



Compuestos inorgánicos en el ambiente. Secuencia de enseñanza y aprendizaje (SEA) para desarrollar pensamiento crítico en su aprendizaje

- Inorganic Compounds in The Environment. A Sequence of Teaching and Learning to Develop Critical Thinking in Tenth Grade Students
- Compostos inorgânicos no meio ambiente. Uma sequência de ensino e aprendizagem para desenvolver o pensamento crítico em alunos da décima série

Resumen

Este artículo presenta los resultados de una investigación realizada en la institución educativa Liceo Fesán de Bogotá con estudiantes de grado décimo que tuvo como propósito relacionar el currículo de la clase de Química con la educación ambiental. Se plantearon tres fases: la aplicación de un *pretest*, una Secuencia de Enseñanza y Aprendizaje (SEA) y la aplicación de un *postest*. Se utilizó el *test* de Halpern que permitió caracterizar algunas de las habilidades de pensamiento crítico y se elaboró una SEA para fortalecer los procesos argumentativos de los estudiantes de grado décimo en el aprendizaje de los compuestos inorgánicos y su impacto en el ambiente a través del desarrollo de competencias de pensamiento crítico. Esta investigación se desarrolla en relación con los ejes uno y dos del proyecto CYPENCRI,¹ en la cual se aplican instrumentos didácticos para desarrollar el pensamiento crítico y la argumentación. Se concluye que la intervención didáctica sí promueve un cambio en las habilidades de pensamiento crítico y una relación entre la educación ambiental y el currículo de química.

Palabras clave

aprendizaje; compuesto inorgánico; enseñanza; medio ambiente; pensamiento crítico; química

¹ Proyecto EDU2015-64642-R (AEI/FEDER, UE) financiado por la Agencia Estatal de Investigación (AEI) y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER).

Yessika Paola Vega Gómez*
María Mercedes Callejas Restrepo**

* Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales.
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2900-9768>.
Correo electrónico: yessvega@udca.edu.co

** Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales.
Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4018-7079>.
Correo electrónico: mcallejas@udca.edu.co



Abstract

This article presents the results of a research carried out at the Liceo Fesán educational institution in Bogotá with tenth grade students, and was intended to relate the chemistry class curriculum with environmental education. Three phases were raised: the application of a pre-test, a Sequence of teaching and learning (SEA) and the application of a post-test. The test used was the Halpern test that allowed characterizing some of the critical thinking skills and a SEA was developed to strengthen the argumentative processes of tenth grade students in the learning of inorganic compounds and their impact on the environment through the development of critical thinking skills. This research is carried out in relation to axes one and two of the CYPENCRI project, in which didactic instruments are applied to develop critical thinking and argumentation. It is concluded that the didactic intervention does promote a change in critical thinking skills and a relationship between environmental education and the chemistry curriculum.

Keywords

learning; inorganic compound; teaching; environment; critical thinking skills; chemistry

Resumo

Este artigo apresenta os resultados da pesquisa realizada na instituição educacional Liceo Fesán de Bogotá, com alunos da décima série, e teve como objetivo relacionar o currículo das aulas de química com a educação ambiental. Foram levantadas três fases, a aplicação de um pré-teste, uma sequência de ensino e aprendizagem (AAE) e a aplicação de um pós-teste. Foi utilizado o teste de Halpern, que permitiu caracterizar algumas das habilidades de pensamento crítico, e uma AAE foi desenvolvida para fortalecer os processos argumentativos dos alunos da décima série na aprendizagem de compostos inorgânicos e seu impacto no meio ambiente através do desenvolvimento de habilidades de pensamento crítico. Esta pesquisa é realizada em relação aos eixos um e dois do projeto CYPENCRI, no qual são aplicados instrumentos didáticos para o desenvolvimento de pensamento crítico e argumentação. Em conclusão a intervenção didática promove uma mudança nas habilidades de pensamento crítico e uma relação entre a educação ambiental e o currículo de química.

Palavras chave

aprendizagem; composto inorgânico; ensino; pensamento crítico; meio ambiente; química

Introducción

Los contenidos curriculares para la enseñanza de la Química deberían enfocarse en la motivación de los estudiantes por conocer y comprender los fenómenos que se presentan en su contexto y su relación con los contenidos (Melo, 2017; Amórtégui, Gavidia, y Mayoral, 2017; Rivas, Amórtégui y Mosquera, 2017). Según Piñeros et al. (2014) "la enseñanza de la Química utiliza currículos sustentados en una variedad de temáticas relacionadas con las ramas de esta ciencia, pero que dejan de lado intereses y motivaciones de ellos, muy alejados de su contexto", por lo cual se ha generado a través del tiempo una transmisión de contenidos y conceptos sin comprender su utilidad; Tamayo (2014) propone que el papel de los docentes es fundamental no solo en la formación integral de los estudiantes sino en potenciar el desarrollo del PC a través del desarrollo de habilidades de pensamiento.

Caamaño (2006) realiza un análisis de la situación actual de la enseñanza de la Química donde explica cómo los estudiantes fracasan porque los contenidos de las ciencias son alejados de su contexto real y se restringe la capacidad de los profesores para explorar de forma creativa alternativas que promuevan el aprendizaje de las ciencias.

En esta investigación se han implementado estrategias pedagógicas y didácticas para fortalecer los procesos de enseñanza y aprendizaje, relacionar el aprendizaje de la química con la vida cotidiana de los estudiantes y en este caso específico con la educación ambiental, generando un interés en su propio aprendizaje y el valor que se le puede dar a este. Al respecto, Caamaño (2011) propone las secuencias didácticas como una forma de proporcionar contenidos de forma contextualizada, centrándose en la indagación y el debate de la química.

Vázquez et al. (2013), proponen las Secuencias de Enseñanza y Aprendizaje (SEA) como una estrategia que involucra una serie de actividades sobre la temática elegida, con atención especial a las concepciones de los alumnos, permitiendo así que los profesores innoven en su práctica pedagógica y cautiven a los estudiantes en su disciplina, en este caso

el aprendizaje de la química y su relación con la educación ambiental.

Durante la aplicación de la SEA se pueden fortalecer en los estudiantes habilidades de pensamiento crítico como la verificación de hipótesis, el análisis de argumentos, la resolución de problemas y la toma de decisiones, mediante el uso adecuado de actividades y contenidos propuestos en la herramienta educativa para lograr aprendizajes significativos.

Con base en lo anterior surge un cuestionamiento que orientó el desarrollo de la presente investigación: ¿cómo fortalecer los procesos argumentativos de los estudiantes de grado décimo en el aprendizaje de los compuestos inorgánicos y su impacto en el ambiente a través del desarrollo de competencias de pensamiento crítico?

Para responder al problema se plantea como objetivo general: implementar una Secuencia de Enseñanza y Aprendizaje (SEA) para fortalecer los procesos argumentativos de los estudiantes de grado décimo en el aprendizaje de los compuestos inorgánicos y su impacto en el ambiente a través del desarrollo de competencias de pensamiento crítico.

Como objetivos específicos de la investigación se plantean: identificar las habilidades de pensamiento crítico de los estudiantes en relación con la argumentación, toma de decisiones y resolución de problemas, utilizando el *test* de Halpern; diseñar la SEA "El mundo de los compuestos inorgánicos en el ambiente", la cual se aplica en el aula con un grupo de estudiantes de grado décimo con el propósito de propiciar procesos argumentativos a partir de problemas ambientales del contexto, y evaluar cómo influye la SEA como instrumento de intervención didáctica en el desarrollo de las habilidades de pensamiento crítico, para lo cual se aplica de nuevo el *test* de Halpern a los estudiantes.

Dentro de la innovación didáctica esta investigación promueve la apropiación social a partir del reconocimiento de los problemas ambientales y la importancia de los conocimientos teóricos de la química, a través de la aplicación de una SEA bajo un modelo argumentativo que fortalece las habilidades del pensamiento crítico.

Marco teórico

Habilidades de pensamiento crítico

El desarrollo de las habilidades de pensamiento crítico de los estudiantes ha sido un tema de mucho interés en los investigadores y educadores (Scheid, 2016). Beltrán et al. (2009) aseguran que en los procesos de enseñanza y de aprendizaje los estudiantes no demuestran habilidades cognitivas y por esta razón sus procesos de aprendizaje son bajos.

