



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

Facultad de Educación

ESTRATEGIA DIDÁCTICA PARA EL ESTUDIO DEL BENCENO EN PRODUCTOS DE CONSUMO MASIVO: APRENDIZAJE CON PARTICIPACIÓN CIUDADANA

AUTOR:

JHON FREDY PULGARÍN POSADA

DOCENTE ASESOR:

Dr. JOSÉ JOAQUÍN GARCÍA GARCÍA

Trabajo de grado para optar al título de
Magister en Educación en Ciencias Naturales

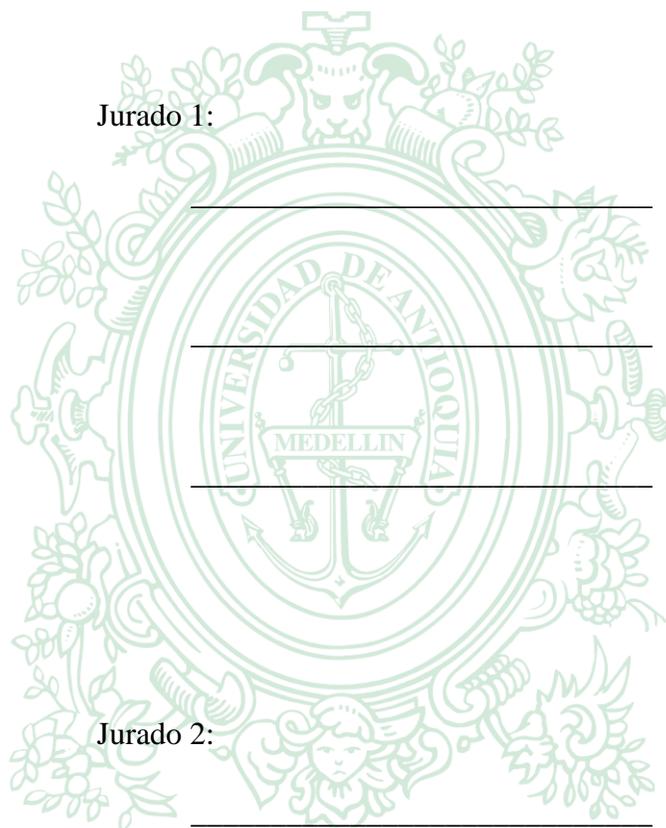
UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA
FACULTAD DE EDUCACIÓN
DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN AVANZADA
MAESTRÍA EN EDUCACIÓN EN CIENCIAS NATURALES

MEDELLÍN

2017

Nota de aceptación;

Jurado 1:



Jurado 2:

UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

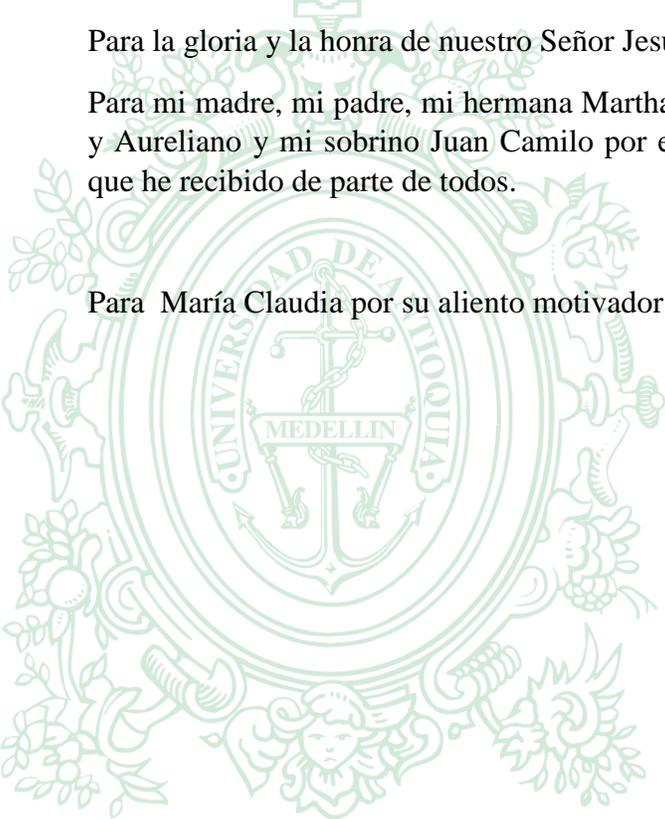
1 8 0 3

Dedicatoria;

Para la gloria y la honra de nuestro Señor Jesús Cristo, amén.

Para mi madre, mi padre, mi hermana Martha, mis hermanos Jaiver y Aureliano y mi sobrino Juan Camilo por el apoyo incondicional que he recibido de parte de todos.

Para María Claudia por su aliento motivador.

The seal of the University of Antioquia is a circular emblem. It features a central anchor with a banner across it that reads "MEDELLIN". The anchor is surrounded by a wreath of leaves and flowers. The words "UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA" are inscribed around the perimeter of the seal. The seal is rendered in a light green color.

UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

Agradecimientos,

A Dios Padre, por su hijo Jesús de Nazaret, en quien hay salvación.

Al profesor José Joaquín García García por su atinente, trascendente y paciente asesoría.

A los profesores Lucila Medina, Edilma Rentería, Ángel Enrique Romero Chacón, Olga Luz Dary Rodríguez Rodríguez, Sonia Yaneth López Ríos, María Mercedes Jiménez Narváez, James Stevan Arango Ramírez y Leonardo Fabio Martínez Pérez por su profesionalismo puesta al servicio de todos.

A mis compañeros de Maestría Vanessa Arias Gil, Natalia Ramírez Agudelo, Yesenia Quiceno Serna, Andrea Sosa Rivera, Erika Tobón Cardona y Jaime Antonio Quinto Moya por el grato y caluroso compartir.

A Chelo Velázquez por su amabilidad y efectiva gestión desde la secretaría. A Gloria María Vera Posada por sus ilustraciones y ayuda en el saber. A las directivas, profesores y voluntarios de la Institución Educativa Loma Linda por su apoyo y a los estudiantes del grado once por su decidida participación en esta investigación.

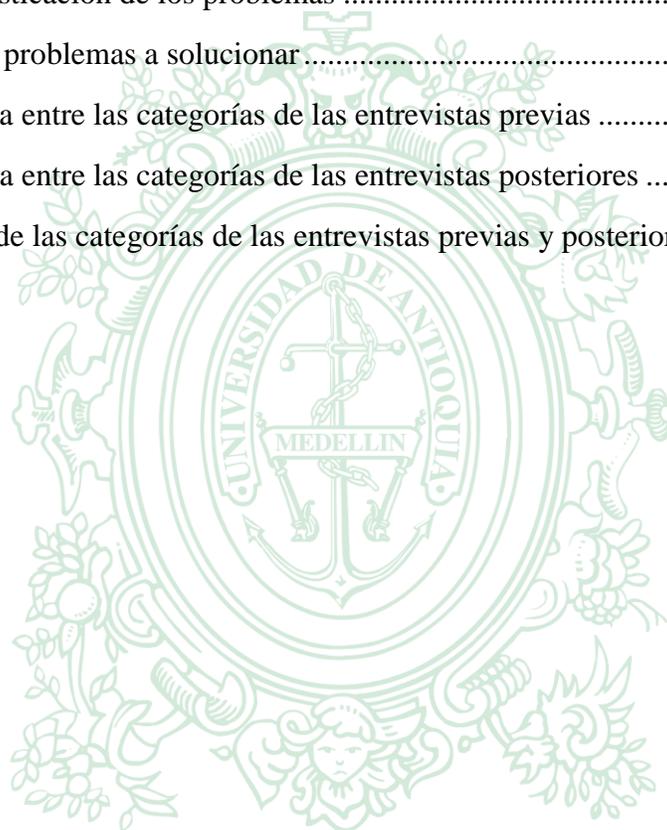
A mis padres como facilitadores con amor.

A la Universidad de Antioquia, en especial a la Facultad de Educación, por servir en la dignificación de la existencia humana.

...A todos, les agradezco de corazón.

