



**Una didáctica para el estudio del benceno en productos de consumo masivo:  
aprendizaje con participación ciudadana**

**A didactic approach for the study of benzene in mass consumption products:  
learning with citizens' participation**

**Jhon Fredy Pulgarín Posada**

Universidad de Antioquia  
jhon.pulgarin@udea.edu.co

**José Joaquín García García**

Universidad de Antioquia  
yocolombiano@yahoo.com.mx

**Resumo:**

A finalidade da pesquisa é projetar e testar uma estratégia de ensino com base no processo de resolução de problemas relacionados com produtos de consumo para uso diário, produtos esses em que estão presentes várias substâncias benzênicas. Tal estratégia de ensino apoia-se em controvérsias Sócio-Científicas (CSC) e propõe ainda a realização de ações sociais e políticas. Esta estratégia é parte da perspectiva da Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente (CTSA) e os seus objectivos são a melhoria nos alunos a aprendizagem conceitual em Química Orgânica e aumentar os níveis de participação dos cidadãos, a fim de melhorar a qualidade de vida nas suas comunidades e de levar a uma mudança nos hábitos de consumo.

**Palavras chave:**

Solução de problemas; consumo; benceno; educação científica; participação cidadã.

**Resumen:**

El objeto de investigación es diseñar y probar una estrategia didáctica basada en el proceso de resolución de problemas referidos al consumo productos de uso diario, en los que se encuentran presentes diversas sustancias benzénicas, usando Controversias Socio-Científicas (CSC) y proponiendo además, la realización de acciones sociopolíticas. Esta estrategia se enmarca en la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente (CTSA), y sus propósitos son mejorar en los estudiantes el aprendizaje conceptual en Química Orgánica y aumentar sus niveles de participación ciudadana con el fin de mejorar la calidad de vida en sus comunidades a partir de un cambio de hábitos de consumo.

**Palabras clave :**

Resolución de problemas; consumo; benceno; educación científica; participación ciudadana.

**Abstract:**

The purpose of this research is to design and test a teaching strategy based on the process of problem-solving, concerning quotidian consumer products in which various benzene compounds are present. We aimed to do this through the implementation of Socio-Scientific Controversies (CSC) and the additional proposal to develop social and political actions. This strategy integrates the Science-Technology-Society-Environment (STSE) perspective. It aims to improve the students' conceptual



learning in Organic Chemistry, as well as to increase their involvement as fully active citizens, in order to improve their communities' quality of life by promoting a change in consumer habits.

**Keywords:**

Resolution of problems; consumption; benzene; science education; citizen participation.

## Introducción

Hoy es necesario plantear nuevas alternativas didácticas para la educación en Ciencia, que superen la educación tradicional transmisionista, pasiva, acontextual, acrítica, y sin repercusiones transformadoras en lo social y lo natural. Dichas alternativas deben permitir vivenciar el sentido de lo que se aprende, responder el para qué se aprende, y dar cuenta de la utilidad para la vida que tiene el saber académico. Además, se necesitan desarrollar competencias que entretengan la ciencia con lo social. Es decir, implementar procedimientos que potencien las capacidades de participación en decisiones tecnocientíficas que afectan a la ciudadanía y al ambiente, y que por lo tanto contribuyan a un cambio personal y social basado en valores de justicia y equidad para todos.

En esta investigación de lo que se trata es de proponer una estrategia con enfoque CTSA para que los estudiantes de once grado aprendan sobre la química del benceno a partir de la resolución de problemas planteados como cuestiones socio científicas en el contexto del consumo y el uso de productos que contienen benceno y de su incidencia en la salud. Además, la estrategia didáctica busca que los estudiantes apliquen lo aprendido en su enfrentamiento con las problemáticas socio científicas en la proposición y ejecución de acciones socio políticas, aumentando así, sus niveles de participación ciudadana.

La aplicación de la estrategia didáctica se ha programado para diez semanas. Es decir, un período académico, durante el cual se buscará el cumplimiento de los objetivos propuestos. Para ello, los escenarios de actuación estudiantil incluirán: la misma aula de clases, la sala laboratorio de química, centros comunales, espacios públicos, medios virtuales y salas de gobierno.

Esta investigación es orientada desde una perspectiva crítica dialéctica de corte cualitativo. Inicialmente, se aplicará un pre-test y una entrevista sobre el aprendizaje conceptual de la química de los compuestos bencénicos. En segundo lugar, se ejecutará con los estudiantes la estrategia didáctica alternativa. Seguidamente, se administrará a los estudiantes un pos-test y una entrevista referidos al conocimiento conceptual sobre el comportamiento de los compuestos bencénicos. Finalmente, se hará uso de una rúbrica para determinar los niveles de participación ciudadana alcanzada por los estudiantes a partir de las acciones sociopolíticas propuestas y realizadas por ellos.

El objetivo planteado por esta investigación es diseñar y probar una estrategia didáctica basada en el proceso de resolución de problemas referidos al consumo productos de uso diario, en los que se encuentran presentes sustancias bencénicas, usando Controversias Socio-Científicas (CSC) y proponiendo la realización de acciones sociopolíticas; determinando sus posibilidades para generar en los estudiantes aprendizaje conceptual y desarrollar en ellos mejores niveles de participación



ciudadana a través de la ejecución de acciones sociopolíticas dirigidas a aumentar la calidad de vida de la comunidad. Además; en esta investigación también se tratará de establecer las posibles relaciones que pudiesen darse entre el aprendizaje conceptual de los estudiantes y sus niveles de participación ciudadana.

Esta propuesta didáctica integra la comprensión del conocimiento químico con la realización de acciones sociopolíticas para incentivar al cambio de hábitos de consumo en las personas. Entrelazando así, los componentes CTSA con las posibilidades de intervención social para mejorar las condiciones de vida de los ciudadanos a través de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias.