El pensamiento crítico se ha definido desde varios autores como un pensamiento razonado y reflexivo, siendo este un pensamiento de orden superior que evalúa no solo los resultados del pensamiento, sino también el proceso del mismo pensamiento (Nieto et al., 2008); otros autores como Solbes (2019) relacionan el PC con la capacidad de hacer elecciones racionales y juicios fundamentados como elementos de las decisiones que se emplean para resolver problemas. La evaluación del pensamiento crítico se ha centrado en la aplicación de *tests* que han permitido categorizar las habilidades mediante situaciones cotidianas, como es el caso del HCTAES y el PENCRIASAL.

Según Halpern (2006) se pueden caracterizar un conjunto de cinco habilidades de pensamiento crítico: razonamiento verbal, análisis de argumentos, verificación de hipótesis, probabilidad e incertidumbre, toma de decisiones y resolución de problemas.

Para Halpern (2016), la habilidad de razonamiento verbal es la relación recíproca entre la lengua y el pensamiento, es decir, el lenguaje que se emplea para expresar los pensamientos. Para otros autores como Morales et al. (2017) este razonamiento puede ser deductivo cuando se evalúa el razonamiento proposicional y categórico; inductivo, empleando lo analógico y lo hipotético, cuando se trabaja desde las generalizaciones inductivas; y por último práctico, que se encarga de evaluar la argumentación y la evaluación de falacias en el conocimiento.

La habilidad de análisis de argumentos es un conjunto de afirmaciones con una conclusión y una razón (Halpern, 2016), donde la conclusión planteada es coherente con el mismo argumento planteado. Ocampo et al. (2017) definen la argumentación como la forma en que los estudiantes aprenden a defender su propia postura frente a un tema, fenómeno o realidad y se vuelve protagonista de su propio conocimiento. En la clase de Ciencias la argumentación permite que el estudiante desarrolle habilidades cognitivas, sociales y emocionales (Ocampo et al., 2017).

Se reconocen las hipótesis como ideas preliminares que permiten explicar un hecho o un problema, dichas hipótesis deben ser contrastadas y verificadas para comprobar los argumentos con los que ha sido generada la hipótesis (Beltrán et al., 2009). Asimismo, las hipótesis pueden partir de análisis cualitativos iniciales de una situación problemática y continuar con su formalización en un modelo, lo cual permite explicar fenómenos, pronosticar sucesos o proyectar el control de determinados procesos en la realidad (Valdés et al., 2004; Vizcaino y Terrazzan, 2015).

La habilidad de probabilidad e incertidumbre permite determinar cuantitativamente la posibilidad de analizar un acontecimiento. Según Beltrán, et al. (2009) cuando se emplea esta habilidad se permite tomar decisiones analizando y valorando las alternativas de solución, teniendo en cuenta las ventajas, desventajas que se puedan presentar al tomar la decisión o al dar solución al problema planteado.

Halpern (2016) indica que todas las habilidades de pensamiento crítico se emplean en la toma de decisiones y la resolución de problemas. Esta habilidad propone que se deben reconocer y definir los problemas con información relevante contrastando las posibles alternativas de solución, reconociendo que en dichas alternativas de solución deben considerarse los resultados positivos y negativos.

Secuencias de enseñanza y aprendizaje (SEA)

El diseño de las secuencias de enseñanza aprendizaje debe integrar de forma creativa los conceptos, temáticas y conocimientos que le son difíciles de aprender a los estudiantes, (Furió et al., 2012), siendo esta una estrategia que facilita la enseñanza de áreas específicas del conocimiento.

Meheut et al. (2004, en (Zenteno et al., 2010) "las definen como actividades o enfoques instruccionales inspirados en la investigación educativa con el objetivo de ayudar a los alumnos a comprender el conocimiento científico", también se propone que el uso de estas estrategias promueva y fortalezca en los estudiantes los procesos argumentativos.

Las secuencias deben estar orientadas al aprendizaje de unos contenidos, que tienen características específicas que enmarcan lo conceptual y lo curricular, como lo plantean Pérez et al. (2017); en la elaboración de esta herramienta pedagógica y didáctica se debe tener en cuenta el grado, la edad y los contenidos a trabajar según la malla curricular.

Callejas et al. (2015), plantean las SEA como un instrumento para planificar didácticamente las intervenciones curriculares, dicha elaboración implica que los profesores realicen una planificación reflexiva "justificación, objetivos, estructura conceptual, contexto educativo, actividades, materiales y evaluación", las cuales deben ser aplicadas en el aula mejorando el aprendizaje de la naturaleza de la ciencia y la tecnología.

Enseñanza de la Química

La enseñanza de la Química como una ciencia básica y fundamental dentro del currículo educativo, ha generado a través de la historia que los contenidos que se han transmitido a los estudiantes sean mediados por unos formalismos ambiguos y que no generan una relación con la sociedad y con su contexto cercano.

Para algunos estudiantes es difícil familiarizarse con el lenguaje químico como lo proponen Valero et al. (2009) "se les hace difícil aprender y retener. No pueden comprender claramente cómo se combinan elementos químicos, el significado de valencia, números de oxidación y la nomenclatura IUPAC"; es por esto por lo que en muchas ocasiones se aprende de forma memorística, generando dificultades en el aprendizaje de la química.

Es necesario analizar y buscar estrategias que motiven a los estudiantes por el aprendizaje de la química, a partir del currículo actual y transformándolo con contenidos contextualizados. Según Piñeros et al. (2014) "es urgente replantear lo que se enseña, cómo se enseña y para qué se enseña, es necesario diseñar un currículo que presente contenidos y temáticas que despierten un verdadero interés en el estudiante".

La química dentro del currículo es un área de las Ciencias Naturales que tiene como objetivo principal transformar la visión que se tiene de la naturaleza, pero para los estudiantes se ha tornado difícil y aburrida, pues no se comprende la aplicabilidad de los conceptos trabajados, problema de la educación actual (Ortega y Perafán, 2016).

La química inorgánica y la contaminación

Dentro de diversas investigaciones se ha demostrado que algunos compuestos inorgánicos afectan el ambiente y alteran algunos ecosistemas, como es el caso de algunos metales y aniones (nitratos y cianuros), que pueden ser tóxicos para los seres humanos y los organismos, además la mayoría de estos compuestos no pueden ser degradados. Alguacil, et al. (1998) explican que los metales son esenciales en la vida de los seres humanos, así como las plantas y los microorganismos, pues se emplean como nutrientes, pero cuando exceden sus límites pueden llegar a ser tóxicos y se consideran contaminantes, convirtiendo el suelo, el agua y el aire en ecosistemas peligrosos para el hombre y los procesos ecológicos.

Los compuestos azufrados como el dióxido de azufre, proveniente de fuentes fijas de combustión de combustibles fósiles, refinerías de petróleo, entre otros, al ponerse en contacto con el agua presente en la atmósfera forma ácido sulfúrico, quedando suspendido en la atmósfera generando un impacto negativo en la salud, siendo irritante en las vías respiratorias de los seres humanos (Marchetti, 2010). Durante la combustión de fósiles (carbón y petróleo) los compuestos nitrogenados se oxidan formando monóxido y dióxido de nitrógeno generando repercusiones en la salud de las personas con respecto a enfermedades respiratorias y cardíacas.

Por otra parte, Fernández (2010) determina que la contaminación del suelo se presenta por alteraciones químicas o biológicas incompatibles con sus funciones, entre ellos los compuestos inorgánicos tales como los metales y los minerales no metálicos provenientes de la industria minera, generando cambios del suelo y la disminución de nutrientes.

La reducción de agua dulce se ve reflejada por la alta contaminación que viene de los efluentes industriales, químicos, domésticos, fertilizantes y pesticidas, dentro de los cuales los contaminantes inorgánicos como el arsénico, el cadmio, los nitratos y el plomo, son los que se encuentran en mayor concentración y afectan los ecosistemas hídricos (Gait et al., 2010).

