica. *Revista Confines de relaciones Internacionales y Ciencia Política*. 1(2).



Erickson, F (1989). II. En Wittrock, M (1989). La investigación de la enseñanza. Métodos cualitativos de investigación sobre la enseñanza. Ediciones Paidós Ibérica, S. A.

Fernández, S. González W. (2018). Actividad Tecnológica Escolar con Enfoque CTS, una alternativa para la construcción social del conocimiento con el uso de aplicaciones móviles. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Recuperado de <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/14882/1/FernandezArevaloSandraCarolina2019.pdf>

Feyerabend, P.K. (1975). Against method. Outline of an anarchistic Theory of knowledge. Londres: New Left Books. Traducción de D. Ribes (1981): Tratado contra el método. Esquema de una teoría anarquista del conocimiento. Madrid: Tecnos

Galiano, E. (2014). Estrategias de Enseñanza de la Química en la Formación Inicial del Profesorado. Universidad Nacional de Educación a Distancia. España.

García, E., y Cabero, J. (2011). Diseño y validación de un cuestionario dirigido a describir la evaluación en procesos de educación a distancia. Edutec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa, 0(35). Recuperado de: <http://edutec.es/revista/index.php/edutec/article/view/412/148>

Giordan, A. y De Vecchi, G. (1998). Los orígenes del saber. Sevilla, España.

Gómez, C. y Sanjosé, V. (2012). Una revisión de los procesos de transferencia para el aprendizaje y enseñanza de las ciencias. Revista didáctica de las ciencias experimentales y sociales. 26.

González, E. Marrugo, J. Martínez, V (EDS). (2015). El problema de la contaminación por mercurio. Nanotecnología: Retos y posibilidades para medición y remediación. Bogotá, Red NanoColombia, Disonex. ISBN: 978-958-46-6235-4

Gordillo, M., y Osorio, C. (2003). "Educar para participar en ciencia y tecnología. Un proyecto para la difusión de la cultura científica". Revista Iberoamericana de Educación, N° 32. OEI, Madrid, pp. 165-210. Recuperado de <http://www.campus-oei.org/revista/rie32a08.pdf>

Grupo Argo. (2001). Qué es CTS? Recuperado en: [http://www.grupoargo.org/cts\\_fin.pdf](http://www.grupoargo.org/cts_fin.pdf)

Grupo Argo. (2001). Una tipología para el estudio de casos CTS. Recuperado en: [http://www.grupoargo.org/cts43\\_44.pdf](http://www.grupoargo.org/cts43_44.pdf)

Hanson, N.R. (1958). *Patterns of Discovery. An inquiry into the conceptual foundations of science.* Cambridge, MA: Cambridge University Press. Traducción de E. García Camarero (1977): *Patrones de descubrimiento. Investigación de las bases conceptuales de la ciencia.* Madrid: Alianza.

Henwood, K., Pidgeon, N., y Parkhill, K. (2014). Explaining the 'gender-risk effect' in risk perception research: a qualitative secondary analysis study. *Bilingual Journal of Environmental Psychology*, 5 (2-3) Recuperado de: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/21711976.2014.977532>  
<http://academic.uprm.edu/jhuerta/HTMLobj-127/GUIAS1.pdf>

Herrera, R. (1996). Algunas tesis sobre la tecnología. *Rev. Filosofía Univ. Costa Rica*, 34 (83-84), 365-384.

Ibáñez, M. (2003). *Aplicación de una metodología de resolución de problemas como una investigación para el desarrollo de un enfoque Ciencia – Tecnología – Sociedad en el currículo de biología de educación secundaria.* (Tesis Doctoral). Universidad Complutense de Madrid.

Jaffe, K. (2007). ¿Qué es la ciencia? Una visión interdisciplinaria. *Bitácora-e Revista Electrónica Latinoamericana de Estudios Sociales, Históricos y Culturales de la Ciencia y la Tecnología*, 1. Caracas. Venezuela. Recuperado de <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/25942/6/articulo2.pdf>

Jasinki, S.M. (1995). The materials flow of mercury in the United States. *Resour. Conserva. Recycling*. 15. 145 – 179.