## Contextualización teórica

### Acerca de la situación actual y de los objetivos deseables en la educación científica

García y Cauich (2008) plantean que la educación actual transmite una imagen de ciencia de métodos cerrados, y que, muestra al pensamiento científico como superior y deshumanizado, neutral, exento de intereses de hombres e instituciones. Esta errada visión sobre el trabajo científico se ve reflejada en una escuela que trata a la ciencia como si fuera acontextual, aislada de la sociedad, desconocedora de la historia, de las leyes, de la economía, de la política y de los intereses, expectativas y necesidades comunes de las personas.

En contraste con esta situación, según el Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior (ICFES), la fundamentación conceptual en Ciencias Naturales debe dar elementos y estrategias que sirvan para un desempeño efectivo personal y en interacción con otros para una vida en sociedad (construir y participar de ella) que exige iniciativa y apertura, flexibilidad y criterio. La educación en Ciencia debería formar individuos capaces de formular sus propios problemas y de interpretar con argumentos circunstancias inesperadas. De este modo la educación debe generar posibilidades de acción, interacción e interpretación en los estudiantes además de promover procesos de pensamiento de construcción de conocimientos. Así mismo, debe desarrollar conciencia sobre lo objetivo y lo subjetivo de la realidad actuante, es decir, la capacidad crítica del estudiante, entendida ésta, como la pericia para identificar inconsistencias y falacias en una argumentación, para valorar la calidad de una información y para asumir una posición propia (Toro y otros, 2007), además de sus habilidades de proposición y predicción (Hodson, 2003).

Estas son competencias y habilidades imprescindibles para poder desenvolverse mejor en la vida cotidiana impactada por la ciencia y la tecnología, y para intervenir constructivamente en la sociedad civil. Así mismo, dichas competencias y habilidades sirven para potenciar la participación en las decisiones tecnocientíficas que afectan a la ciudadanía y propulsan la creación de mejores condiciones sociales y de relación con la naturaleza. De este modo este tipo de enseñanza se constituye una forma de educación alternativa, no tradicional, en la que se debe tener en cuenta la necesidad de hacer vivencialmente útil el aprendizaje académico a partir de la resolución de problemas reales y de la participación social desde una eticidad por el bien común.

### El papel del enfoque CTSA

En esta línea, Solbes, Vilches y Gil (2001) plantean la necesidad de facilitarle a los estudiantes



espacios de formación en ciencia para intervenir socialmente en la configuración de su propio hábitat natural, tecnológico, cultural, social, ambiental. De otro lado, Spangenberg (2004) hace una llamado de atención sobre el desafío que tiene la ciencia y la tecnología de intervenir en la solución a las problemáticas que son básicas para la sostenibilidad planetaria: la pobreza, la contaminación y la escasa participación ciudadana. Ello implica conceptualizar y evidenciar las consecuencias de las decisiones sociales que enfrentamos como problemáticas y aclarar la diferencia entre medios y fines para proponer posibilidades de vida con interacciones armoniosas entre lo antropogénico y lo natural.

La educación con enfoque CTS propone una educación política para la acción, como lo sustenta Aikenhead (2005a), buscando reevaluar la cultura y el papel de la ciencia escolar en la transformación de la misma sociedad. El futuro de CTS en educación sigue siendo formar estudiantes con valores civiles y de ciudadanía que les impulse en la construcción de condiciones de vida mejores para todos, y contribuya con la labor de hacerles partícipes en una sociedad informada, activa, responsable y proyectada hacia la solución de problemas sociales y ambientales de ciencia y tecnología. La educación en CTS puede llegar a cambiar la sociedad por la soñada.

Respecto al aprendizaje estudiantil, Aikenhead (2005b) anuncia que un curriculum de ciencia con base en CTS ha mostrado los siguientes resultados:

- Hacer más accesible y relevante para los estudiantes los aspectos humanizantes y culturales de la ciencia y la tecnología.
- Ayudar a los estudiantes a volverse más críticos de la realidad, creativos, solucionadores de problemas y a que tomen mejores decisiones en su vida relacionadas con la ciencia y la tecnología.
- Incrementar las capacidades de los estudiantes para comunicarse con asertividad con las comunidades científicas.
- Aumentar el compromiso de los estudiantes con la participación social.
- Generar interés en aumentar los logros en el aprendizaje de las ciencias.

### **La resolución de problemas como estrategia integrativa para implementar el enfoque CTSA**

El método didáctico de resolución de problemas permite alcanzar las competencias deseables en los estudiantes, puesto que tiene en cuenta la intervención de factores sociales, ambientales, científicos y tecnológicos de manera interrelacionada. A partir de la consideración de esta interacción de aspectos actuantes, los estudiantes vivencian un encuentro significativamente mayor con el conocimiento y la experiencia cognoscitiva, ya que, se ubica al educando en un contexto de su vida real de afectación por parte de la ciencia y la tecnología (Zeidler, Sadler, Simmons, & Howes, 2005).

De acuerdo con García (1998), la enseñanza basada en resolución de situaciones problemáticas consiste en un sistema de procedimientos y métodos que busca en los estudiantes la activación para pensar científicamente, y habilitar la creación intelectual; facultándoles para resolver creativamente los problemas sociales, proponer nuevos sistemas de conocimientos y tratar sistémicamente las situaciones problema. Esta enseñanza problemática facilita el desarrollo de la creatividad, la



independencia cognoscitiva, la facultad para resolver creativamente los problemas, además de la asimilación de nuevos sistemas de conocimientos y métodos de la ciencia, y, la consecución de actitudes positivas hacia el conocimiento científico.