Evaluación del pensamiento crítico

Con la finalidad de desarrollar instrumentos pertinentes para evaluar las habilidades de pensamiento crítico, se han desarrollado a lo largo de los últimos años diferentes tipos de pruebas y herramientas de evaluación. Mendoza (2015) hace una recopilación de diferentes pruebas que abordan la evaluación del pensamiento crítico desde un enfoque cuantitativo, tales como la Prueba Watson-Glaser (WGCTA), Test Cornell (CCTT), Prueba Ennis-Weir, Prueba California (CCTS), Prueba Halpern *Critical Thinking Assesment Using Everyday Situation* (HCTAES, por sus siglas en inglés), cuestionario de Sternberg, Prueba PENCRISAL y Cuestionario Pensamiento Crítico CPC 2. De las anteriores se resalta la conveniencia de las pruebas PENCRISAL y HCTAES como herramientas útiles e innovadoras, haciendo énfasis en la pertinencia de este último (*test* de Halpern) para evaluar habilidades específicas, como la toma de decisiones, la resolución de problemas y el razonamiento deductivo e inductivo.

Metodología

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cuasiexperimental, empleando una recolección de datos de tipo cualitativo, en tres fases: en la primera fase se caracterizaron las habilidades de pensamiento crítico mediante el *test* HCTAES (*pretest*); en la segunda fase se realizó la aplicación de la SEA “El mundo de los compuestos inorgánicos en el ambiente”; y en la tercera fase se evaluaron las habilidades de pensamiento crítico con el *test* HCTAES (*Postest*).

Población

Participaron en la investigación 28 estudiantes de grado décimo entre los 15 y 16 años del colegio Liceo Fesán, el cual posee dos énfasis, uno enfocado en gestión empresarial y el otro en ciencia y tecnología, que son elegidos por los estudiantes para cursarlos durante los dos años de la media vocacional.

Instrumentos

Pretest

Se aplicó la prueba de Halpern para caracterizar algunas de las habilidades de pensamiento crítico. Según Beltrán et al. (2009) el planteamiento de hipótesis y de estrategias promueven argumentos que favorecen la construcción del aprendizaje, es de esta manera que el *test* mediante situaciones cotidianas permite evaluar dichas habilidades.

El test de Halpern cuenta con veinticinco situaciones cotidianas empleando un doble formato de pregunta, donde primero se presenta una pregunta abierta que permite que los estudiantes argumenten frente a la situación planteada o den su opinión del tema y una pregunta cerrada en la cual ellos deben elegir una opción para responder o explicar la situación planteada. De dicho *test* se seleccionaron siete situaciones que evalúan las habilidades de toma de decisiones, resolución de problemas y análisis de argumentos.

Secuencia de enseñanza aprendizaje (SEA)

Se diseñó una SEA llamada “El mundo de los compuestos inorgánicos en el ambiente”, cuya finalidad era acercar a los estudiantes a la comprensión del estudio de los compuestos inorgánicos y su relación con el ambiente.

Dentro de la SEA se propone un análisis crítico, reflexivo y estructurado de los conocimientos adquiridos y la relación de estos contenidos con su entorno más cercano, siendo conscientes de los cambios que se han dado en el ambiente a causa de la utilización de muchos productos que ofrecen en el mercado y en la industria, de los cuales son partícipes en su día a día, e identificando cómo los compuestos inorgánicos por sus estructuras alteran y afectan el ambiente.

Esta secuencia se planteó para cumplir los siguientes objetivos y se desarrolló en seis sesiones:

- Propiciar espacios de debate y de análisis sobre problemáticas ambientales que se dan por el uso de compuestos inorgánicos.
- Argumentar sobre la estructura de los compuestos inorgánicos y el uso de ellos en la cotidianidad.
- Reconocer las funciones inorgánicas y los grupos funcionales, para así determinar el impacto que pueden generar sobre el ambiente.
- Fomentar explicaciones de las temáticas aprendidas y su aplicabilidad.

Esta secuencia ha sido elaborada bajo la estructura didáctica propuesta por Eisenkraft (en Vázquez et al., 2013) denominada “Ciclo de aprendizaje 7E”, que son las etapas que comienzan con la letra E (enganchar, elicitar, explorar, explicar, elaborar, extender y evaluar) (Tabla 1).

Tabla 1. SEA según modelo del proyecto EANCYT

Titulo El mundo de los compuestos inorgánicos en el ambiente		N.º sesiones	seis
Justificación / descripción general El objetivo de estas actividades es acercar a los estudiantes a la comprensión del estudio de los compuestos inorgánicos; se centra en la implementación de los compuestos, la estructura de estos y cómo ellos impactan en el ambiente. Es importante que los estudiantes de grado décimo relacionen las temáticas vistas con su entorno más cercano y que puedan poner en práctica sus aprendizajes por medio de un análisis crítico, reflexivo y estructurado, siendo conscientes de los cambios que se han dado en el ambiente a causa de la utilización de muchos productos que se ofrecen en el mercado y en la industria, de los cuales son partícipes en su día a día; que ellos identifiquen cómo los compuestos inorgánicos por sus estructuras alteran y afectan el ambiente		Nivel/Etapa	Educación Media (15-16 años)
		Curso	Décimo
Relación con el currículo		Área	Química
El diseño e implementación de una estrategia didáctica en la que se trabaja el reconocimiento de los compuestos inorgánicos, los tipos de reacciones que se dan para la formación de los mismos, balanceo de las reacciones y de esta forma ver cómo el uso de algunos de ellos impacta el ambiente.		Bloque	Química inorgánica
Competencia(s) básica(s): competencia científica			
Explicación científica, comunicar información, proponer posibles explicaciones, razonamiento lógico, interpretar y argumentar			
Objetivos			
<ul style="list-style-type: none"> • Propiciar espacios de debate y de análisis sobre problemáticas ambientales que se han dado por el uso de compuestos inorgánicos • Argumentar sobre la estructura de los compuestos inorgánicos y el uso de ellos en la cotidianidad. • Reconocer las funciones inorgánicas y los grupos funcionales, para así determinar el impacto que pueden generar sobre el ambiente • Fomentar explicaciones de las temáticas aprendidas y su aplicabilidad 			
Tiempo	Actividades (alumnado / profesorado)	Metodología organización	Materiales recursos
60'	Enganchar, introducción-motivación A partir de los videos se reflexiona sobre el uso indiscriminado de los compuestos inorgánicos y la forma en que ellos alteran el ambiente, después de ver los videos ellos escogerán una imagen de las que se encuentran en el tablero. En una hoja pegan la imagen y en un párrafo relacionarán la imagen que escogieron con alguno de los videos.	Grupo clase escrito individual	Videos e imágenes tablero
60'	Elicitar, conocimientos previos Los estudiantes responden por escrito las preguntas: ¿Qué son los compuestos inorgánicos? ¿Qué compuestos tienen los implementos de aseo que usan en casa? ¿Has pensado en el cuidado del ambiente? ¿Qué es el ambiente? Luego se socializan en el grupo y se realiza una actividad con productos de uso cotidiano.	Grupo clase escrito individual actividad	Verbal escrita productos (aseo, medicamento, productos de belleza)
Actividades de desarrollo			
60'	Explicar contenidos Se propone trabajar una lectura donde se identifique un impacto ambiental significativo que se haya dado por el uso excesivo de productos que se emplean en el hogar, en esta lectura se encontrarán inmersas las estructuras y algunas fórmulas de compuestos inorgánicos con la finalidad que ellos integren el conocimiento disciplinar con los impactos ambientales; a esta lectura van una serie de preguntas que deben solucionar en grupos, para una posterior socialización y explicación del docente.	Grupos de 3 personas	Lectura

Título <i>El mundo de los compuestos inorgánicos en el ambiente</i>		N.º sesiones	seis
60'	Explicar procedimientos A partir de un impacto ambiental que se ha generado por una reacción química, los estudiantes expondrán el procedimiento (Formación de compuesto, tipos de compuestos y balanceo) ¿Por qué se produce la contaminación? , construyendo argumentos grupales (Se les pide emplear la MAT)	Grupos de 3 personas	Impacto y reacciones químicas. Verbal y escrito
40'	Explorar consolidación Al finalizar la actividad el profesor realiza una recopilación de la información trabajada y realiza una realimentación de cada uno de los temas trabajados, enfatizando en la importancia del conocimiento adquirido en la química inorgánica y su impacto en el ambiente.		Verbal y escrito
Evaluar			
30'	Cuestiones del test de Halpern	Pre- post test	HCTAES
	Criterios/indicadores		
	Fortalecimiento social		
	Extender actividades de refuerzo		
	Extender actividades de recuperación		
	Extender actividades de ampliación		
	Explicación sobre los impactos ambientales que han sido causados por el uso inadecuado de productos que han sido elaborados con compuestos inorgánicos	Grupo de clase	Videos y verbal

Fuente: elaboración propia.