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Reacciones químicas del benceno.....	84
Tabla 2. Nivel de sofisticación de los problemas	131
Tabla 3. Selección de problemas a solucionar	136
Tabla 4. Coocurrencia entre las categorías de las entrevistas previas	155
Tabla 5. Coocurrencia entre las categorías de las entrevistas posteriores	159
Tabla 6. Frecuencias de las categorías de las entrevistas previas y posteriores	163

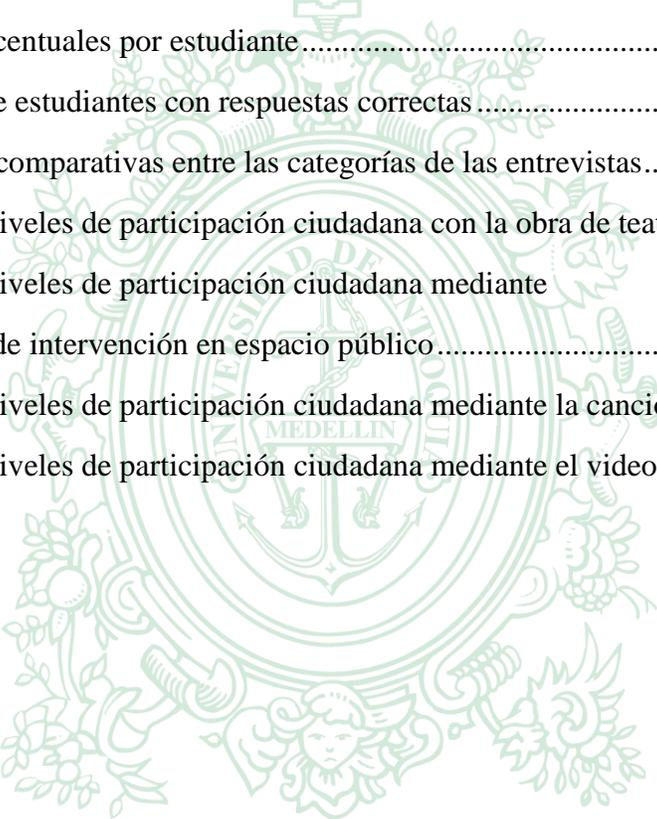


**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

1 8 0 3

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1. Resultados obtenidos a partir de la educación CTSA	58
Figura 2. Factores influyentes al tomar decisiones tecnocientíficas.....	114
Figura 3. Puntajes porcentuales por estudiante.....	143
Figura 4. Porcentaje de estudiantes con respuestas correctas	145
Figura 5. Frecuencias comparativas entre las categorías de las entrevistas.....	164
Figura 6. Aspectos y niveles de participación ciudadana con la obra de teatro.....	167
Figura 7. Aspectos y niveles de participación ciudadana mediante la campaña de intervención en espacio público.....	169
Figura 8. Aspectos y niveles de participación ciudadana mediante la canción	171
Figura 9. Aspectos y niveles de participación ciudadana mediante el video.....	173

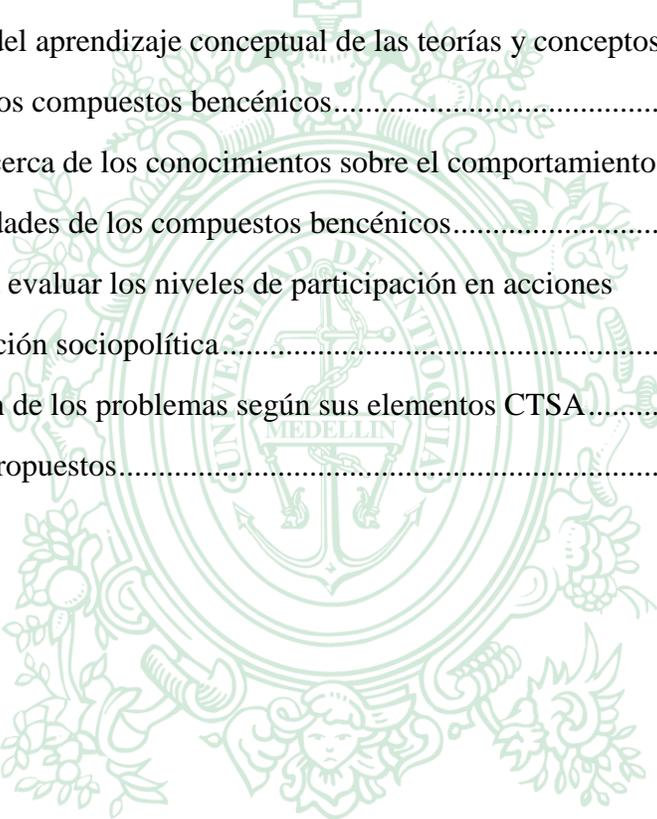


UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

LISTAS DE ANEXOS

Anexo 1. Protocolo de compromiso ético.....	188
Anexo 2. Test acerca del aprendizaje conceptual de las teorías y conceptos referidos a los compuestos bencénicos.....	189
Anexo 3. Entrevista acerca de los conocimientos sobre el comportamiento y las propiedades de los compuestos bencénicos.....	194
Anexo 4. Rúbrica para evaluar los niveles de participación en acciones de participación sociopolítica.....	197
Anexo 5. Clasificación de los problemas según sus elementos CTSA.....	199
Anexo 6. Problemas propuestos.....	200



UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

RESUMEN

El objeto de investigación es diseñar y probar una estrategia didáctica basada en el proceso de resolución de problemas referidos al consumo de productos de uso diario, en los que se encuentran presentes diversas sustancias bencénicas, usando Cuestiones Socio-Científicas (CSC) y proponiendo además, la realización de acciones sociopolíticas. Esta estrategia se enmarca en la perspectiva Ciencia Tecnología Sociedad y 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.

SUMMARY

The purpose of research is to design and test a teaching strategy based on the process of resolution of problems related to consumer products for daily use, which are present various benzene compounds, using Socioscientific Issues and further proposing the realization of social and political actions. This strategy is part of the perspective Science-Technology-Society-Environment and its aims are to improve in students their conceptual learning in Organic Chemistry and increase their levels of citizen participation in order to improve the quality of life in their communities from a change in consumer habits.

Keywords: resolution of problems, consumption, benzene, science education, citizen participation.

CONTENIDO

Introducción.		11
Capítulo 1. El problema objeto de investigación.		13
1. 1 El problema y su justificación.		13
1. 2 Objetivos de la investigación.		22
Capítulo 2. Marco teórico.		23
2.1 La propuesta de Resolución de Problemas.		23
2.2 El enfoque Ciencia Tecnología Sociedad Ambiente (CSTA).		26
2.2.1 Historia del paradigma CTSA.		27
2.2.2 Objetivos del enfoque CTSA.		36
2.2.3 Tipos de abordaje o escuelas bajo el enfoque CTSA.		37
2.2.4 Líneas de investigación en la perspectiva CTSA.		45
2.2.5 Educación bajo el enfoque CTSA.		47
2.3 Las Cuestiones Sociocientíficas (CSC) en la enseñanza de la Ciencia...		58
2.3.1 El benceno como CSC.		70
2.3.2 Los compuestos aromáticos: un tema en Química como CSC.		74
2.4 Conceptualización química del benceno.		75
2.4.1 Propiedades físicas y termodinámicas del benceno.		77
2.4.2 Hoja de vida del benceno.		79
2.4.3 Reactividad del benceno.		84
2.4.4 Aplicaciones de derivados bencénicos.		87
2.4.4.1 Como preservante.		87
2.4.4.2 Como edulcorante.		89

2.4.4.3	Como antioxidante.	94
2.4.4.4	Como anestésico.	95
2.5	Antecedentes didácticos en la enseñanza del benceno.	100
2.6	Participación ciudadana.	107
2.6.1	Participación pública en políticas de ciencia y tecnología.	108
2.6.2	Educación tecnocientífica.	114
Capítulo 3.	Metodología.	116
3.1	Hipótesis de trabajo.	118
3.2	VARIABLES A ESTUDIAR.	119
3.3	Fases de la investigación.	122
3.3.1	Fase inicial.	122
3.3.2	Fase procedimental.	122
3.3.3	Fase concluyente.	124
3.4	Diseño de la estrategia didáctica para estudiar el benceno.	124
3.4.1	Población.	124
3.4.2	Muestra.	124
3.4.3	Distribución en el tiempo.	125
3.4.4	Sistematización de datos y registros.	126
3.4.4.1	Indicadores de aprendizaje.	126
3.4.4.2	Indicadores de participación ciudadana.	126
3.4.5	Interpretación de los resultados de la estrategia.	127
3.5	Configuración de la estrategia.	128
3.6	Implementación de la estrategia.	129
3.6.1	Etapas sensibilizadora.	129
3.6.2	Etapas diagnóstica.	130