### **Del enfoque CTSA a las cuestiones Socio-Científicas**

Las cuestiones socio-científicas (CSC), representan un dilema social complejo basado en la aplicación de la ciencia y su práctica. Las CSC son cuestiones sociales controversiales con nexos conceptuales y/o procedimentales con la ciencia; son polémicas, abiertas, y formadas por problemas sin soluciones simples y directas (Sadler & Fowler, 2006).

Las CSC requieren su dilucidación, interpretación y predicción a partir de conocimientos científicos, así como, la consideración de aspectos sociales, filosóficos, económicos, políticos, culturales, éticos y morales. Por estas razones, diversos investigadores sugieren que se incluya en el currículum de ciencias las CSC para contribuir al desarrollo intelectual y a la formación integral del estudiante. A su vez, las CSC ayudan a promover la alfabetización científica y a incentivar por alcanzar virtudes morales de valoración dignificante para la existencia de todos (Zeidler y otros, 2005).

El concepto de CSC rescata la parte emotiva del estudiantado (Zeidler y otros, 2005). En este marco los estudiantes son agentes morales que interactúan con sus contextos vivenciales y experiencias en el aula. Inclusive, en la resolución y negociación de las CSC se aprecia la importancia de la emoción, pues juega un papel preponderante en la atención, empatía y dedicación al tratamiento de las cuestiones sociales y ambientales derivadas del desarrollo tecnocientífico.

### **La Química de los compuestos bencénicos un marco problemático fuente de Cuestiones Socio-Científicas**

En los procesos de enseñanza y aprendizaje de la Química del grado once, se encuentra el tema de los compuestos bencénicos, asunto que la mayoría de las veces es tratado sin tener en cuenta la posibilidad de llevar a cabo procesos de intervención social argumentada por parte del educando, acerca de la relación existente entre el consumo de productos de uso diario que contienen compuestos bencénicos y la salud como indicador de bienestar social.

Muchos investigadores de diversos países han demostrado problemas orgánicos generados por el consumo de compuestos bencénicos que están presentes en alimentos, bebidas y diversos productos de uso diario (Afshar, Moallem, Khayatzaeh, & Shahsavan, 2013; Lu y otros, 2007; Sinha & Souza, 2010; Zengin, Yüzbaşıoğlu, Ünal, Yılmaz, y Aksoy, 2011). En estas investigaciones se han demostrado la aparición de problemas serios para la salud a partir del consumo de sustancias bencénicas. En general, se puede decir abiertamente que ya está comprobado y aceptado por la comunidad científica que el benceno y sus derivados son agentes carcinogénicos, teratogénicos y mutagénicos.

Según el Ministerio de Empleo y Seguridad Social y el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo en España, el benceno está clasificado en carcinógeno categoría 1A (se sabe que es un carcinógeno para el hombre, con base en la existencia de pruebas en humanos) y mutagénico categoría 1B (los resultados han sido positivos de ensayos de mutagenicidad hereditaria en células germinales de mamífero in vivo). Esto ha sido determinado de acuerdo a la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR), por el conteo de todos los tipos de células de la sangre y el examen de la médula de los huesos.

La Agencia Internacional para investigación de Cáncer (IARC) ha concluido que existe suficiente



evidencia para atribuirle al benceno carcinogenicidad en humanos. La evaluación general IARC es grupo 1 (carcinogénico para humanos). El Programa Nacional de Toxicología (NTP) en EE.UU. ha determinado que el benceno es una sustancia que se conoce como carcinogénica. La Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH) ha determinado al benceno como un carcinógeno humano confirmado (A1). Existen suficientes reportes de casos y estudios epidemiológicos de trabajadores expuestos, que una relación causal entre la exposición al benceno y la leucemia se ha establecido claramente (Centro Canadiense de Seguridad y Salud Ocupacional, 2011). La exposición al benceno también se ha asociado con cáncer del sistema linfático, cáncer pulmonar y de vejiga (National Toxicology Program [NTP], 2014).

El benceno es una hemotoxina, su exposición crónica afecta a la médula ósea, produce cambios cromosómicos en los elementos figurados de la sangre (glóbulos rojos, glóbulos blancos y plaquetas). Ocasiona daños en las personas, mediante la inhalación de sus vapores puede provocar trastornos en el sistema nervioso central, mareos, dolor de cabeza, náuseas, somnolencia, perturbaciones psíquicas, estados de excitación y convulsión, desvanecimiento o parálisis del centro respiratorio. El benceno líquido irrita la piel y las mucosas y puede ser resorbido a través de la piel. El Instituto Indio de Ciencia reportó como dosis letal de benceno para un ratón macho de 4 mg/Kg y para una rata hembra de 6 mg/Kg. Investigaciones con ratas y ratones han mostrado que el benceno y sus derivados causan tumores, cáncer y alteraciones del ADN (Afshar y otros, 2013; Zengin y otros, 2011).

El benceno ocupa el tercer puesto en volúmenes de venta en el mercado mundial de hidrocarburos. Los países árabes, China, Europa, EE. UU. y Rusia son los mayores productores. Entre sus muy variadas formas de aplicación y usos están incluidos su adición en alimentos y bebidas, cosméticos y productos con tensoactivos, fármacos y polímeros. Dada la vulnerabilidad humana ante la exposición de los compuestos bencénicos a través de la utilización de diversos productos de consumo habitual, es interesante usar este contexto en la enseñanza y aprendizaje en la química del carbono. Es decir, debido a que los compuestos bencénicos que son utilizados ampliamente por la industria y para la vida cotidiana, están relacionados con el desarrollo de enfermedades en los seres vivos constituyéndose en un riesgo para la salud pública y ambiental, estos merecen ser considerados como parte de las cuestiones polémicas a discutir en clase de ciencias, cuestiones que representan conflictos enmarcados en las relaciones ciencia, tecnología, sociedad y medio ambiente.