Postest

Finalizada la aplicación de la SEA se esperó un mes para aplicar de nuevo a los estudiantes el *test* de Halpern con las siete situaciones cotidianas seleccionadas para el *pretest*. Se evalúa el cambio en las respuestas cerradas de cada estudiante, analizando las habilidades de pensamiento como lo propone el proyecto CYTENCRI y así poder evaluar la incidencia de la SEA en los procesos de enseñanza y de aprendizaje.

Resultados

Primera Fase. Caracterización de las habilidades de pensamiento crítico

Se presentan los resultados de las preguntas cerradas las cuales se sistematizan mediante la tabulación propuesta en el manual de Halpern, en el cual indican que al poner a los examinadores a elegir una opción de respuesta, ellos

serían capaces de reconocer el buen uso de las habilidades de pensamiento crítico, mientras que las respuestas abiertas o construidas permiten analizar el uso de las habilidades de pensamiento crítico (Halpern, 2016).

Verificación de hipótesis (S1, partes 1 y 2)

La existencia, pertinencia y conveniencia de argumentos que sustentan hipótesis relativas a una problemática muestran aciertos en apenas un 25 %, y las elecciones de justificantes necesarios para sustentar las hipótesis, seleccionadas en la primera parte, presentan un 21% de respuestas acertadas. Estos resultados indican que la mayor parte del grupo se encuentra por debajo del umbral mínimo del 25 %, de tal forma que sus habilidades de pensamiento crítico son débiles o aún no están construidas, de tal manera que sus aplicaciones globales, pasivas o activas son apenas superficiales.

Análisis de argumentos (S12, S13 y S15)

La búsqueda de conclusiones considerando motivos o fallos que las apoyan, así como la búsqueda de razones y el reconocimiento de diferencias entre suposiciones y conclusiones presentan un porcentaje promedio de acierto de 48,7 %, lo cual permite identificar que el grupo en su mayoría se encuentra entre el promedio, es decir que eventualmente logran establecer diferencias entre opiniones inconscientes y pensamiento razonado, por lo que a través de procesos de formación serían susceptibles de fortalecer sus análisis.

Toma de decisiones y resolución de problemas (S21, S23 y S24)

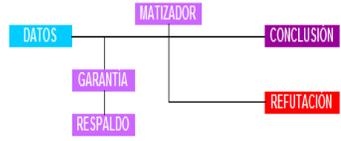
La identificación de relaciones entre los posibles factores asociados a una problemática implica el uso de habilidades de pensamiento crítico en los procesos de toma de decisiones y arrojan resultados de acierto en un 32,21 %, lo cual indica que los estudiantes participantes seleccionan parcialmente y con poca frecuencia alternativas de resolución basadas en criterios relevantes, por lo cual dicha resolución no muestra movimiento entre el área de inicio y los objetivos propuestos; es decir que la selección de opciones es frecuentemente deficiente.

Segunda fase. Aplicación de la SEA

La segunda fase evidencia las actividades de la SEA, correspondiente a las seis sesiones de clase (Tabla 2).

Tabla 2. Actividades de la SEA correspondiente a las 6 sesiones de clase

Fase	Actividad-descripción	Observación
Enganchar- Envolver	Para esta actividad se dispone de 60' minutos, esta sesión se divide en dos partes, en la primera se les presentan a los estudiantes una serie de videos sobre el uso indiscriminado de productos que se usan en la industria y en el aseo personal y del hogar, que tienen en su composición algunos compuestos inorgánicos como ácidos o bases fuertes que contaminan el ambiente. La segunda parte se pega unas imágenes de productos en el tablero y cada uno de ellos selecciona una imagen, creando un párrafo de por qué escogió esa imagen y cuál es su relación con los videos vistos anteriormente o con su cotidianidad	Se evidencia una buena disposición de los estudiantes por el tema que se aborda en los videos, generando una relación de algunos impactos ambientales (La contaminación del río de Bogotá) a causa de los desperdicios industriales y de los residuos que se depositan desde los hogares en los vertederos. Para la elección de las imágenes ellos manifiestan que escogen la imagen del producto con el que tienen mayor contacto en sus actividades diarias o los que usan sus mamás con mayor frecuencia en el aseo de sus hogares
Elicitar	Se planean una serie de interrogantes a los estudiantes, los cuales deben responder en una hoja: ¿Qué son los compuestos inorgánicos? ¿Qué compuestos tienen los implementos de aseo que usan en casa? ¿Has pensado en el cuidado del ambiente? ¿Qué es el ambiente?, tienen un tiempo de 30' para responderlas y luego se socializan en el grupo. Cada estudiante para esta sesión debe traer la etiqueta de un producto de aseo o de un medicamento que se use con frecuencia en su casa, para realizar una descripción de su elaboración y su uso	Los estudiantes responden de forma individual los interrogantes en una hoja, algunos se muestran interesados en la actividad relacionando sus respuestas con su actuar en el día a día, reconociendo que no tienen preocupación en los temas ambientales. En grupos socializan la etiqueta del producto que trajeron y comienzan a analizar qué compuestos inorgánicos contienen y cómo estos por su estructura pueden afectar el ambiente si no son empleados con precaución o si se usan indiscriminadamente

Fase	Actividad-descripción	Observación
Explicar (Contenidos)	Trabajo con lecturas donde se identifican los impactos ambientales por el uso excesivo de productos químicos que tienen como base compuestos inorgánicos; se le propone que cada uno presente una lectura que le haya llamado la atención por su impacto ambiental	Cada estudiante lleva una lectura a la clase y se forman grupos de 3 o 4 personas, donde se realiza una lectura preliminar de cada una y se escoge una sola, con ella deben explicar el problema ambiental, qué generó ese problema, qué productos interfieren en esa problemática y realizar un árbol de problemas o un esquema que les permita socializar con los demás grupos la importancia de su lectura. Aquí deben evidenciar por qué ese producto químico genera el impacto ambiental (anotando cuál es ese compuesto químico)
Explicar (Procedimientos)	Escogerán una reacción química por la cual se haya generado un impacto ambiental y deberán exponer el procedimiento (Formación de los compuestos, tipos de compuestos, balanceo, nomenclatura) y a su vez explicarán ¿Por qué se produce la contaminación? (Emplearán el MAT)	De la actividad anterior ellos escogieron un compuesto químico inorgánico que ha afectado el ambiente por su reacción, escriben el compuesto, su fórmula estructura y molecular; en una cartelera escriben el compuesto y las reacciones que se generan con agentes como el agua, entre otros y de esta forma explican cómo ese compuesto alteró el ambiente, empleando el MAT  <p>Fuente: G3 G4 guía de argumentación CYPENCRI</p>
Explorar (Consolidación)	El profesor realiza la recopilación de la información trabajada y realiza la realimentación de los temas trabajados.	Durante la sesión de consolidación los estudiantes se prestan dispuestos frente a la explicación de las actividades realizadas y el producto obtenido en cada una de ellas, se realiza una charla donde cada uno de los agentes partícipes da cuenta de la forma en cómo se aprendieron las temáticas propuestas por el currículo de una forma diferente, no de manera mecánica y que les genere mayor impacto en su aprendizaje.
Extender	Explicación y discusión sobre los impactos ambientales por el uso inadecuado de los compuestos inorgánicos en la elaboración de muchos productos de la industria	Se realiza una última actividad de cierre donde cada estudiante muestra cuál es su fortaleza en lo aprendido de la química inorgánica mediante un ejemplo y el cuidado que se le debe dar al ambiente, reconociendo que son una generación que deja de lado el ambiente y las situaciones que vive el país a causa del uso indiscriminado de productos y de los mismos recursos

Fuente: elaboración propia.