3.6.3	Etapa resolutive.	130
3.6.4	Etapa de conocimiento en acción.	132
3.6.5	Etapa culminatoria.	134
Capítulo 4.	Elaboración y puesta a punto de los instrumentos de información.	137
4.1	Test sobre aprendizaje conceptual.	138
4.2	Entrevista sobre aprendizaje conceptual.	139
4.3	Rúbrica sobre acciones sociopolíticas.	139
Capítulo 5.	Resultados del estudio.	142
5.1	Resultados sobre aprendizaje conceptual.	142
5.1.1	Resultados del pre y del post test.	142
5.1.2	Resultados de la aplicación de las entrevistas.	155
5.2	Resultados sobre participación ciudadana.	166
5.2.1	Resultados sobre la obra de teatro <i>Cuidemos Nuestra Salud</i>	166
5.2.2	Resultados de la campaña de divulgación en espacio público.	168
5.2.3	Resultados de la canción <i>Visión Moderna</i>	170
5.2.4	Resultados del video YouTube sobre aditivos alimentarios.	173
Capítulo 6.	Conclusiones y recomendaciones del estudio.	175
Capítulo 7.	Perspectivas de investigación.	179
Referencias.	180
Anexos.	188

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 necesita potenciar las competencias de los educandos posibilitándoles entretener la teoría científica con los acontecimientos sociales. Es decir, implementar alternativas procedimentales que motiven e impulsen 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.

Con esta investigación de lo que se trata es de diseñar y probar una estrategia didáctica con enfoque CTSA 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. Con ello, se pretende formar con el sentido de tener una identidad científica con responsabilidad moral desde las perspectivas sociocientífica y sociocultural. Teniendo en cuenta que la ciencia, como cualquier otra creación humana, está constituida de aspectos temporal, cultural, económico, político, ético, epistemológico y social que conforman la vida en general. Una ciencia amoral, acrítica, ahistórica y deshumanizada producen un retroceso en el desarrollo social y una incoherencia en la búsqueda de virtud en las personas (Zeidler, 2013).

La estrategia didáctica busca que los estudiantes apliquen lo aprendido en la proposición y ejecución de actividades socio políticas, dirigidas a mejorar el nivel de vida de sus comunidades, aumentando así, sus intervenciones en forma de acción social. Además, la investigación permite determinar las posibilidades que tiene la estrategia de generar en los estudiantes aprendizaje conceptual y desarrollar en ellos mejores niveles de participación ciudadana a través de la ejecución de las acciones socio políticas.

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

Esta investigación se direcciona desde una perspectiva crítica dialéctica de corte cualitativo. Inicialmente, se aplicaron un pre-test y una entrevista sobre el aprendizaje conceptual de la química de los compuestos bencénicos. En segundo lugar, se implementó con los estudiantes la estrategia didáctica alternativa. En tercer lugar, se propusieron a los estudiantes un pos-test y una entrevista refiriéndose al conocimiento conceptual sobre las propiedades y el comportamiento de los compuestos bencénicos. En cuarto lugar, se planearon y ejecutaron algunas acciones sociopolíticas dirigidas a la promoción de hábitos de vida saludables con argumentos científicos. Y finalmente, se diseñó e implementó una rúbrica para determinar los niveles de participación ciudadana alcanzada por los estudiantes a partir de las acciones sociopolíticas realizadas por ellos mismos.

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

De este modo, se contribuye en la atención a las necesidades fundamentales de los pueblos en su desarrollo social, económico, político y cultural al permitir la posibilidad de difundir de la ciencia y la tecnología, poniéndolas al alcance de todo público para la comprensión y toma de decisiones sobre asuntos específicos y de interés personal y social. En este caso, se pone en consideración el debate, la reflexión crítica, pública y por ende, se posibilitan los juicios, disensos y consensos acerca de las consecuencias sobre la salud y el medio ambiente que pueden acarrear el uso y consumo de productos que incluyen en su composición sustancias derivadas del benceno.

Capítulo 1. EL PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN

Se parte del reconocimiento que la enseñanza no es algo trivial ni debe asumirse con un tanto de experiencia y sentido común. En vez de ello, el ejercicio educativo plantea una cuestión problemática. Tal condición implica una reflexión sobre la práctica en el aula y fuera de ella apoyada sobre un contexto real, y a la luz de una teoría educativa entretejida por medio de la interacción social, reflexión que conlleve mejoras en los procesos formativos y en el fortalecimiento de una sociedad civil.

En esta investigación se ha recurrido a indagación y búsqueda de la información a partir de procesos asistidos de selección, revisión y estudio de diversos tipos de materiales de consulta como artículos de revistas, capítulos de libros, tesis de grado, publicaciones en la internet y diversas bases de datos referidas tanto a la Educación como a la Química. Las bases de datos consultadas fueron: Cambridge Journals Online, DialNet, DOAJ, Ebsco, ERIC, Jstor, Science Direct, ACS, Current Contents y Web of Science con las debidas licencias y permisos atorgados a la Universidad de Antioquia y a su Sistema de Bibliotecas.

1.1 El Problema y su Justificación

Según el Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior (ICFES), la fundamentación conceptual en Ciencias Naturales debe dar herramientas para una vida social que va a exigir iniciativa y apertura, flexibilidad y criterio; es decir, debería formar individuos capaces de formular sus propios problemas, de interpretar circunstancias inesperadas de tomar decisiones responsables.

La práctica educativa se mueve en una dinámica de acción, interacción e interpretación de los estudiantes y no solo consiste en asegurar la adquisición de ciertos conocimientos. La formación en ciencias debe desarrollar 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 o de un mensaje y para asumir una posición propia; (Toro y otros, 2007).

Los investigadores García y Cauich (2008) plantean que la educación tradicional transmite una imagen de ciencia que aplica métodos cerrados, muestra al pensamiento científico como superior, deshumanizado, neutral, exento de intereses de hombres e instituciones. Tradicionalmente se ha presentado en la escuela una ciencia acontextual, aislada de la sociedad, desconocedora de la historia, de normatividades, de la economía, de la política y de los intereses, expectativas y necesidades comunes de la población.

Una educación convencional en ciencia se caracteriza por buscar en el estudiante la memorización de significados en donde no importa el para qué se aprende o el por qué se aprende. Esta educación tradicional en ciencias con orientaciones conductistas ignora las dimensiones afectivas y emocionales que influyen en el aprendizaje y se enfoca sólo en aspectos de carácter cognitivo. Este énfasis en corrientes tradicionalistas hace que la educación en ciencias se aísle de la vida cotidiana y de las tensiones entre el conocimiento científico y sus implicaciones éticas, morales y sociales.

La educación en ciencias debe contribuir hoy a conocer, construir y participar en sociedad, proporcionando conocimientos para comprender mejor los mundos natural y artificial por medio de la reflexión crítica, la indagación, la proposición, la predicción. Estas son competencias y habilidades imprescindibles como procedimientos específicos para poder desenvolverse mejor en una vida cotidiana impactada por la ciencia y la tecnología, para que las personas puedan intervenir en la sociedad civil y, asimismo, capacidades para poder participar en las decisiones tecnocientíficas que afectan a la ciudadanía y contribuyan a cambiar el mundo

basado en valores de justicia y equidad social (Hodson, 2003). La educación debe hacer vivencialmente útil el aprendizaje en el aula.

Las interacciones activas educador-educando son consideradas por Solbes, Vilches y Gil (2001), posicionando al educador con la responsabilidad de facilitar espacios de formación en ciencia para que los educandos puedan intervenir socialmente en la configuración de su hábitat natural, tecnológico, cultural, social, ambiental. Por lo que, se debe pensar en una educación en ciencias sostenible en cuanto a su representación, su aplicabilidad y su utilidad en la solución de problemas desde una eticidad por el bienestar común.

Una educación para la ciudadanía requiere ampliar los puntos de vista crítico, la reflexión, la transformación de las prácticas docentes, ir más allá del conocimiento enciclopédico, conciencia ciudadana, construcción de ambientes de discusión en las clases de ciencias que favorezcan vivir y ejercer la ciudadanía. Por lo que se debe potenciar el razonamiento lógico y moral de los estudiantes para su participación crítica. Esta formación de sujetos críticos busca que ellos sean capaces de participar activamente de controversias sociocientíficas. Estas condiciones son necesarias para la optimización de la reflexión, la proposición y la participación.