El uso de las situaciones polémicas sobre el tema de los compuestos bencénicos en la enseñanza de la Química podría posibilitar un apropiado escenario para conseguir un buen desempeño en la participación ciudadana en los estudiantes, que es un atributo deseable en la estructuración de una sociedad democrática. Con relación a ello, García y otros (2001), afirman que una sociedad informada en ciencia y tecnología puede tomar decisiones científico-tecnológicas, y que de esta manera, los ciudadanos se convierten en los mejores jueces y defensores de sus propios intereses. Estos autores sostienen que en la democracia ser ciudadano significa tener la posibilidad de participar en las decisiones que le afectan a uno mismo o a su propia comunidad. También, afirman que la participación ciudadana incluye un conjunto de criterios que permiten evaluar el carácter democrático de iniciativas de gestión pública en política científico-tecnológica.

Además, con la utilización de situaciones controversiales alrededor de las sustancias bencénicas se pretende que los estudiantes asuman decisiones personales responsables ante el consumo o uso de materiales que contengan derivados bencénicos. Así mismo, que se incentiven hacia la



participación pública informada sobre aspectos sociales de la ciencia y la tecnología. Es decir, que los estudiantes consideren las implicaciones sociales, políticas, económicas que se dan a partir de la oferta y la demanda de productos con contenidos perjudiciales para la salud como el benceno; participen con argumentos en debates, reflexiones y críticas sobre los intereses selectivos y perjuicios sociales resultantes de la comercialización de tales productos bencénicos. Igualmente, se pretende que ellos se motiven en la promoción social de hábitos saludables de consumo; todo esto teniendo en cuenta consideraciones **éticas, valores morales, condicionantes sociales** y cuestionamientos sobre las ideas científicas y los artefactos tecnológicos en relación con sus efectos en la sociedad y el ambiente.

En concordancia con lo anterior, se plantea la siguiente pregunta problematizadora: ¿Qué incidencia presenta una estrategia didáctica basada en resolución de problemas con cuestiones socio-científicas relacionados con los compuestos bencénicos presentes en productos usados a diario, en el aprendizaje conceptual en Química Orgánica en los estudiantes y, en sus niveles de participación ciudadana representada en la realización de acciones sociopolíticas que buscan el bienestar común social y ambiental?

## Metodología

El tipo de investigación que se plantea en esta propuesta es de carácter mixto, cualitativo y cuantitativo, enmarcado dentro de un enfoque investigativo crítico dialéctico. Para esta investigación se cuenta con un potencial personal adolescente al que se le aplicará la estrategia didáctica alternativa basada en la resolución de problemas como cuestiones socio-científicas acerca del consumo de productos que contienen compuestos químicos bencénicos.

La población a la cual va dirigida esta investigación está conformada por estudiantes del grado once de bachillerato. Se autoseleccionarán 15 estudiantes de la Institución Educativa Loma Linda de Itagüí, (Departamento de Antioquia, Colombia) los cuales están dispuestos a participar voluntariamente en la ejecución de la propuesta investigativa.

La estrategia didáctica con enfoque CTSA basada en la metodología de resolución de problemas planteados como cuestiones socio-científicas para la enseñanza y aprendizaje sobre los compuestos aromáticos y en la implementación de intervenciones sociopolíticas, será la variable manipulada.

Las variables a estudiar serán el aprendizaje conceptual referido a la comprensión de los fenómenos relacionados con el comportamiento químico de los compuestos aromáticos, y, el nivel de la participación ciudadana alcanzado por los estudiantes al proponer y realizar acciones sociopolíticas.

Para la recolección de datos se aplicarán un pre-test y un pos-test, además de entrevistas para determinar la construcción de conocimientos. Así mismo, se aplicará una rúbrica sobre las diversas acciones sociopolíticas realizadas por los estudiantes para evaluar los tipos, mecanismos y niveles de participación ciudadana alcanzados por ellos al proponer y ejecutar acciones sociopolíticas en la que deben usar el conocimiento científico referido a la Química Orgánica para tratar de cambiar los hábitos de consumo de sus comunidades.



Los registros y datos generados serán tratados en primera instancia, por métodos cualitativos (categorización, triangulación, clasificación, interpretación). En segundo lugar, algunos de los datos ya tratados de forma cualitativa servirán para obtener información cuantitativa básica como frecuencias, dispersión y rangos de categorías.

### **Resultados**

Como primer resultado preliminar de esta investigación se presenta la estrategia didáctica construida, en la cual se integra la resolución de problemas, las Cuestiones Socio- Científicas y la realización de acciones socio-políticas por parte de los estudiantes.

La estrategia didáctica que se propone consta de cinco etapas (ver tabla 1).

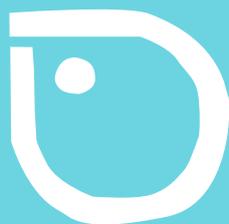


Tabla 1. Caracterización de las Etapas de la Estrategia Didáctica.