Sobre la base de los resultados obtenidos se diseña una matriz que permite caracterizar los niveles de argumentación de los estudiantes de grado décimo, con respecto a cada una de las actividades propuestas en la SEA, para dicha matriz se tienen en cuenta cuatro niveles de argumentación y para cada uno de ellos un criterio de análisis, el cual se elabora teniendo en cuenta el MAT, de la siguiente manera (Tabla 3).

Tabla 3. Matriz para el análisis de la SEA según el MAT

Nivel de argumentación	Criterio de análisis
Uno	No hay razones claras que sustenten el proceso analizado y expuesto las actividades
Dos	Hay razones que sustentan el proceso analizado, pero estas carecen de respaldos Las razones que sustentan el proceso analizado no son claras; sin embargo, busca respaldos que le permitan defender su postura
Tres	Las razones que dan explicación al proceso analizado son claras y están basadas en respaldos, no obstante, existen algunas dificultades para identificar algunas relaciones entre los compuestos inorgánicos, su estructura y la forma de contaminación.
Cuatro	Las razones que dan explicación al proceso analizado son claras están basadas en respaldos, el discurso argumentativo es coherente y estructurado, alejado del lenguaje cotidiano.

Fuente: elaboración propia.

Al revisar los textos desarrollados por los estudiantes se pueden identificar niveles de argumentación en los niveles uno a tres, de acuerdo con la matriz de análisis de la SEA, donde en el primer nivel, las ideas presentadas no involucran respaldos, garantías ni evidencias que soporten las afirmaciones. En la mayoría de estos casos, asumen que los productos de aseo e higiene personal presentados generan afectaciones ambientales debido a su composición química, pero no presentan un sustento frente a ello (Figura 1).

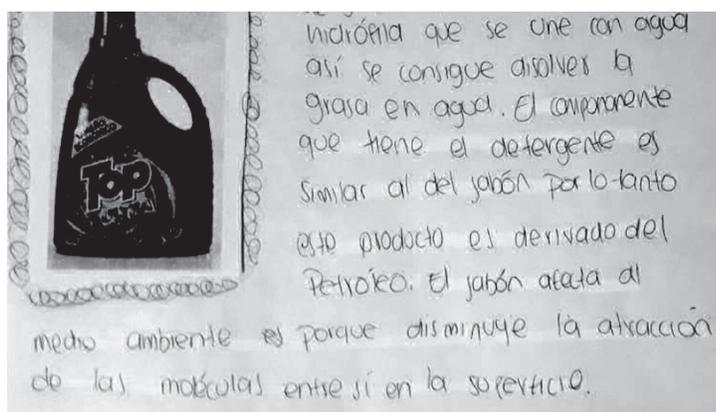


Figura 1. Texto estudiante fase inicial de la SEA, nivel 1

Fuente: elaboración propia.

En el nivel 2 se observa una inclusión básica de evidencias, donde los estudiantes tienden a utilizarlas como único apoyo para llegar a la conclusión sin tener en cuenta otras categorías. Es así como al observar los textos se puede identificar información obtenida de

los videos relacionados con la temática, así como respaldos básicos en cuanto a los compuestos involucrados en la elaboración de los productos analizados, presentando de forma más detallada los compuestos y mencionando en algunos casos (figuras 2 y 3).

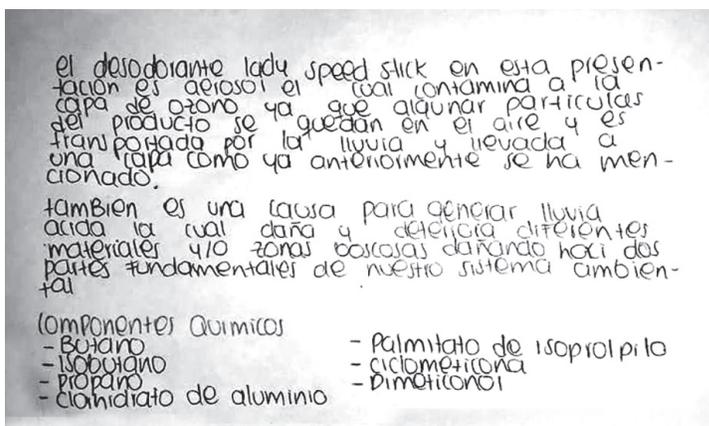


Figura 2. Texto estudiante fase inicial de la SEA, nivel 2

Fuente: elaboración propia.

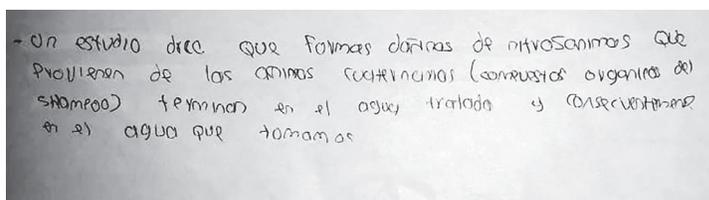


Figura 3. Texto estudiante fase inicial de la SEA, nivel 2

Fuente: elaboración propia.

En cuanto al nivel 3, las evidencias presentadas por los estudiantes mejoraban con respecto a las identificadas en los niveles 1 y 2, tanto en cantidad como en calidad, donde en general los datos suministrados por ellos hacen énfasis en las consecuencias ambientales de los compuestos químicos utilizados en la elaboración de los productos analizados.

Sin embargo, en el proceso de argumentación inicial se mantiene la tendencia a incorporar ideas generales; según Manassero et al. (2020) suele ser un pensamiento de baja calidad y defectuoso, asociado a la experiencia en el uso de los mencionados productos y sus ideas previas (figuras 4 y 5).

El tinte de cabello tiene una serie de sustancias tóxicas las cuales encontramos principalmente el amoníaco, compuesto orgánico, el peróxido de hidrógeno que es un agente blanqueador, carbonato de sodio, etanolamina, parabenos y demás, estas sustancias contienen compuestos que son muy fuertes para el medio ambiente en (el) especial las aguas ya que los desechos restantes caen en los océanos, mares, etc. Además los tintes de cabello terminan viajando por el desagüe y eso se regresa como suministro del agua potable

Figura 4. Texto estudiante fase inicial de la SEA, nivel 3

Fuente: elaboración propia.

En la anterior imagen podemos ver los productos de Aseo "Detergentes" ¿que impacto tienen en el medio ambiente?
El detergente es una sustancia o producto transaccivo y enfriático su función se trata de disolver la suciedad de cuyo objeto que se quiere limpiar.

Figura 5. Texto estudiante fase inicial de la SEA, nivel 3

Fuente: elaboración propia.

Para la evaluación de la SEA y los conocimientos adquiridos por los estudiantes de grado décimo se aplicó el cuestionario propuesto por el proyecto CYPENCRI identificando si lo aprendido en la SEA era interesante, si les ha ayudado a ser más críticos y si les ayudo a adquirir competencias científicas (Figura 6).

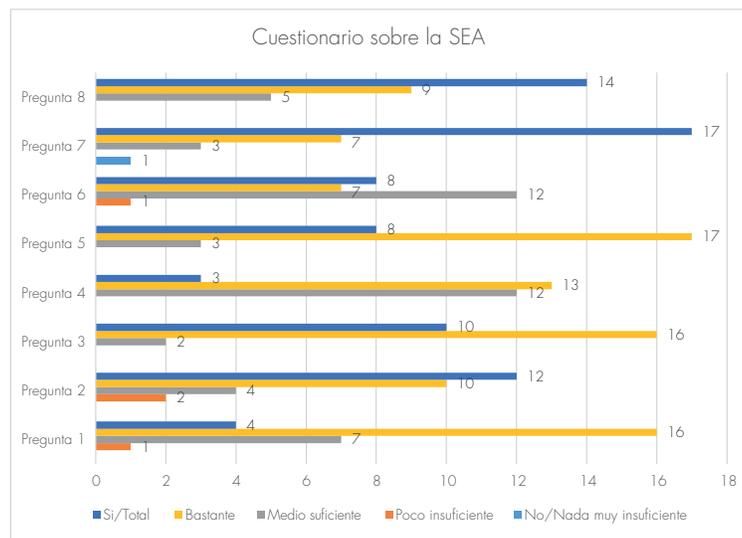


Figura 6. Cuestionario sobre la SEA CYPENCRI

Fuente: elaboración propia.