Klimovsky, G. (1994). El concepto de ciencia. En: Las desventuras del conocimiento Científico. Una introducción a la epistemología. Buenos Aires: A-Z Editora

Kuhn, T.S. (1962). The Structure of Revolutions. Chicago, IL: University of Chicago Press. Traducción de A. Contín (1971): La estructura de las revoluciones científicas. México DF: FCE.

Los Informantes. (10 de Mayo de 2018). El mercurio contaminó la ciénaga de Ayapel y ahora envenena a personas, animales y cultivos. [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=6YceS8AEgWY>

Marimón, W. Chavarro, J. (2015). Contaminación por mercurio en suelos agrícolas y alimenticios. Nanotecnología: Retos y posibilidades para la Medición y Remediación. En: Colombia ISBN: 978-958-46-6235-4 ed: RedNano Colombia, v. , p.97 - 119

Martin, M y López, J. (2009). Acercando la ciencia a la sociedad: la perspectiva CTS su implantación educativa. Revista Organización de los Estados Americanos. Recuperado de <https://www.oei.es/historico/salactsi/mmartin.htm>

Martín, M. y López, A. (1998). Acercando la ciencia a la sociedad: la perspectiva CTS su implantación educativa. Proyecto de Cooperación entre el Departamento de Filosofía de la Universidad de Oviedo y varios Institutos de Enseñanza Secundaria de Asturias.

Martínez, L., y Rojas, A. (2006). Estrategia didáctica con enfoque ciencia, tecnología, sociedad y ambiente, para la enseñanza de aspectos de bioquímica. Tecné, Episteme y Didaxis, 19, 44-62.

Martínez, L., Villamil, Y. Peña, D. (2006). Relaciones Ciencia, tecnología, Sociedad y Ambiente, a partir de casos simulados. I Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación. Palacio de Minería.

Ministerio de Educación Nacional (MEN). (2002). Orientaciones generales para la educación en tecnología. Bogotá, Magisterio.

Martínez, V. (2015). El mercurio en la minería aurífera colombiana. Nanotecnología: Retos y posibilidades para la Medición y Remediación. En: Colombia ISBN: 978-958-46-6235-4 ed: RedNano Colombia, v. , p.45 - 62

Marrugo, J. (2015). Una mirada a impactos del mercurio en Colombia. Nanotecnología: Retos y posibilidades para la Medición y Remediación. En: Colombia ISBN: 978-958-46-6235-4 ed: RedNano Colombia, v. , p.21 - 44

Moreira, M. (2003). ¿Qué es la sociedad? Biblioteca Virtual Universal. Recuperado en: <https://www.biblioteca.org.ar/libros/89004.pdf>

Murillo, F., (2006). Cuestionarios y Escalas de actitudes. Facultad de Formación de Profesorado y Educación Universidad Autónoma de Madrid. Recuperado de: [https://www.uam.es/personal\\_pdi/stmaria/jmurillo/Met\\_Inves\\_Avan/Materiales/Apuntes%20Instrumentos.pdf](https://www.uam.es/personal_pdi/stmaria/jmurillo/Met_Inves_Avan/Materiales/Apuntes%20Instrumentos.pdf)

Niiniluoto, (1997). En: Acevedo, J. (2006). Modelos de relaciones entre ciencia y tecnología: un análisis social e histórico. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 3(2).

Obrist, D. Kirk, J. Zhang, L. Sunderland, E. Jiskra, M. Selin, N. (2018). A review of global environmental mercury processes in response to human and natural perturbations: Changes of emissions, climate, and land use.

Olivero, J. Restrepo, B. (2002). El lado gris de la minería del oro: la contaminación con mercurio en el norte de Colombia. Colombia.

OMS. (2013). Efectos de la exposición al mercurio en la salud de las personas que viven en comunidades donde se practica la minería aurífera artesanal y en pequeña escala. Recuperado de: [http://www.who.int/ipcs/assessment/public\\_health/mercury\\_asgm\\_es.pdf](http://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/mercury_asgm_es.pdf)

Ortiz, A. (2018). Determinación del contenido de mercurio (Hg) en sangre de niños en la zona minera/metalúrgica de Cedral S.L.P. Universidad Autónoma de México. Ciudad de México, México.