Etapas	Descripción
1. Sensibilizadora	<p>a. Presentación de la estrategia didáctica a los estudiantes:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Presentación de los propósitos de la estrategia didáctica.</li><li>- Concienciación sobre la necesidad de hacer útil el conocimiento en la construcción de la sociedad deseable.</li><li>- Justificación de la contextualización del aprendizaje y la enseñanza de la química del benceno en los productos de consumo diario.</li><li>- Apropiación de la autonomía del estudiante para su participación en el aula acorde con las intenciones de la estrategia: los estudiantes tomarán decisiones, propondrán soluciones, planearán las acciones y construirán conclusiones.</li><li>- Disposición del educando hacia una actitud crítica, reflexiva, de juicio, ética y moral; reconociendo la necesidad de mejorar la vida propia y de los demás con acciones participativas sociopolíticas.</li><li>- Creación de significación y sentido por los estudiantes ante el desenvolvimiento de su rol, como sujetos con racionalidad y participación en contexto.</li></ul> <p>b. Exploración experimental:</p> <p>Se plantea el siguiente problema: el benceno está en nuestra casa, en sus olores y sabores, si es así, ¿qué propiedades tiene? Se proponen experiencias con:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Aromatizantes orgánicos: clavos de olor.</li><li>- Grasas saponificadas: jabones de baño, detergentes, limpiapisos.</li><li>- Alimentos conservados, endulzantes y colorantes artificiales.</li></ul> <p>El objetivo de estas experiencias es reconocer la presencia de los compuestos bencénicos en dichos productos.</p>



2. Diagnóstica	<ul style="list-style-type: none"><li>– Aplicación de instrumentos iniciais, test sobre saberes previos.</li><li>– Realización de entrevistas sobre los conocimientos de los estudiantes acerca de la composición química de lo que comen, toman y usan diariamente.</li></ul>
3. Resolutiva	<ul style="list-style-type: none"><li>– Proposición a los estudiantes de un conjunto de problemas relacionados con los inconvenientes que pueden ocasionar el consumo de productos fabricados o aditivados con sustancias benzénicas.</li><li>– Los problemas pertenecen a la vida cotidiana, están diseñados en relación con la teoría o estructura conceptual a aprender, son controversiales sociocientíficamente y por ello pertinentes, son de interés e importancia vital para los estudiantes y sus familias.</li><li>– Las problemáticas ofrecen la oportunidad de plantear un debate, discusión, juicio o reflexión crítica de la cuestión sociocientífica generada por el problema.</li><li>– Resolución de las problemáticas planteadas a partir de las discusiones y juicios argumentados, como un proceso social, y con principios éticos y morales.</li></ul>
4. Etapa de Educa-acción	<ul style="list-style-type: none"><li>– Proposición de las acciones sociopolíticas que usan el conocimiento científico aprendido sobre los compuestos benzénicos, para mejorar el nivel de vida de las comunidades.</li><li>– Realización de las acciones sociopolíticas propuestas.</li></ul>



5. Culminatoria	<ul style="list-style-type: none"><li>– Apresentação de provas pos-test sobre aprendizagem conceitual. Los conceptos a evaluar se abordarán desde un texto corto sobre una situación real y están relacionados con los tipos de reacciones químicas del benceno, sus propiedades, su estructura, su estabilidad química, su metabolismo en los órganos, etc.</li><li>– Ejecución de entrevistas sobre aprendizaje conceitual. Se estructurarán las preguntas que logren identificar lo que el estudiante sabe acerca de la identificación de productos de uso común con componentes bencénicos, sus implicaciones a la salud, el comportamiento de los derivados bencénicos con otras sustancias, en el ambiente y en el cuerpo, etc.</li><li>– Aplicación de rúbricas sobre el nivel de participación y el impacto generado por las acciones sociopolíticas. Se relacionarán los modos, los niveles y tipos de participación ciudadana.</li><li>– Análisis de los datos obtenidos, tratamiento e interpretación de resultados. Se recogerán datos cualitativos y datos cuantitativos estableciendo categorías, varianzas, etc.</li></ul>
-----------------	---

En la etapa resolutoria los problemas planteados a los estudiantes se han clasificado en diferentes niveles de acuerdo con los cuatro niveles de sofisticación de (Hodson, 2011, 2013) como aparece en la tabla 2:

Tabla 2. Nivel de sofisticación de los problemas.

Nivel del problema	Caracterización de resolución
Nivel 1	Valorando y explicando el impacto social y ambiental del cambio científico y tecnológico, y reconociendo que la ciencia y la tecnología son construcciones sociales determinadas culturalmente.
Nivel 2	Reconociendo que las decisiones sobre el desarrollo científico y tecnológico son tomadas en la búsqueda de intereses particulares, y que los beneficios resultantes para algunos pueden ser a expensas de los demás. Reconociendo que el desarrollo científico y tecnológico configura la distribución de la riqueza y el poder.
Nivel 3	Desarrollando las propias opiniones y generando apertura a posiciones discutibles.
Nivel 4	Preparando y realizando acciones en la comunidad sobre cuestiones tecnocientíficas de afectación social y ambiental.

A continuación se presentan ejemplos de clasificación de los problemas diseñados para los prim-



eros tres niveles de Hodson (ver tabla 3):

Tabla 3. Clasificación de Problemas por Niveles de Sofisticación (Hodson, 2011).

Concepto de aprendizaje	Nivel del problema	Ejemplo de problema en cada nivel
Solubilidad, polaridad, reacciones químicas.	1	<b>¿Alérgico y urticante una bebida refrescante?</b> En un estudio en salud con personas con una sintomatología propia de dermatitis alérgica de contacto, convulsiones, urticaria, daños en las células de la sangre y tumores cancerígenos, se encontró que este grupo de personas se caracterizaban por tener un gusto preferente en su dieta habitual por el consumo de gaseosas y refrescos y que este hábito se había mantenido durante años. ¿Qué relación crees que puede existir entre la aparición de aquellas enfermedades y el consumo habitual de gaseosas y refrescos? ¿Cómo crees que están relacionados los aditivos presentes en estas bebidas y la aparición de dichas enfermedades? ¿Qué reacciones químicas estarían involucradas en la generación de dichos efectos negativos sobre las células sanguíneas (leucocitos y eritrocitos)?