Dentro de la entrevista realizada para evaluar la SEA los estudiantes determinan que ha sido bastante interesante, utilizando afirmaciones como “ha sido más fácil el aprendizaje de la química inorgánica y es más útil lo aprendido durante las clases”; “es otra forma de adquirir conocimiento y relacionar las problemáticas ambientales, como lo es la contaminación a causa de algunos compuestos químicos (nitrogenados, sulfatos, entre otros)”.

En la pregunta tres de la entrevista se les cuestiona qué aspectos consideran más relevantes y por qué razón es muy relevante. Ellos responden que algunos aspectos importantes son las noticias que debían buscar para relacionar los conocimientos disciplinarios vistos con algunas de las contaminaciones ambientales que se presentan a nivel global, pues esto les permitía adquirir argumentos y razones de muchos fenómenos que se ven a diario o en otros reforzar argumentos para refutar con sus compañeros sobre las problemáticas ambientales. Un ejemplo de ellos es el hecho de que los estudiantes escogieran noticias como “Cuando el río suena, Nitrato lleva: El veneno que beben los españoles”, donde identifican que esta contaminación hídrica se da por el uso indiscriminado de fertilizantes y plaguicidas, llegando los nitratos a los cuerpos de agua.

Tercera fase. Evaluación de habilidades de pensamiento crítico

El análisis de las respuestas al *postest* se realiza con base en las categorías propuestas y de acuerdo con las habilidades de pensamiento crítico evaluadas en el *test* de Halpern, manteniendo la selección y valoración únicamente de la parte dos de cada situación.

Verificación de hipótesis (S1, partes 1 y 2)

En esta parte del *test* el reconocimiento de los elementos que dan fundamento y sustentan las hipótesis presentadas muestran un avance significativo por parte del grupo de estudiantes, pasando del 25 % al 53,57 % y donde las elecciones de justificantes necesarios para sustentar las hipótesis seleccionadas en la primera parte presentan un incremento del 18,28 % de respuestas acertadas, pasando del 21% al 39,28 % (Figura 7). En cuanto a esta habilidad, se hace evidente un incremento del uso de hechos y razonamientos sensatos como herramientas de soporte, tal como lo indican Paul, et ál. (2005, p. 24). Estos resultados indican que la mayor parte del grupo logró una mejora significativa en el desarrollo de su habilidad de verificación de hipótesis, de tal manera que se identifica una mayor presencia de componentes de aplicación global, pues estos integran eficazmente las conclusiones y los conocimientos previos de los estudiantes (Figura 8).

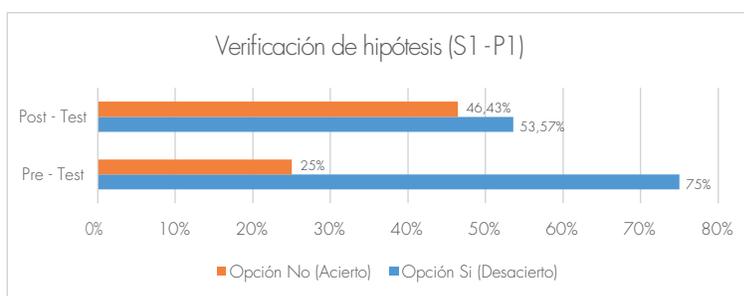


Figura 7. Verificación de hipótesis (situación 1-parte 1)

Fuente: elaboración propia.

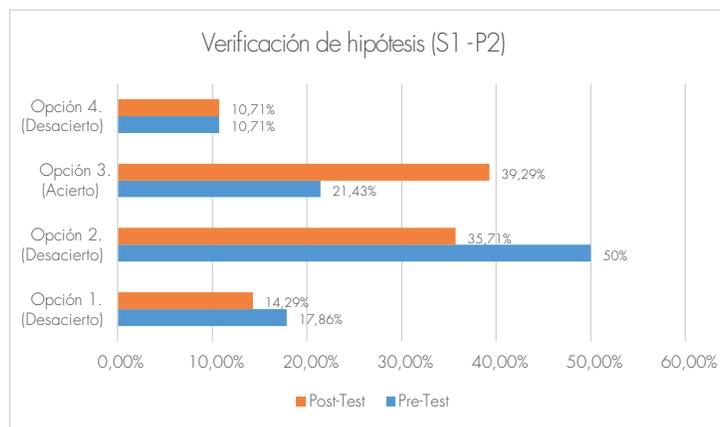


Figura 8. Verificación de hipótesis (situación 1-parte 2)

Fuente: elaboración propia.

Análisis de argumentos (S12, S13 y S15)

Presenta una leve mejora en las acciones orientadas a la búsqueda de conclusiones, donde los estudiantes identifican con ligero avance los elementos causales o que generan intervención sobre un argumento. Aún persiste un reconocimiento parcial de diferencias entre suposiciones y conclusiones presentando un porcentaje promedio de acierto de 54,21 %, que con respecto a los resultados del *pre-test* (48,7 %) mantiene la tendencia inicial (figuras 9, 10 y 11), lo cual permite identificar que persiste una eventual identificación de diferencias entre opiniones inconscientes y pensamiento razonado. En cuanto al desarrollo de la habilidad de análisis de argumentos, la SEA proporcionó espacios en los que los estudiantes lograron identificar razones, conclusiones y contra argumentos en debates sobre temáticas simples, donde gradualmente se aborden temas complejos, que generen no solo mejoras instantáneas, sino que pueda persistir en el tiempo, siendo estos una estrategia como lo mencionan Casallas et al. (2018) que permite el fortalecimiento de la habilidad mencionada.

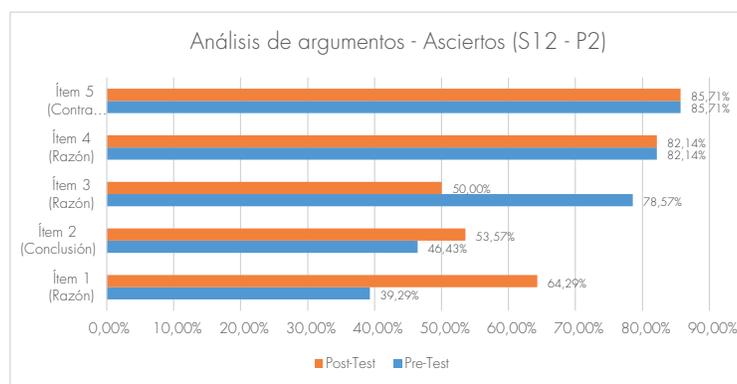


Figura 9. Aciertos habilidad Análisis de argumentos (situación 12-parte 2)

Fuente: elaboración propia.

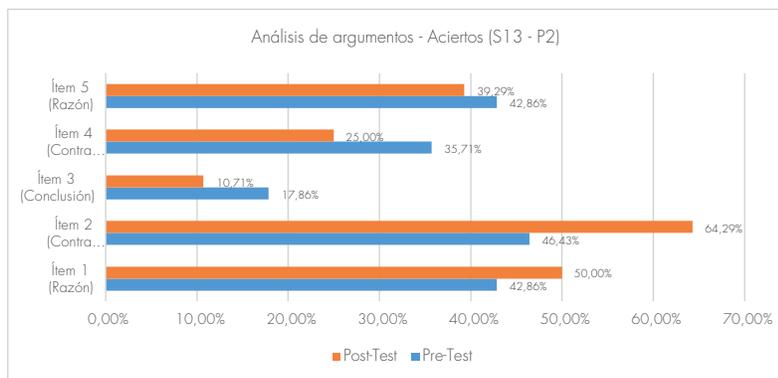


Figura 10. Aciertos habilidad análisis de argumentos (situación 13-parte 2)

Fuente: elaboración propia.