Lo propio en educación científica es incluir a la Naturaleza de la Ciencia (NdC) con sus consideraciones sobre la epistemología, historia y sociología de las ciencias; y además, supone al trabajo científico como una construcción humana y cultural en permanente evolución; susceptible de valores, intereses y conflictos pertenecientes a las comunidades científicas influenciadas por sus propios contextos sociales. Este enunciado, sustenta el hecho que las Cuestiones Sociocientíficas (CSC) surjan como una contextualización social de las ciencias y un análisis de las implicaciones éticas y morales que contemplan las controversias o temas de interés general en relación con la ciencia y la tecnología de gran impacto en la sociedad (Martínez y Parga, 2013).

Solbes y otros, (2001) enfatizan en la capacidad de los lineamientos CTSA para promover en el aula y en las comunidades educativas el estudio, el debate y la evaluación de propuestas; además de la consideración crítica y reflexiva sobre ideas de interés común y cierta afectividad, ante conocimientos contextualizados motivadores de aprendizaje que constituya la materialización de los conocimientos en acción social participativa. Así, desde los procesos educativos se pueden crear condiciones tendientes a construir saberes, valores y actitudes que propenden por el bien de la sociedad, se puede forjar una sociedad sostenible con valores convivenciales armónicos entre lo natural y lo artificial. Este proceder es intervención política porque se gestionan procesos científicos, tecnológicos, sociales y ambientales.

En esta misma línea, Gil y otros (1999), coinciden en que la enseñanza y aprendizaje de la ciencia se mueve alrededor de tres pilares fundamentales: componente conceptual teórico, solución de problemas y prácticas de laboratorio, por lo que, ellos no pueden tratarse por separado. Es decir, debe haber interacción entre ellos y ser tratados en contexto. Sin embargo; la educación tradicional los asume de manera paralela o separadamente, propiciando ineffectividad. Esto hace, que se justifique la necesidad de implementar innovaciones en la didáctica de la ciencia para lograr aprendizajes significativos y el desarrollo de competencias a nivel conceptual, metodológico y actitudinal.

En relación con lo anterior, el Ministerio de Educación Nacional (MEN) aclara que la competencia es integral e integradora de conocimientos, habilidades y valores en los ámbitos cognitivo, procedimental y actitudinal interrelacionados en la búsqueda de desempeños eficientes y efectivos en entornos de aprendizaje y aplicaciones concretas.

El MEN reconoce la necesidad de replantear los modos de la enseñanza de las Ciencias Naturales. Para ello proponen la conformación de un conjunto coherente de conocimientos suficiente para la conjugación complementaria entre aquellos tres pilares de la educación en ciencia, los cuales necesitan considerar:

a) La promoción de un entorno de aprendizaje significativo. El estudiante es el protagonista de su propio aprendizaje y la interrelación con los demás es imprescindible en la formación, comunicación y renovación del conocimiento. El conocimiento es una construcción social.

b) La modificación de la epistemología espontánea de los profesores. Se requiere de una práctica docente crítica y reflexiva, para renovar la enseñanza y aprendizaje de acuerdo a la naturaleza propia de la ciencia.

Similarmente, Hodson (2003) plantea una propuesta curricular con los objetivos de que los ciudadanos puedan acceder a la toma de decisiones públicas en esta democracia, para lo que se requiere una actitud crítica, habilidades y uso de conocimientos y, valores de compromiso para convertirlos en actitudes y en acción social de bienestar común. Para conseguir estos propósitos, el educando debería:

- a) Entender que la ciencia y la tecnología son determinadas culturalmente.
- b) Reconocer que desarrollo científico y tecnológico está relacionado con la distribución de la riqueza y el poder.
- c) Desarrollar opiniones propias y tener apertura a otras posiciones.
- d) Preparar para la acción y ejecutarlo.

En este modelo de curriculum propuesto por Hodson (2003), los nodos gravitatorios del plan de estudios estarían conformados por las siguientes premisas educativas:

- a) Aprender Ciencia y Tecnología: adquisición y el desarrollo del conocimiento conceptual y teórico en la ciencia y la tecnología.
- b) Aprender sobre Ciencia y Tecnología: desarrollo de una comprensión de la naturaleza y los métodos de la ciencia y la tecnología, el conocimiento de las complejas interacciones entre la ciencia, la tecnología, la sociedad y el medio ambiente.
- c) Hacer Ciencia y Tecnología: la participación en el desarrollo de conocimientos, en la investigación científica y la resolución de problemas.

- d) Participar en acción sociopolítica: la adquisición de la capacidad y el compromiso de tomar las medidas apropiadas, responsables y eficaces en asuntos de interés social, económico, ambiental y ético-moral.

Un año más tarde Hodson (2004), es enfático al decir que “yo considero que el principal objetivo de la enseñanza de las ciencias es la preparación para una ciudadanía responsable” (p. 2). Tal enunciado coincide con la Ley General de Educación 115 de 1994 del MEN cuando propone como un objetivo fundamental de la educación la formación en competencias ciudadanas, instaladas como un proyecto escolar transversal obligatorio con estrategias eficaces para desarrollar un conjunto de conocimientos y de habilidades cognitivas, emocionales y comunicativas orientando a la persona a actuar de manera constructiva en la sociedad democrática.

Tomando en cuenta los planteamientos previamente expuestos acerca de las características de una enseñanza de las ciencias con carácter alternativo es como se plantea esta propuesta para la enseñanza de las propiedades y el comportamiento de los compuestos bencénicos; se propone que, los estudiantes interaccionen con diferentes recursos didácticos en una estrategia didáctica fundamentada en el enfoque CTSA y basada en la resolución de problemas planteados como situaciones sociocientíficas a través de las cuales se pueda reconocer cómo la aplicabilidad, uso y consumo de compuestos bencénicos está presente en muchos productos de uso diario de las personas; y cuáles son las consecuencias que este consumo podría acarrear para la salud humana ya que está comprobado y aceptado por la comunidad científica que el benceno es un agente carcinogénico, teratogénico y mutagénico (Afshar, Moallem, Khayatzadeh, y Shahsavan, 2013; Burg y Gist, 1997; Gilli y otros, 2008; Guerrero y Mora, 2014; Lu y otros, 2007; Rahimipour, Talebi, Anvari, Abbasi Sarcheshmeh, y Omidí, 2014; Rodero, Rodero, y Azoubel, 2009; Sinha y Souza, 2010; Tran, 2013; Zengin, Yüzbaşıoğlu, Ünal, Yılmaz, y Aksoy, 2011).

Esta propuesta didáctica busca integrar la comprensión por parte de estudiantes del grado once de un conocimiento en Química Orgánica, como es el de las propiedades y el comportamiento químico del benceno, con la realización de diversas acciones sociopolíticas, como la socialización y reflexión con la comunidad educativa sobre lo aprendido con los problemas resueltos en clase, la toma de posición grupal argumentada a través de la internet respecto a la problemática suscitada por el benceno en los productos de uso masivo, la puesta en escena de la problemática social y de salud que induce a la toma de decisiones informada. Todas estas acciones sociopolíticas deben llevar a la reflexión crítica, el debate, y a la toma de decisiones responsables con las comunidades y de este modo incentivar al cambio de hábitos de consumo de las personas. Esta propuesta plantea así conjugar los componentes CTSA con las posibilidades de intervención social para mejorar las condiciones de vida de las comunidades a través de la enseñanza de las ciencias.

El tema de los compuestos aromáticos en educación no es usualmente tratado en las aulas considerando la relación existente entre el consumo o utilización de productos de uso generalizado que contienen compuestos bencénicos y la salud humana índice de bienestar social. Algunas de las investigaciones que han demostrado problemas orgánicos generados por el consumo de compuestos bencénicos presentes en alimentos y bebidas se citan a continuación:

En el Journal Iraní de Ciencias Médicas los autores Afshar, Moallem, Khayatzadeh y Shahsavan (2013) comunicaron sus estudios sobre efectos teratogénicos en la formación de los ojos en fetos de ratones por consumo de benzoatos. Los resultados mostraron que después de inyectar durante 16 días a ratonas antes y durante la gestación con dosis de benzoato de potasio, sus fetos presentaron hemorragias y malformaciones en lente y retina. Recordemos que el benzoato de potasio es una sal que normalmente se usa como conservante, E212.