Solubilidad, reacciones químicas.	2	<p><b>¿Una caladita o una caletita? ¿Para quién?</b></p> <p>Fumar se ha convertido en un estereotipo social de muchos significados. A través de los medios de comunicación se promueve el consumo de cigarrillos a pesar de los daños que causa. Los primeros europeos que observaron el uso que los mayas daban a la planta del tabaco fueron los compañeros de Colón. Curiosamente uno de ellos, llamado Rodrigo de Jerez y considerado como el primer fumador europeo, adoptó el hábito y fue apresado en España por la Inquisición porque <i>“sólo el diablo podía dar a un hombre el poder de sacar humo por la boca”</i>. (<a href="https://exopolis.wordpress.com/tag/estereotipo/">https://exopolis.wordpress.com/tag/estereotipo/</a>)</p> <p>¿De qué se aprovechan los productores de cigarrillos para enganchar a las personas a este vicio? La industria tabacalera legalmente está eximida de cualquier responsabilidad frente a la muerte de seis millones al año de fumadores (1 muerte/5s). ¿Es esta una posición ética y de respeto frente a la sociedad? ¿Qué es el consumidor para la industria y comercio del cigarrillo? En Colombia está prohibido vender cigarrillos a menores de edad. ¿Por qué crees que hay tantos(as) jóvenes fumando hoy en día?</p>
-----------------------------------	---	--

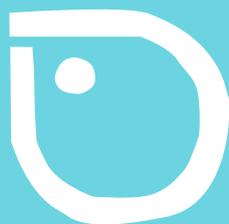


Argumen- tación, proposición, indagación, reflexión crítica, toma de decisio- nes,	3	<b>Zero azúcar, ¿cero riesgos?</b>  Según estudios de la OMS el edulcorante de las gaseosas light no tiene perjuicios para la salud y lo catalogó en su 'grupo 3' de sustancias no cancerígenas. Señala que la ingesta diaria admisible es de 11 miligramos por kilo de peso corporal, mientras que la mayoría de estas gaseosas y refrescos contiene de 18 a 22 miligramos por cada 100 ml. Es decir, que una persona media de 70 kilos debería ingerir más de 3,85 litros de esta bebida cada día de su vida para que «represente algún riesgo apreciable para la salud».  <a href="http://es.wikipedia.org/wiki/Coca-Cola_Zero">http://es.wikipedia.org/wiki/Coca-Cola_Zero</a> ).  ¿Crees que la organización mundial de la salud tiene razón haciendo pensar que se pueden tomar hasta menos de tres litros y medio de gaseosa light diaria y no pasa nada? ¿Se recomienda o no el consumo de bebidas y alimentos con "cero calorías" desde la niñez o juventud? argumente. ¿Cambiar un problema por otro es una solución? ¿Al ofrecer este tipo de bebidas sin calorías parece haber interés en la salud de las personas, es esto cierto por parte de los productores? ¿Viendo la enorme producción de edulcorantes y su comercio, que puede decirse ante esta alternativa dada por las empresas más ricas del mundo a las personas que no quieren azúcar? ¿Seguirías reproduciendo el consumo de estos alimentos? ¿No te importaría que las personas con diabetes y obesidad por desconocimiento de los riesgos a la salud, los siguiesen consumiendo por no usar endulzantes naturales? ¿Sí o No, por qué? ¿Qué alternativas propones para endulzar con productos naturales?
---	---	--

El nivel 4 de sofisticación de Hodson, se plantea en esta estrategia a través de la proposición de acciones sociopolíticas por parte de los estudiantes, para mejorar las condiciones de vida de su comunidad a través de la promoción de un cambio en sus hábitos de consumo.

La organización de los estudiantes en el aula de clase propuesta en esta estrategia incluye los siguientes elementos:

- Conformación de equipos de cinco estudiantes atraídos o interesados por la clase de problemas a resolver o agrupados por afinidad estudiantil.
- Cada equipo interactivo dialógico estará acompañado por una persona adulta voluntaria de la comunidad educativa (familiar, exalumno, vecino o amigo de la institución), para garantizar que todos los estudiantes asuman su rol con responsabilidad.



- El voluntario sólo interviene para impulsar la participación estudiantil y la continuidad en la construcción social del conocimiento, sin intervenir en la propuesta de resolución del problema.
- Desarrollo grupal del proceso heurístico en la búsqueda de alternativas de solución con sus respectivas hipótesis, comprobación, síntesis, conclusiones y proposiciones.
- Los estudiantes contarán con las fuentes de información teórica y de los conceptos científicos suficientes y necesarios para abordar y solucionar el problema.

Es de resaltar, que previamente a la conformación de los grupos interactivos, a los estudiantes se les planteó la utilización de un heurístico guía para la resolución de los problemas. El heurístico propuesto contiene las siguientes etapas:

- Comprensión del problema: se evidenciará mediante la enunciación, representación y reformulación de la situación problémica.
- Consulta de fuentes de información para proceder a la formulación de hipótesis fundamentadas.
- Proposición de hipótesis y supuestos enmarcados en la teoría como alternativas de solución a la situación problémica.
- Diseño de estrategias de resolución en que se prueben las hipótesis, se experimenten las condiciones, se modele el fenómeno y se interpreten los resultados.
- Ejecución de la estrategia de resolución.
- Verificación de la efectividad de la solución y validación del método.
- Elaboración de problemas propios.

Una vez resueltos los problemas planteados a los estudiantes, se inicia en la estrategia la etapa denominada Conocimiento en Acción. En dicha etapa el objetivo es que el estudiante pueda transformar el conocimiento conceptual en acción social. Esta etapa plantea la realización de acciones sociopolíticas propuestas por los estudiantes para llevarlas a cabo en sus comunidades familiares, educativas, barriales, municipales, mundiales.

Dichas acciones sociopolíticas para la promoción de modos de vida saludable podrán ser de cuatro tipos: campañas informativas y de discusión, propuestas de solución, uso de los medios masivos de comunicación y presión política (ver tabla 4). Estas acciones incluirán argumentaciones, propuestas y recomendaciones, sobre las probables consecuencias para la salud debidas al consumo de compuestos bencénicos presentes en ciertos productos de uso frecuente.