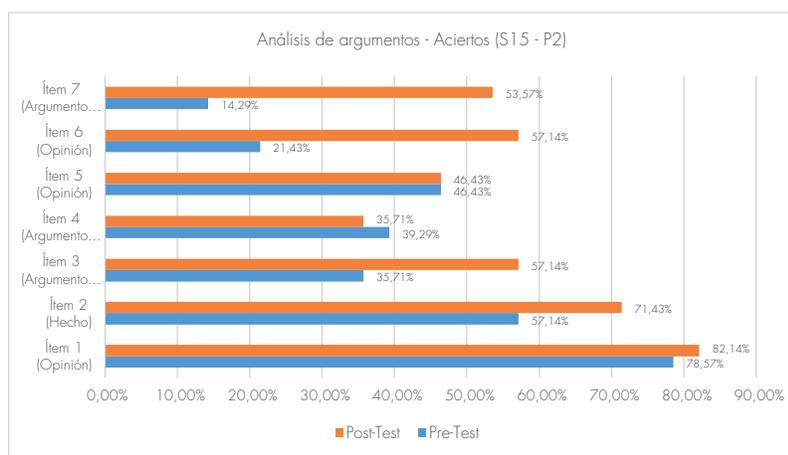


Figura 11. Aciertos habilidad análisis de argumentos (situación 15-parte 2)

Fuente: elaboración propia.

Toma de decisiones y resolución de problemas (S21, S23 y S24)

Los resultados indican un porcentaje de efectividad del 45,19 %, dando a entender que el uso de habilidades de pensamiento crítico se hizo presente con mayor frecuencia en la toma de decisiones, incrementando en un 12,98 % resultados de acierto de 32,21 % obtenidos en el *pretest*, lo cual indica que los estudiantes

participantes seleccionan con mayor eficacia las alternativas de resolución basadas en criterios relevantes, por lo cual dicha resolución muestra movimiento entre el área de inicio y los objetivos propuestos, es decir que la selección de opciones dejó de ser frecuentemente deficiente (Figura 12).

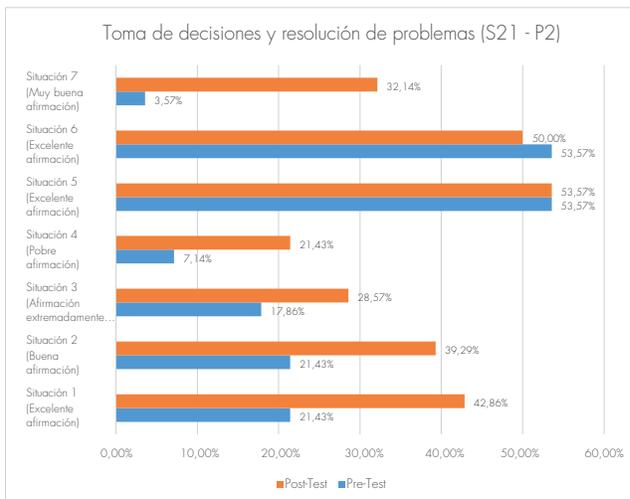


Figura 12. Aciertos habilidad toma de decisiones y resolución de problemas (situación 21-parte 2)

Fuente: elaboración propia.

De igual forma, el uso de situaciones del contexto asociadas al impacto de los compuestos inorgánicos presentes en productos de uso cotidiano generó una tendencia a producir diversas respuestas, que en buena parte de los casos se justificaron con razones de validez que facilitaron una mejor comprensión de los procesos y fenómenos químicos. Estas comprensiones se lograron como efecto de las estrategias de resolución de problemas, como elementos elicidores del pensamiento crítico. En la figura 13 se puede observar cómo se dio este cambio, del cual se puede esperar una mejor consolidación en procesos similares del contexto escolar, estudiantil y familiar.

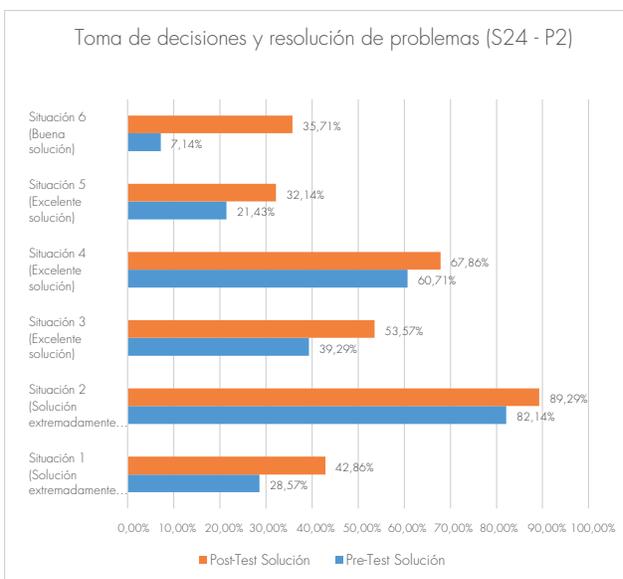


Figura 13. Aciertos habilidad toma de decisiones y resolución de problemas (situación 24-parte 2)

Fuente: elaboración propia.

Discusión de los resultados

Según los resultados obtenidos en la presente investigación se puede afirmar que la aplicación de la SEA se puede constituir como una herramienta de fortalecimiento de habilidades de pensamiento crítico, durante los procesos de análisis y contextualización de problemáticas ambientales en las que se ven involucrados los estudiantes. Además, según los resultados obtenidos en el *pretest* y el *postest* utilizando el *test* de Halpern, se pueden obtener escalas de valoración de las habilidades de pensamiento crítico desarrolladas tras la interacción entre el aprendizaje de conocimientos de tipo científico y sus aplicaciones en entornos cotidianos, los cuales se pueden caracterizar desde las situaciones y los componentes de evaluación presentes en la mencionada herramienta.

De otro lado, las habilidades de pensamiento crítico se pueden fortalecer prioritariamente de acuerdo con las necesidades identificadas tras la aplicación de los *test*, estableciendo conexiones con cada una de las fases de la secuencia orientadas a ellas. Los resultados permiten evaluar como cada una de las fases de la SEA repercutieron en el fortalecimiento de las habilidades del pensamiento crítico. A pesar que las situaciones de análisis fueron las mismas, las mejoras porcentuales de efectividad se pueden asociar en mayor margen con las acciones de contextualización y de resolución de problemas cotidianos, pues el uso de problemas ambientales asociados a la producción y uso masivo de productos químicos inorgánicos motivó que la mayoría de los estudiantes reconocieran cómo aplicar los conocimientos científicos y técnicos para el establecimiento de posturas razonadas frente al tema, a partir de la construcción de argumentos y el planteamiento de conclusiones.

Conclusiones

Con el abordaje de cada una de las situaciones presentadas tanto en el *test* como en la SEA el nivel de desarrollo de las habilidades fue aumentando, lo que refleja una relación inmediata entre el conocimiento adquirido en el currículo y una intervención didáctica pertinente, apoyada en el uso de *test* que orienten de forma puntualizada las acciones docentes. Es muy relevante observar cómo las deficiencias presentadas en la aplicación de las habilidades asociadas a las primeras situaciones presentadas se redujeron en la medida que los estudiantes lograron aumentar su habilidad de construcción de argumentos.

Las características de la interacción entre los resultados de los *test* y las actividades propuestas para la SEA se convirtieron en un instrumento para que los estudiantes fortalecieran sus habilidades de pensamiento crítico, logrando convertir la información que inicialmente se abordó de forma superficial en conocimiento que produjo una toma de decisiones fundamentada en argumentos y pensamiento razonado, los cuales se reflejaron en las propuestas de resolución planteadas tanto en el *test* de Halpern como en la SEA.

Los estudiantes de grado décimo a lo largo de su formación escolar han participado en situaciones que implicaron establecer posiciones frente a un tema y plantear conclusiones, pero al iniciar la investigación no se lograron ver reflejados estos procesos en el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico en las situaciones del *pretest*. Con los procesos de verificación de hipótesis, análisis de argumentos, toma de decisiones y resolución de problemas, asociados a las actividades propuestas en la SEA, los estudiantes lograron expresar sus argumentos con mayor facilidad, involucrando no solo la expresión verbal o escrita convencional, pues también involucraron el uso de imágenes, esquemas y diagramas para expresar conexiones entre fenómenos y argumentos.