Los investigadores indios Sinha y Souza (2010) en su estudio sobre el daño en el hígado causado por el benzoato de sodio en ratones, encontraron que a ratones a los que se les suministraba vía oral benzoato de sodio durante 180 días cambiaban las características saludables

del hígado por características de enfermedad. El benzoato de sodio también es usado generalmente para conservar alimentos, E211.

Los expertos en toxicología Zengin, Yüzbaşıoğlu, Ünal, Yılmaz y Aksoy (2011) realizaron una evaluación sobre la genotoxicidad de los benzoatos de sodio y de potasio como preservantes de alimentos. Experimentaron con linfocitos que fueron incubados en diferentes concentraciones de benzoato de sodio y en benzoato de potasio. Encontraron que el benzoato de sodio incrementa significativamente los daños en el ADN, en cambio; el benzoato de potasio no causa un significativo aumento en la afectación del ADN. Los resultados de este estudio indicaron que el benzoato de sodio y el benzoato de potasio son mutagénicos, pueden romper los cromosomas (clastogénicos) y citotóxicos en linfocitos en vitro.

Contrario a los resultados anteriores, los benzoatos pueden ser aprovechados para evitar cáncer de piel si se aplica tópicamente con café. Así lo concluyeron ocho investigadores de la universidad de Oxford (Lu y otros, 2007). Mediante la aplicación tópica de cafeína con benzoato de sodio (cafeína-SB) inmediatamente después de la irradiación UVB a ratones se aumentó una autodestrucción celular programada y beneficiosa para el organismo (apoptosis) inducida por UVB en un 2 ó 3 veces mayor medida de lo que ocurrió después de la aplicación tópica de una cantidad equimolar de cafeína.

En la anterior investigación se encontró que la cafeína-SB fue más activa que una cantidad equimolar de cafeína en ejercer un efecto protector solar. En estudios adicionales, la cafeína-SB inhibió fuertemente la formación de tumores en ratones 'de alto riesgo' pretratados con UVB y en ratones portadores de tumores inducidos por UVB el crecimiento de los tumores también se inhibió. La cafeína-SB y la cafeína son los primeros ejemplos de compuestos que tienen tanto un efecto protector solar y como el de mejorar la apoptosis inducida por UVB. En palabras de los mismos autores, los estudios sugieren que la cafeína-SB y la cafeína pueden ser buenos agentes para inhibir la formación de cáncer de piel inducido por luz del sol.

De los planteamientos descritos como problemáticas en la enseñanza y del rastreo bibliográfico realizado surge la siguiente pregunta problematizadora: ¿Qué incidencia presenta una estrategia didáctica basada en resolución de problemas planteados como cuestiones sociocientíficas sobre los compuestos bencénicos presentes en productos de uso diario, en el aprendizaje conceptual sobre las propiedades y el comportamiento químico del benceno; y en la participación ciudadana a través de la realización de acciones sociopolíticas que conlleven a un bienestar común?

La respuesta a esta pregunta ha implicado un proceso de investigación en el que se diseñó e implementó una estrategia didáctica con características problémicas y sociocientíficas planteadas para determinar el grado de aprendizaje en los estudiantes y sus niveles de participación ciudadana en comunidad conseguidos después de la implementación de la estrategia.

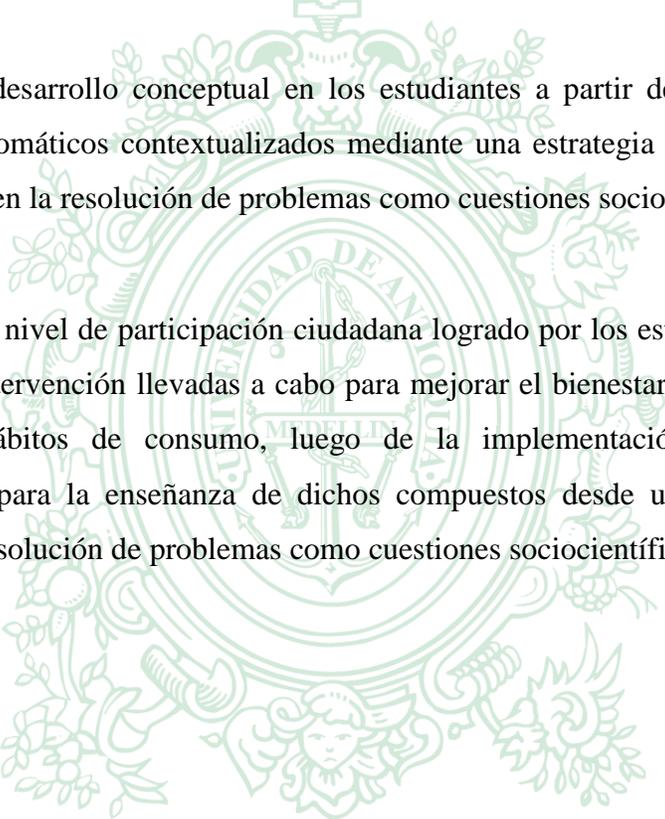
1.2 Objetivos de la Investigación

1.2.1 Objetivo general

Caracterizar la incidencia de una estrategia didáctica con enfoque CTSA basada en resolución de problemas sociocientíficos, en el aprendizaje conceptual acerca de los compuestos bencénicos y en el nivel de participación ciudadana de estudiantes de Educación Media.

1.2.2 *Objetivos específicos*

- a) Proponer una estrategia metodológica con enfoque CTSA basada en resolución de problemas como cuestiones sociocientíficas para la enseñanza y aprendizaje de los compuestos bencénicos a través de su contextualización en productos de uso masivo tendiente a generar en los estudiantes aprendizaje conceptual y participación ciudadana para la transformación de hábitos de consumo.
- b) Identificar el desarrollo conceptual en los estudiantes a partir de la enseñanza de los compuestos aromáticos contextualizados mediante una estrategia didáctica con enfoque CTSA basada en la resolución de problemas como cuestiones sociocientíficas.
- c) Caracterizar el nivel de participación ciudadana logrado por los estudiantes en diferentes acciones de intervención llevadas a cabo para mejorar el bienestar social en términos de cambio de hábitos de consumo, luego de la implementación de una estrategia metodológica para la enseñanza de dichos compuestos desde una perspectiva CTSA basada en la resolución de problemas como cuestiones sociocientíficas.



UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

En este apartado se tratarán las teorías y conceptualizaciones sobre varios asuntos, comenzando con algunas disertaciones metodológicas sobre resolución de problemas, que constituye la base estructural de la estrategia didáctica. En segundo lugar, se tratará con la teoría concerniente al desarrollo y aplicación de las interrelaciones CTSA. En tercer lugar, se puede ir más allá del enfoque CTSA mediante el tratamiento de la naturaleza de las cuestiones socio científicas (CSC), abarcando algunas aportaciones de investigaciones procedentes de las CSC. Puesto que los procesos sociales de la ciencia alcanzan su objetivo en la construcción de civilidad participativa y democrática, posteriormente se considerarán las teorizaciones sobre participación ciudadana. En quinto lugar, se plantea la parte conceptual y teórica sobre los compuestos aromáticos, en especial el benceno como sustancia química problema, considerando sus usos y aplicaciones en diversos productos de consumo masivo. Finalmente, el marco teórico se cierra con la presentación de algunos antecedentes referidos al proceso de enseñanza y aprendizaje del benceno.

2.1 Propuesta de Metodología Resolución de Problemas

Según Zeidler y otros (2004), los estudiantes tienen un encuentro mayormente significativo con el conocimiento y la experiencia cognoscitiva si se le coloca en un contexto de la vida real de afectación por parte de la ciencia y la tecnología. Es decir, si se les pone en el ámbito resolución de problemas donde intervienen factores sociales, ambientales, científicos y tecnológicos. Por lo que cada vez aparece con mayor frecuencia en los planes de estudios la

estrategia didáctica de resolución de problemas para el alcance de las competencias deseables en los estudiantes.

Con respecto a la función docente, varios investigadores aunados en una misma aproximación conceptual sobre ciencia, tecnología y sociedad (García, González, López, Luján, Gordillo y Valdés; 2001), coinciden en que la resolución de los problemas comprende el consenso y la negociación, en donde el docente juega un papel de apoyo para proporcionar materiales conceptuales y empíricos a los estudiantes, para la construcción de puentes argumentativos. Esta actitud del docente no corresponde al tradicional depositario de la verdad, más bien intenta reflejar pedagógicamente los propios procesos científico-tecnológicos reales, con la presencia de valores e incertidumbre, aunque asumiendo siempre la responsabilidad de conducir el proceso enseñanza-aprendizaje desde su propia experiencia y conocimientos.