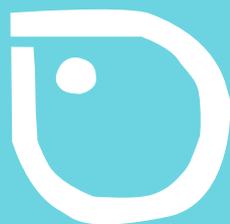


Tabla 4. Tipos de actividades propuestas como acción sociopolítica.

Acción Sociopolítica	Actividades
Campañas informativas y de discusión	<ul style="list-style-type: none"><li>– Representaciones teatrales formativas con foros de discusión.</li><li>– Publicación en el periódico escolar y recolección de impresiones.</li><li>– Campañas en la comunidad barrial centros comunales, iglesia y bibliotecas con grupos de discusión.</li></ul>
Propuestas de solución	<ul style="list-style-type: none"><li>– Talleres para la elaboración de productos naturales (no bencénicos) para conservación de alimentos, embellecimiento y aseo personal y del hogar.</li><li>– Campaña de lonchera saludable, tienda escolar alternativa.</li></ul>
Uso de medios masivos de comunicación	<ul style="list-style-type: none"><li>– Producción de videos en Youtube, redes sociales como Twitter, Facebook.</li><li>– Vinculación a otros grupos de activistas para realizar acciones conjuntas. Ejemplo We Act.</li></ul>
Presión política	<ul style="list-style-type: none"><li>– Hacia colectivos de decisión: propuestas ante las Juntas de Acción Locales o ante el concejo de la ciudad.</li><li>– A grupos de opinión: cartas y denuncias públicas ante asociaciones de consumidores, radioyentes, asociaciones vecinales, etc.</li></ul>

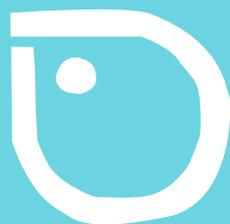
Habría que aclararse que no todos los estudiantes realizarán los cuatro tipos de acciones sociopolíticas, si no que estas serán propuestas por cada grupo de trabajo (dos acciones por grupo de trabajo) de acuerdo a sus intereses y a su capacidad de afrontar el riesgo para profundizar en la intervención sociopolítica. Esto, debido a que la estrategia debe desarrollarse en el plazo de 10 semanas.

Como segundo resultado preliminar de esta investigación se produjeron 50 situaciones problema referidas a cuestiones socio-científicas relacionadas con el consumo de compuestos bencénicos de las cuales sólo se seleccionaron 9 para ser resueltas por los estudiantes. Esto se llevó a cabo teniendo en cuenta los periodos de clase disponibles para dedicarse a la solución de problemas (uno por cada clase). Los nueve problemas seleccionados abarcan los tres primeros niveles de sofisticación según Hodson. La escogencia se hizo considerando las situaciones típicas que se presentan de manera cotidiana y que tienen mayor impacto e interés por su afectación sobre la salud, la intención de los productores y la opinión del estudiante como consumidor (ver tabla 5):



Tabla 5. Selección de problemas a solucionar.

Elementos CTSA	Nivel del problema	Sustancia química contenida	Nombre del problema y contexto
Preservantes de uso masivo sin advertencias de su daño.	N1	Benzoato de sodio en refrescos.	¿Alérgico y urticante una bebida refrescante? Referido a: dermatitis y daños hematológicos relacionados por el consumo de gaseosas.
	N3	Benzoato de sodio en refrescos.	¿Qué te tomas? Agua, una gaseosita... Referido a: afectación de la salud pública por la ingesta de refrescos.
Edulcorantes (endulzantes artificiales) que atentan contra la salud.	N1	Aspartamo en alimentos y bebidas dietéticas.	Dulcemente impotente y enfermo. Referido a: disminución movilidad espermática por consumo de edulcorantes.
	N3	Sacarina en alimentos y bebidas light.	Maldita dulzura, ¿solo una canción de rock? Referido a: cáncer en vejiga en relación a los edulcorantes.
Productos cosméticos y para el aseo con tóxicos para la salud.	N2	Naftilamina en salas de belleza.	Quedaste tan bella, como para morir de la envidia. Referido a: toxinas en la sangre a través de los capilares por efectos de los tintes.

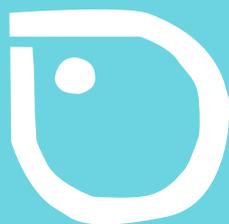


Formación de tóxicos peligrosos en carnes ahumadas y en cigarrillos.	N2	Benzopirenos en carnes y pescados ahumados.	¡Qué calentura! Referido a: carcinógenos formados a partir de la combustión de la carne.
Analgésicos y antiinflamatorios causantes de enfermedades.	N1	Paracetamol o acetaminofén	¿Paracetamol o paraestarmal? Referido a: daños en el hígado por consumo de analgésicos de uso común.
	N2		¡Un golpe sin dolor y al hígado! Referido a: problemas hepáticos relacionados con sedantes de libre acceso y venta.
Problemas de salud por manejo de solventes industriales.	N3	Xileno en el aire	Mejor en bici. Referido a: contaminación atmosférica impulsada por el comercio de automotores.

Luego de la aplicación de la estrategia, la investigación revelará resultados acerca de la influencia de dicha aplicación en el aprendizaje conceptual y en los niveles de participación ciudadana de los estudiantes.