Referencias

- Alguacil, F.J y Merino. (1998). Biotratamiento de contaminantes de origen inorgánico. *Revista de Metalurgia*, 34(5), 428-436. <https://doi.org/10.3989/revmetalm.1998.v34.i5.810>
- Amórtegui-Cedeño, E., Gavidia-Catalán, V., y Mayoral, O. (2017). Las prácticas de campo en la enseñanza de la biología y la formación docente: estado actual de conocimiento. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (Número Extraordinario). <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/4416>
- Beltrán, M. J. y Torres, N. Y. (2009). Caracterización de habilidades de pensamiento crítico en estudiantes de educación media a través del test HCTAES. *Zona próxima*, 11, 66-85.
- Caamaño, A. (2006). Repensar el currículum de química en el bachillerato. *Primera Trobada de professors de Química de la Universitat de Barcelona* (pp. 1-12). Centro de Documentación y Experimentación en Ciencias y Tecnología
- Caamaño, A. (2011). Enseñar química mediante la contextualización, la indagación y la modelización. *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 69, 21-34.
- Callejas, M. M., Vega, A. y Vázquez, Á. (2015). La experiencia de formación de una profesora colaboradora del proyecto EANCYT al aplicar la secuencia de enseñanza aprendizaje "predecir el clima" a estudiantes de educación básica. *Interaccoes*, 34, 140-155.
- Casallas, E. y Martínez, L. (2018). Una estrategia didáctica para favorecer la argumentación en la clase de Ciencias a partir del abordaje de una cuestión socio-científica. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED, Número extraordinario* [Memorias, Octavo Congreso Internacional de formación de Profesores de Ciencias para la Construcción de Sociedades Sustentables. Octubre 10, 11 Y 12 de 2018, Bogotá], 1-6.
- Fernández, R. (2010). Contaminación y contaminantes del suelo. En D. Quiroga, R. Fernández y E. Paris (Comps). *Salud Ambiental Infantil. Manual para enseñanza de grado en escuelas de medicina* (pp. 49-55). Ministerio de Salud de la Nación; Organización Panamericana de la Salud.
- Furió, C., Domínguez, M. y Guisasola, J. (2012). Diseño e implementación de una secuencia de enseñanza para introducir los conceptos de sustancia y compuesto químico. *Enseñanza de las Ciencias*, 30(1), 113-128.
- Gait, N y Pierotto, M. (2010). Contaminación y contaminantes del agua. En D. Quiroga, R. Fernández y E. Paris (Comps). *Salud Ambiental Infantil. Manual para enseñanza de grado en escuelas de medicina* (pp. 53-56). Ministerio de Salud de la Nación; Organización Panamericana de la Salud.
- Halpern, D. (2006). *Halpern Critical Thinking Assessment Using Everyday Situations: Background and scoring standards (2° Report)*. [Unpublished manuscript]. Claremont McKenna College.
- Halpern, D. (2016). *Manual Halpern Critical Thinking Assessment*. Schucfried.
- Manassero, M. A. y Vázquez, Á. (2020). Evaluación de destrezas de pensamiento crítico: Validación de instrumentos libres de cultura. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 47, 15-32.

- Marchetti, C. (2010). Contaminación y contaminantes del aire exterior. En D. Quiroga, R. Fernández y E. Paris (Comps). *Salud Ambiental Infantil. Manual para enseñanza de grado en escuelas de medicina* (pp. 43-47). Ministerio de Salud de la Nación; Organización Panamericana de la Salud.
- Melo, N. (2017). Los puentes en la enseñanza de las ciencias: un compromiso para comprender las investigaciones sobre las relaciones entre conocimientos científicos escolares y conocimientos ecológicos tradicionales. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (42), 43-61. Disponible en: <https://doi.org/10.17227/01203916.6962>
- Mendoza, P. (2015). *La investigación y el desarrollo de pensamiento crítico en estudiantes universitarios*. Publicaciones y divulgación científica. www.riuma.uma.es
- Morales, P., Fernández, S. y Saiz, C. (2017). Estudio comparativo de desarrollo de habilidades de pensamiento crítico: Ardesos versus ABP. *III Seminario Internacional de Pensamiento Crítico* (pp. 1 -10). Universidad de Caldas, Manizales.
- Nieto, A. M. y Saiz, C. (2008). Relación entre las habilidades y las disposiciones del pensamiento crítico. En *Motivación y emoción: Contribuciones actuales. Vol. II: Motivación* (pp. 255-263). Astigarraga (Guipuzcua): A.G.Michelena.
- Ocampo, L., Ruiz, J., Rodolfo, Z. y Villada, C. (2017). Una perspectiva multimodal de la argumentación y su relación con el pensamiento crítico. *III Seminario Internacional de Pensamiento Crítico* (pp. 1-8). Universidad de Caldas, Manizales.
- Ocampo, Z. d. y Ramírez, C. F. (2017). Explicación de los niveles argumentativos utilizados por los estudiantes de la institución educativa Hojas Anchas sede bajo San Francisco cuando construyen el concepto de contaminación. *III Seminario Internacional de Pensamiento Crítico* (pp. 1-9). Universidad de Caldas, Manizales.
- Ortega-Iglesias, J. M. y Perafán-Echeverri, G. A. (2016). El concepto de tecnología escolar: una construcción de conocimiento profesional específico del profesorado de tecnología e informática. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (40), 13-49. <https://doi.org/10.17227/01203916.6145>
- Paul, R. y Elder, L. (2005). *Estándares de competencia para el pensamiento crítico. Estándares, principios, desempeño, indicadores y resultados con una rúbrica maestra en el pensamiento crítico (Vol. 20)*. Fundación para el Pensamiento Crítico.
- Pérez, C., Castro, D. y Villalba, C. (2017). Unidades didácticas para promover la argumentación en ciencias naturales como marco de referencia para desarrollar el pensamiento crítico. *III Seminario Internacional de Pensamiento Crítico* (pp. 1-6). Universidad de Caldas, Manizales.
- Piñeros, Y. y Parga, D. (2014). Caracterización de los contenidos curriculares contextualizados para la enseñanza de la Química. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis: Tecné, Episteme y Didaxis: TED, Número extraordinario* [Memorias, Sexto Congreso Internacional sobre Formación de Profesores de Ciencias, 8 al 10 de octubre de 2014, Bogotá], 755-762.
- Rivas-Aviléz, J., Amórtegui-Cedeño, E. F. y Mosquera, J. A. (2017). Estado del arte de los trabajos de grado realizados en el programa de licenciatura en ciencias naturales de la Universidad Surcolombiana (2006-2015): Caracterización desde el conocimiento del profesor. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (Número Extraordinario). <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/4475>
- Scheid, N. M. J. (2016). Os desafios da docência em ciências naturais no século XXI. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 40, 177-196. <https://doi.org/10.17227/01203916.6153>

- Solbes, J. (2019). Cuestiones socio-científicas y pensamiento crítico: Una propuesta para cuestionar las pseudociencias. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 46, 81-99.
- Tamayo, O. (2014). Pensamiento crítico dominio-específico en la didáctica de las ciencias. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 36, 25-45.
- Valdés, P., y Valdés Castro, R. (2004). *Didáctica de las Ciencias. Nuevas Perspectivas*. Pueblo y Educación.
- Valero, P., y Mayorga, F. (2009). Estrategias para el aprendizaje de la química de noveno grado apoyadas en el trabajo de grupos cooperativo. *Sapiens. Revista Universitaria de Investigación*, 10(1), 109-135.
- Vázquez, A., Manassero, M. A., y Bennáassar, A. (2013). *Secuencias de Enseñanza-Aprendizaje sobre la Naturaleza de la Ciencia y Tecnología*. Unidades Didácticas del proyecto EANCYT.
- Vizcaino-Arévalo, D. F. y Terrazzan, E. A. (2015). Diferencias trascendentales entre matematización de la física y matematización para la enseñanza de la física. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (38), 95-111. <https://doi.org/10.17227/01203916.3789>
- Zenteno, B. E., y Garritz, A. (2010). Secuencias dialógicas, la dimensión CTS y asuntos socio-científicos en la enseñanza de la química. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7(1), 2-25.

Para citar este artículo

- Vega, Y. y Callejas, M. (2020). Compuestos inorgánicos en el ambiente. Secuencia de enseñanza y aprendizaje (SEA) para desarrollar pensamiento crítico en su aprendizaje. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 48, 181-202. <https://doi.org/10.17227/ted.num48-10926>