La estrategia didáctica propuesta en este trabajo pretende con la implementación del proceso de resolución de problemas, que los estudiantes aprendan más y mejor sobre las propiedades y comportamiento químico de los compuestos bencénicos. Con esta modalidad de abordar la práctica educativa se busca desarrollar en el estudiantado habilidades para resolver problemas y profundizar en la interacción con los contenidos en el intento de hacer ciencia desde el punto de vista epistémico y metodológico. Es decir, se puede pretender que los estudiantes aprendan a plantear hipótesis, construir modelos, confrontar las ideas con lo real a partir de comprobaciones de supuestos, plantear explicaciones, predicciones y proposiciones.

Esta dinámica didáctica también proporciona un modo de aprender sobre la ciencia desde la propia naturaleza científica. Es decir, posibilita aprender a tomar decisiones informadas o argumentadas, reflexionar críticamente, desarrollar su creatividad investigativa, formar un carácter ético y moral respecto a las problemáticas y promover el activismo sociopolítico en la participación y consolidación de una sociedad pluralista y democrática. Aunque estas habilidades son factibles de ser alcanzadas por los estudiantes con una propuesta didáctica basada en la resolución de problemas; no representan el objeto de estudio de esta investigación.

Con respecto a la naturaleza misma de la enseñanza basada en problemas, García (1998) aduce que un proceso de enseñanza aprendizaje basado en resolución de situaciones problemáticas incluye una sistemática procedimental y metodológica que desarrolle en el estudiante un modo de pensar científicamente por medio de la explicación cognoscitiva y la creación intelectual; facultándole para resolver creativamente los problemas sociales, proponer nuevos sistemas de conocimientos y tratar sistémicamente las situaciones problema. El autor presenta los siguientes objetivos generales de la enseñanza problemática:

a) Desarrollo de la creatividad: la actividad creadora es resolver problemas, de este modo se aplican conocimientos y habilidades a situaciones nuevas, se conecta lo previsto y lo imprevisto, se contribuye formar valores espirituales y materiales a través del discernimiento entre lo subjetivo y lo objetivo.

b) Desarrollo de la independencia cognoscitiva: es ser capaz organizar los materiales objetos de estudio, es tener elementos para debatir y criticar científicamente otras ideas, es asimilar y aplicar apropiadamente los nuevos conocimientos y competencias para solucionar problemas. Se busca que el estudiante sea consciente de su propia capacidad de utilizar métodos distintos al del profesor, sintetizar ideas y descubrir otras alternativas de solución.

c) Asimilación de nuevos sistemas científicos de conocimientos: es ser capaz de asimilar la información suficiente para entender los modelos y principios enunciados en los problemas y relacionarlos con experiencias y saberes previos.

d) Desarrollo de la facultad de resolver creativamente problemas sociales y productivos: se logra cuando el estudiante es capaz de reorganizar sus estructuras cognoscitivas con relación al objeto de estudio; esto implica una activación de la creatividad, formulación de hipótesis y aplicación de métodos transferidos para resolver problemas.

e) Desarrollo de actitudes positivas hacia el conocimiento científico: por medio del cuestionamiento constante, la imaginación lúdica, el placer en la toma de decisiones; persistencia y recursividad en las tareas y autonomía en su aprendizaje y además; confianza en sí mismo.

2.2 El Enfoque Ciencia Tecnología Sociedad Ambiente (CSTA)

Los estudios sociales de la ciencia y la tecnología, o estudios sobre CTS, tratan de entender el fenómeno científico-tecnológico en contexto social, teniendo en cuenta en la sociedad el antes como el después de los cambios en CyT, los condicionantes sociales y las consecuencias sociales y ambientales. Estas consideraciones se enfocan a través de la reflexión crítica de la visión esencialista y triunfalista de la ciencia dada por el positivismo lógico; se supera esta visión lineal de la ciencia y el progreso social recurriendo a la filosofía, la historia, la teoría de la educación y la sociología del conocimiento científico (López, 2015).

El enfoque CTSA comienza como forma de investigación empírica en filosofía y sociología y se fortalece en la necesidad social e institucional de una regulación pública del cambio científico-tecnológico. A continuación se comentará sobre la historia, antecedentes, la justificación y las principales orientaciones del enfoque CTSA principalmente en educación.

2.2.1 Historia del Paradigma CTSA

Respecto a los orígenes del movimiento CTS, Aikenhead (2003) narra cómo los investigadores, en educación y en tecnología, pioneros en la sustentación del slogan “*ciencia-tecnología-sociedad*” debatían para encontrar consenso sobre el sentido de la educación, políticas educativas, naturaleza del curriculum de ciencia, la enseñanza y evaluación, el rol del docente y

del estudiante y sobre el significado de ciencia. En dicha discusión prevalecía la visión holística de la educación científica. Cuyo propósito sigue siendo la alfabetización popular en ciencia para la transformación del entorno y la sociedad. Este movimiento CTS pionero buscaba incluir dentro del currículum sus lineamientos, pero la condición es que esta pertenencia se logra en momentos de crisis social, ambiental o educativa, cuando por fuerza de la necesidad de transformar la realidad se justifique la inclusión CTSA dentro del currículum.

Este mismo autor dice, que el estudio de la ciencia cambió enormemente después de la segunda guerra mundial y el lanzamiento al espacio del Sputnik. Estos fueron motivos suficientes para transformar la educación en ciencia en una forma más humanística centrada en el ser como el medio y el fin último de los procesos formativos. Por lo que la educación con enfoque CTS propone una educación política para la acción, buscando reevaluar la cultura occidental y el papel de la ciencia escolar en la transformación de la misma sociedad. Para lo cual se ve obligada a incluir interdisciplinariamente todos los saberes en la búsqueda de soluciones a problemas globales; demandando además, de una preparación en ciencia una formación en tecnología.

Para Aikenhead (2003) en un principio, desde las universidades de Estados Unidos se presentaban proyectos que planteaban correlaciones entre educación, ciencia, tecnología y sociedad. A principios de los 80's ya se hacían simposios mundiales sobre estos tres pilares educativos, CTS. Inclusive, para esa época ya estaba instaurada la Organización Internacional para la Educación en Ciencia y Tecnología. Además, se publicaban libros y trabajos planteando la interacción CTS, instaurándose bajo enunciados pertinentes, innovadores y factibles.

A pesar de que desde el año 1969 comenzaron universidades de EE.UU. a incluir en sus programas académicos los contenidos y teorías CTS, todavía en el año 1982 no se ponían de acuerdo en cuanto al nombre del movimiento. Este convocaba a educadores en ciencia de varios países en los que les movilizaba la búsqueda de propuestas para cambiar el *status quo* de la

educación científica por medio de prácticas educativas innovadoras, eficaces y eficientes cumplidoras de los propósitos de la educación.

El lema CTS tuvo una fuerte incidencia sostenido por el investigador John Ziman en 1980 por medio de su libro *Enseñando y Aprendiendo acerca de Ciencia y Tecnología*, obra que fue de lectura obligatoria para los educadores de ciencias los ámbitos educativos. Por ejemplo en EE.UU. contextualizan sus teorías CTS adaptándolas a sus condiciones a partir de debates, propuestas y proyectos, lo que propulsa desde las universidades el reconocimiento y adopción de discusiones académicas y profesionales sobre las interacciones entre ciencia, tecnología y sociedad. También, se formaron redes de trabajo en educación científica de despliegue mundial.

Muchos valiosos aportes en educación CTS que contribuyeron en su propia configuración y fortalecimiento, provinieron de proyectos y programas de educación superior y de proyectos escolares. También, desde revistas científicas y desde centros de educación en ciencia se difundía el enfoque humanístico de la ciencia, como ocurrió en la Universidad de Harvard. Todas estas influencias tienen mucho en común en cuanto a vocabulario y temas de interés: educación en ciencia, ciencia, tecnología, sociedad, ambiente, conocimiento en acción, valores y también sobre el porvenir de la humanidad. Sin embargo, esta construcción de una realidad entrelazada por ciencia y tecnología encontró mucha resistencia en educadores de ciencia que no tenían apertura a contextualizar la enseñanza en consonancia con los impactos de la tecnología en la sociedad.