Osorio, C. (2009). La participación pública en sistemas tecnológicos: Lecciones para la CTS. En: Gordillo, M., Tedesco, J., López, J., Echeverría, J., y Osorio, C. (Ed.) Educación, Ciencia, Tecnología y Sociedad. Documento de trabajo 3. España: Organización de los Estados Iberoamericanos. Recuperado de: [http://www.educativo.utalca.cl/medios/educativo/profesores/media/libros/ciencia\\_tecnologia\\_sociedad.pdf](http://www.educativo.utalca.cl/medios/educativo/profesores/media/libros/ciencia_tecnologia_sociedad.pdf)

Peirce, C. (1904). Qué es el pragmatismo. (Trad. por Norman Ahumada, 2004). Recuperado de: <http://www.unav.es/gep/WhatPragmatismIs.html> el 3 de enero de 2016.

PNUMA. (2014). El Convenio de Minamata sobre el Mercurio y su implementación en la región de América Latina y el Caribe. Recuperador de: [http://www.mercuryconvention.org/Portals/11/documents/publications/informe\\_Minamata\\_LAC\\_ES\\_FINAL.pdf](http://www.mercuryconvention.org/Portals/11/documents/publications/informe_Minamata_LAC_ES_FINAL.pdf)

Popper, K. El Mito del Marco Común "En defensa y de la ciencia y la racionalidad". España: Editorial PAIDOS, 1ª edición, 1997.

Quintero, C (2010) Enfoque Ciencia Tecnología y Sociedad (CTS): Perspectivas educativas para Colombia. Revista del Instituto de Estudios en Educación Universidad del Norte [Revista en Línea] 12. Disponible en: <http://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/zona/article/viewFile/1151/719>

Ramos, A. (2015). "La contaminación por mercurio enmarcada en la gestión del riesgo de desastres en Colombia" El Problema De Contaminación Por Mercurio. Nanotecnología:

Retos Y Posibilidades Para La Medición Y Remediación. En: Colombia ISBN: 978-958-46-6235-4 ed: RedNano Colombia, v. , p.63 - 72

Real Academia de la Lengua Española (2016).

Redman, D. (1995). La teoría de la ciencia de Karl Popper: Auge y caída de la Ingeniería social. Cuadernos de Economía. 23.

Rojas, D. (2005). Estrategia pedagógica y didáctica desde el enfoque ciencia, tecnología sociedad y ambiente, a partir de las fumigaciones con glifosato. Organización de Estados Iberoamericanos.

Solbes., J. Vilches, A. (2002). Visiones de los estudiantes de secundaria acerca de las interacciones Ciencia, Tecnología y Sociedad. Enseñanza de las ciencias. 2. 80-91.

Solbes, J. Vilches, A. (2004). Papel de las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente en la formación ciudadana. Enseñanza de las Ciencias. 3, 337 -348

Sommer, Y. Verdon, C. Fresquez, M. Ward, C. Wood, E. Pan, Y. Caldwell, K and Jones, R. (2014). Measurement of Mercury Species in Human Blood using Triple Spike Isotope Dilution with SPME-GC-ICP-DRC-MS. Analytical and Bioanalytical Chemistry. 406(20): 5039–5047.

Strode, S. Jaeglé, L. Selin, N. Jacob, D. Park, R. Yantosca, R. Mason, R. Slemr, F. (2007). Air-sea exchange in the global mercury cycle, Global Biogeochem. Cycles, 21, GB1017, doi:10.1029/2006GB002766.trode.

Tamayo, M. (2003). El proceso de la investigación científica. Ediciones Limusa Noriega. México.

Uribe, C. (2007). Ciencia, Tecnología y Sociedad evolución y revolución. Instituto de Química. Universidad de Antioquia.

Varela, M. Vives, T. (2016). Autenticidad y calidad en la investigación educativa cualitativa: multivocalidad. *Revista Investigación en Educación Médica*, 5 (19)

Waks, L. J. (1996b). Las relaciones escuela-comunidad y su influencia en la educación en valores en CTS. En A. Alonso, I. Ayestarán y N. Ursúa (Eds.): *Para comprender Ciencia, Tecnología y Sociedad*, pp. 35-47. Estella: EVD.

World Health Organization Europe (2016). *Riesgos del mercurio para la salud humana y el medio ambiente*.