## Conclusiones

La estrategia propuesta en esta investigación plantea la posibilidad de establecer relaciones positivas evidenciables entre la aplicación del método de resolución de problemas y el aprendizaje conceptual cuando se tiene como campo de aplicación el contexto real y vivido usando cuestiones socio-científicas para que el proceso de resolución implique la comprensión y lógica de la Química de los compuestos aromáticos. Es así como fue posible formular más de 50 problemas con controversias sociocientíficas contextualizadas en el consumo de productos de uso masivo fabricados con compuestos bencénicos en relación con el riesgo que dicho consumo implica para



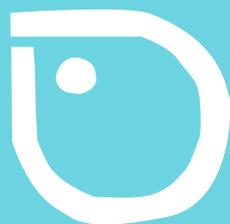
la salud.

Es importante resaltar la importancia del involucramiento afectivo y emocional en los estudiantes que plantea la estrategia aquí expuesta. Esto es debido a que la estrategia propone problemáticas sobre situaciones de interés personal y general, lo que genera además compromiso cognitivo e intervención social. Es decir; este modo de educación además de mejorar el aprendizaje, transforma las relaciones del ser consigo mismo, con los demás, y con el contexto vivido realmente. Igualmente, este tipo de estrategias incluye en el aprendizaje de las ciencias las tensiones entre la aplicación del conocimiento científico y sus implicaciones éticas, morales, sociales y ambientales.

Por último, es de resaltar que, la estrategia didáctica propuesta promueve la transferencia del conocimiento hacia la acción social a través de la participación de actividades socio políticas de carácter informativas, propositivas o de intervención en las comunidades. Con estas actividades socio políticas se pretende generar cambios en los hábitos de consumo dentro de dichas comunidades.

## Referencias

- Afshar, M., Moallem, S. A., Khayatzadeh, J., & Shahsavani, M. (2013). Teratogenic effects of long term consumption of potassium benzoate on eye development in BALB/c fetal mice. *Iranian Journal of Basic Medical Sciences*, 16(4), 584-589.
- Aikenhead, G. (2005a). Educación Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS): una buena idea como quiera que se le llame. *Educación Química*, 16(2), 114-124.
- Aikenhead, G. (2005b). Research into STS Science Education. *Educación Química*, 16(3), 384-396.
- Centro Canadiense de Seguridad y Salud Ocupacional [en línea]. (2011). Recurso Nacional Canadiense de Seguridad y Salud Ocupacional. [Fecha de consulta: 15 de noviembre de 2015]. Disponible en: [http://www.ccsso.ca/oshanswers/chemicals/chem\\_profiles/benzene/health\\_ben.html](http://www.ccsso.ca/oshanswers/chemicals/chem_profiles/benzene/health_ben.html)
- García, J. J. (1998). *Didáctica de las Ciencias, Resolución de Problemas y Desarrollo de la Creatividad*. Medellín, Colombia: Colciencias - Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia.
- García, J. J., & Cauich, F. (2008). ¿Para qué enseñar ciencias en la actualidad? Una propuesta que articula la tecnología, la sociedad y el medio ambiente. *Educación y Pedagogía*, 20(50), 111-122.
- García, E. M., González, J. C., López, J. A., Luján, J. L., Gordillo, M. M., Osorio, C., & Valdés, C. (2001). *Ciencia, Tecnología y Sociedad: una aproximación conceptual*. Cuadernos de Iberoamérica. Madrid, España: Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI).
- Hodson, D. (2003). Time for Action: science education for an alternative future. *International Journal Science Education*, 25(6), 645-670.
- Hodson, D. (2011). Looking to the Future: Building a Curriculum for Social Activism. *Journal of Turkish Science Education*, 8(4), 215-226.



- Hodson, D. (2013). La Educación en Ciencias como un llamado a la acción. *Archivos de Ciencias de la Educación*, 7(7), 1–15.
- Lu, Y. P., Lou, Y. R., Xie, J. G., Peng, Q. Y., Zhou, S., Lin, Y., ..., Conney, A. H. (2007). Caffeine and caffeine sodium benzoate have a sunscreen effect, enhance UVB-induced apoptosis, and inhibit UVB-induced skin carcinogenesis in SKH-1 mice. *Carcinogenesis*, 28(1), 199–206.
- National Toxicology Program (2014). U.S. Department of Health and Human Services. 13th Report on Carcinogens [en línea]. 01 de octubre de 2014. [Fecha de consulta: 15 de noviembre de 2015]. Disponible en: <http://ntp.niehs.nih.gov/ntp/roc/content/profiles/benzene.pdf>
- Sadler, T. D., & Fowler, S. R. (2006). A threshold model of content knowledge transfer for socioscientific argumentation. *Science Education*, 90, 986-1004.
- Sinha, R., & Souza, D. (2010). Liver Cell Damage Caused Due to Sodium Benzoate Toxicity in Mice. *International Journal of Biotechnology and Biochemistry*, 6(4), 549-554.
- Solbes, J., Vilches, A., & Gil, D. (2001). Epílogo: El papel de las interacciones CTS en el futuro de la enseñanza de las ciencias. In P. Membiela (Ed.), *Enseñanza de las Ciencias desde la Perspectiva Ciencia Tecnología Sociedad* (pp. 221–231). Madrid: Narcea.
- Spangenberg, J. H. (2004). Sustainability science : Which science and technology for sustainable development ? *International Network of Engineers and Scientists for Global Responsibility, INES Newsletter*, 38, 9-14.
- Toro, B. J., Reyes, B. C., Martínez, R., Castelblanco, Y., Cárdenas, F., Granés, J., ..., Córdoba, C. (2007). *Fundamentación Conceptual Área de Ciencias Naturales*. Bogotá, Colombia: ICFES.
- Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Simmons, M. L., & Howes, E. V. (2005). Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. *Science Education*, 89, 357–377.
- Zengin, D., Yüzbaşıoğlu, F., Ünal, S., Yılmaz, S., & Aksoy, H. (2011). The evaluation of the genotoxicity of two food preservatives: Sodium benzoate and potassium benzoate. *Food and Chemical Toxicology*. 49(4), 763-769.