La evolución de CTS en la enseñanza y aprendizaje de la ciencia ha evolucionado y tomado forma a partir de la historia individual de los educadores en ciencia de cada latitud y longitud, por lo que, tales historias deben tratarse como experiencias a considerar en una forma de educación propia de cada región. Países como EE. UU., Canadá, Australia, Holanda, Inglaterra, Italia, Bélgica, España y Japón vivieron sus propias connotaciones, significados y utilidades según sus situaciones y condiciones sociales, económicas, culturales, tecnológicas y ambientales.

El protagonismo CTS está expresado en la intervención informada del individuo sobre asuntos sociales y ambientales relevantes que son tratados a partir de las dilucidaciones en ciencia y tecnología. Esta pertinencia de la implementación de educación CTS está basada en las actuales realidades problemáticas globales que ameritan una urgente de intervención:

- a) Alimentos transgénicos
- b) Proyecto genoma humano
- c) Clonación
- d) Virus intercambiados y mutados entre animales y personas
- e) El ébola, VIH, VPH, cáncer, etc.
- f) Enorme producción farmacéutica e inmunidad viral
- g) Caos en las condiciones ambientales planetarias

En retrospectiva, se puede concluir que la interdisciplinariedad en la enseñanza en ciencia es necesaria para proponer soluciones globales problemas de todos. La educación en CTS propone las pautas para la construcción en consenso, democracia participativa, de una sociedad que se aproxime al modelo y a la funcionalidad que todos soñamos.

Es necesario recalcar que los hechos contundentes que revelaron la necesidad de replantear la concepción de ciencia y tecnología fueron los eventos más impactantes, devastadores y aniquiladores de la vida en la tierra de manera instantánea, estos hechos fueron los acontecidos entre los días 6 y 9 de agosto de 1945 cuando explotaron las bombas atómicas de uranio en Hiroshima y tres días después, la bomba de plutonio en Nagasaki. La humanidad quedó sorprendida por las consecuencias nefastas sobre su propia existencia que pueden derivarse de la aplicación del conocimiento en ciencia y tecnología (Medina, 2000).

Posteriormente, Medina (2004) dice que para comprender el origen de CTS hay que remontarse al final de la Segunda Guerra Mundial y al principio de la Guerra Fría. La organización gubernamental estadounidense dirigió la investigación en ciencia y tecnología hacia la construcción de bombas de fisión de uranio y de fusión de hidrógeno en el proyecto Manhattan. Después de la guerra EE.UU. surgía como líder mundial, especialmente en lo relacionado con las investigaciones en las ciencias físicas, que fueron organizadas y financiadas por el Departamento de Defensa.

Luego de esta terminación de la guerra directa y mortalmente manifiesta, le sigue la guerra fría en que se le otorga una imagen a la ciencia como cumbre y bien supremo de la humanidad, se adoctrina la ciencia como el modo verdadero de acceder al conocimiento y núcleo de la organización democrática y racional. Ante lo cual el filósofo de la ciencia Karl Popper propicia la discusión sobre la necesidad de aplicar los métodos científicos en la solución de problemas sociales, constituyéndose así la ciencia como coadyuvadora en la construcción de una sociedad democrática.

En aquel entonces, se veía a la ciencia como el método racional objetivo por excelencia y a la tecnología como la derivación directa de los conocimientos científicos heredando así un carácter de acción óptima. Esta tesis era defendida por destacados economistas, sociólogos y científicos, los cuales trataban de sustentar una ciencia carente de intencionalidad ideológica o intereses creados, una ciencia exenta de valores y prejuicios sociales, morales, étnicos. Pues, planteaban que el mundo de la ciencia y la tecnología era aparte del mundo de las ideologías y las disciplinas del orden humanístico como la historia, la sociología, la religión, la antropología. De alguna manera la ciencia y la tecnología no se hacían responsables de las consecuencias de su uso y aplicabilidades.

Alrededor de 1969 se sustentaban posiciones que ponían en evidencia a una ciencia y tecnología con propósito, intención y manipulada por unos cuantos que no representaban los intereses del pueblo. En Estados Unidos se gestó un movimiento ideológico y científico en las

universidades que se opuso al uso deliberado de la ciencia y la tecnología para la destrucción de la humanidad de cualquier latitud. Demostrando que la ciencia y la tecnología no son neutrales, ni imparciales, están invadidas por ideologías inequitativas, mezquinas y vilipendiadoras de la dignidad humana.

El despojar a la ciencia de su atributo de pureza y sensatez constituyó una gran herida al narcisismo científico y contra la egolatría de los excepcionales hombres de ciencia. Se resistieron a aceptar que la ciencia y la tecnología son otra creación social y cultural hecha por las personas como cualquiera otra obra humana. Por lo que no podían reclamarse para esta construcción social, histórica y cultural cualidades de una racionalidad excelsa y una neutralidad en valores e intereses.

La supremacía de esta imagen de ciencia y además, el prestigio social que gozaban los científicos fueron razones para ponerse en batalla contra el naciente movimiento CTS, el cual ponía en tela de juicio la supuesta objetividad de las investigaciones en ciencia y tecnología, por lo que ellas estaban cargadas de valoraciones, de intervención social y política. Este movimiento CTS era atacado con señalamientos de pseudociencia y opiniones sin fundamentos.

Un opositor del movimiento CTS fue Mario Bunge, quien pretendía sostener la tesis de que la ciencia busca la verdad objetiva mediante la estructuración de enunciados regidos por la razón y lógica natural. Este filósofo pretendía reproducir en los modos de pensar los mitos que la ciencia quiso defender equivocadamente para sostener su imagen de superioridad:

- a) El mito del beneficio infinito: entre más ciencia más beneficio social.
- b) El mito de la autoridad: la ciencia posee la verdad y éticamente puede decidir en política social, económica y ambiental.
- c) El mito de la frontera sin límites: la ciencia reclama para sí una autonomía e independencia que la exime de responsabilidad social y ambiental.

En esta guerra de ciencias se oponen concepciones analíticas contra concepciones críticas. Las primeras se consideran superiores y separan los componentes CTSA aduciendo que la ciencia es conocimiento teórico objetivo, que la tecnología es conocimiento práctico racional y que es en la sociedad donde están las ideologías, el subjetivismo preferencial y los intereses creados. Mientras que las segundas, entretienen de manera interrelacionada los entornos teóricos, prácticos, sociales, políticos y ambientales. Estas concepciones críticas constituyen planteamientos interpretativos y valorativos sobre nuevas formas de investigación responsable aplicadas en la construcción de sociedades democráticas, que además, evalúa y decide por la ciencia y tecnología que realmente se necesita, que se interese por la real solución de los problemas y quiera otorgarle un carácter dignificante y respetuoso a la vida.

En la época que comenzó el furor general de la información como un bien público, de acceso libre y de difusión global; los partidarios de la filosofía analítica de la ciencia aprovecharon la coyuntura para definir la cultura como “información transmitida por aprendizaje” y seguir separando la conjugación CTS refiriéndose a la ciencia como la información representacional por excelencia, a la tecnología como información práctica y a la sociedad como el ámbito donde la información se hace valorativa. Erigiendo sus planteamientos en contravía de la perspectiva CTS que propende por la integración coexistente entre sus tres componentes sin exclusión entre sí, sino más bien una conjunción complementaria e interdependiente.

El investigador Cutcliffe (2003), propone que las características propias del dominio CTS son:

- a) El estudio de la ciencia y la tecnología comprendiéndola constructivamente en su contexto social, histórico y cultural.
- b) Valoración crítica del quehacer tecnocientífico.

c) La participación ciudadana y gestión social derivada del conocimiento, fortaleciendo de este modo la democracia.

Contraria a estas pautas se postula la tecnocracia que buscando blindarse a la crítica y a la valoración de sus intervenciones, no busca la comprensión constructiva y contextual de realidades y hechos por parte de la ciudadanía, ni permite el discernimiento de sus premisas y juicios sobre las aplicaciones de la ciencia y la tecnología, busca el control del conocimiento y de la sociedad para someterlos a su accionar tecnocrático elitista y avasallador de las reivindicaciones sociales y económicas. La tecnocracia se interesa por la humanidad pero en la medida que le sea útil a sus intereses, porque la utiliza para alcanzar sus deseos de dominio, riqueza y poder.

La perspectiva CTS, concluye Medina (2000), busca expandir los espacios de inclusión social y político de participación ciudadana para la construcción de una democracia más estable y perdurable. También, promueve la toma de decisiones del pueblo respecto a los impactos que sobre la sociedad ejercen los desarrollos tecnológicos y científicos. Además, induce a la libertad responsable y conciencia social sobre la configuración de su propia realidad contextual.

Los lemas que el movimiento va adoptando dependen de las múltiples y coexistentes realidades que circunscriben el momento histórico. Pero, cualquiera que estos lemas fueran, incluyen a la cultura como contexto donde se presentan las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad discernida por los estudiantes interesados por la transformación positiva hacia un mundo equitativo, justo y en paz para todos.

1 8 0 3

El nivel CTS cambia de país en país y a través del tiempo, por ejemplo, ha tomado diversas denominaciones a saber: ciencia-tecnología-ciudadanía, naturaleza-tecnología-sociedad, ciencia de entendimiento público, ciencia ciudadana, alfabetización científica funcional, conciencia pública de ciencia, ciencia escolar a través de la cultura, CTSA. Pero todas estas

modalidades conllevan el objetivo de facilitar a la población su acceso de la ciencia sin exclusiones y busca que la ciudadanía tenga peso y poder en las decisiones relacionadas con el uso y aplicaciones de la ciencia y la tecnología. De este modo parecería que no habría población marginada de la alfabetización científica. Pero una cosa son las políticas educativas y otras la realidad en los espacios escolares entre profesores y estudiantes.

En la promoción de la educación CTS hubo dos movimientos de la postguerra que tuvieron gran influencia (Ratcliffe, 2001). Uno de ellos fue iniciado por científicos que sentían un sentido de responsabilidad con el público en vista del impacto ambiental causado por los avances científicos y tecnológicos, como las armas nucleares y los pesticidas. El segundo movimiento fue mucho más débil y se asoció con el rompimiento de barreras entre dos culturas, el arte y la ciencia.

Las características fundamentales de lo social y lo político en la década de los 70's le dieron la oportunidad para que la educación CTS se desarrollara plenamente. Los debates públicos sobre la ciencia aplicada a las cuestiones sociales (por ejemplo, la eugenesia, el impacto humano en el medio ambiente, la exploración del espacio) contando con la aceptación de las cuestiones sociales tenían su propio lugar en la educación científica. La primera misión CTS a gran escala en educación comenzó en Holanda a mediados de los años 70 como resultado de una decisión del gobierno por referéndum de mantenerse como potencia nuclear financió un programa de ocho años de educación pública para apoyarlo (Ratcliffe, 2001).

El mismo autor nos cuenta que hubo dos importantes proyectos CTS en el Reino Unido se iniciaron en aquel momento. Ambos fueron empezados por los profesores de Física decididos a ampliar el plan de estudios para mayores de 16 años, un rango de edad donde era más fácil para las iniciativas que desarrollaban los profesores. Para John Lewis, la motivación para iniciar el proyecto Ciencia en Sociedad buscaba ampliar la gama de oportunidades científicas en una forma distinta de estudio en la escuela pública. Joan Salomón tenía motivaciones similares para producir SISCON en escuelas, para una clientela diferente, las escuelas populares de Londres.

Ambos desarrollos estaban dispuestos a promover "la ciencia para la ciudadanía". Esta nueva forma de formar en civilidad informada en ciencia y tecnología se caracteriza por una participación activa. Esta enseñanza CTS busca intercambios entre los estudiantes para ayudarles a llegar a posiciones personales que combinen el conocimiento científico con la responsabilidad ética y moral.

En 1953, John Lewis, con ganas de incluir un poco de astronomía en el currículo de ciencias Malvern School, asistió a un curso de DES en estudios generales en que la astronomía era un componente. Este curso le estimula a desarrollar experimentos sobre la radiactividad para los estudios generales y cursos de Nuffield valiéndose de un frasco de radio puro heredado de un maestro de ciencia de alto nivel anterior. Posteriormente, realizó sesiones sobre los recursos de la radiactividad y de la energía, a las que asistían los jefes de varios departamentos.

En 1975, John convenció a las empresas para darle pequeñas cantidades de dinero con el fin de acercar a las personas interesadas en conjunto para una conferencia de fin de semana; de esta nació la ciencia para la sociedad. Después el mismo John se convirtió en presidente de ASE para 1977-1978 y fue entonces cuando estableció el proyecto CTS en el comité directivo. Este formato continúa para todos los futuros proyectos SATIS.

2.2.2 Objetivos del enfoque CTSA

Los objetivos principales de la investigación académica y de la política pública de con enfoque CTS son, la contextualización humanizada de la ciencia y la tecnología, y la promoción de la participación pública. Ello implica, cambios en los contenidos de la enseñanza de la ciencia-tecnología, en lo metodológico y actitudinal de los actores del proceso de enseñanza-aprendizaje. Se trata de cerrar la brecha entre las culturas humanística y científico-tecnológica y también de alfabetizar en ciencia y tecnología a ciudadanos que sean capaces de tomar

decisiones informadas, promoviendo el pensamiento crítico y la independencia intelectual en los expertos al servicio de la sociedad.

Académicamente, el movimiento CTS busca integrar dos clases de interacciones: la primera, entre ciencia y científicos con las cuestiones sociales e instituciones externas a la comunidad científica. Y la segunda, la interacción ideológica de los científicos al interior de su propia comunidad. En esta última, se consideran los valores, intenciones e intereses que subyacen en el trasfondo de los consensos y decisiones en los procesos epistémicos y ontológicos regentes en las metodologías de funcionamiento de la comunidad científica.

La intención de la educación CTSA enunciado por Aikenhead (2005) consiste en formar estudiantes con valores civiles y de ciudadanía que les propulse a la construcción de condiciones de vida mejores para todos. Además, CTSA contribuye con la labor de hacer partícipes a una sociedad informada, activa, responsable, participativa y proyectada hacia la solución de problemas sociales y ambientales sobre ciencia y tecnología.

Solbes, Vilches y Gil (2001) plantean que la pretensión del enfoque CTSA es la de propiciar una alfabetización popular en ciencia y tecnología con énfasis en la criticidad y racionalidad de las repercusiones (por su aplicabilidad) en la sociedad y el ambiente. De esta manera se cumple que el enfoque CTSA se interactúe con la naturaleza, epistemología e historia de la ciencia y la tecnología.

Con la alfabetización científica popular planteada líneas arriba propende para que la mayoría de la población tenga bases conceptuales suficientes para decidir individualmente y participar en acciones políticas y administrativas sobre las implicaciones de la aplicación de la ciencia y la tecnología para cualquier comunidad ecosistémica local o regional dentro de un marco de valores sociales de equidad y justicia.

2.2.3 Tipos de abordaje o escuelas bajo el enfoque CTSA

Los autores García y otros (2001), presentan la imagen tradicional de la ciencia y la tecnología como un modelo lineal de desarrollo, una visión sobre la naturaleza de la ciencia que es positivista, se puede interpretar como:

$$+ \textit{Ciencia} = + \textit{tecnología} = + \textit{riqueza} = + \textit{bienestar social}$$

Este planteamiento canónico inició en la filosofía de la ciencia de los años 20 llamada Positivismo Lógico y luego en los 40's tomó la funcionalidad dada por la sociología de la ciencia. Esta visión clásica de la ciencia de objetiva, neutral, sin intereses ni valores, tendría que estar desligada de los valores sociales, sin concepciones del bien y del mal, carecer de ética y moral. Se adjudica autonomía en sus decisiones y se considera que la ciencia y la tecnología pueden manejar la naturaleza y poseer el conocimiento verdadero.

Este sistema doctrinal fue impulsado por el científico Vannevar Bush trabajando para la Oficina para la Investigación Científica y el Desarrollo de EE.UU., en la puesta en marcha del Proyecto Manhattan para la construcción de las primeras bombas atómicas. Otras expresiones de autonomía de la ciencia son los primeros ordenadores electrónicos, los primeros transplantes de órganos, los primeros usos de la energía nuclear para el transporte y la invención de la píldora anticonceptiva.

Los orígenes de la concepción esencialista surgen después de la II guerra mundial, buscando un apoyo incondicional de la ciencia y la tecnología para el desarrollo y el progreso. Vannevar Bush convenció a su nación de que se debería financiar el desarrollo de la Ciencia y Tecnología (CyT) y mantenerlos con autonomía frente a las consideraciones sociales, éticas, culturales y transnacionales. Bush sostenía que para asegurar la el mantenimiento de la salud poblacional, la seguridad nacional y la prosperidad social se debería dar riendas sueltas al desarrollo científico sin importar el por qué y sus consecuencias adversas.

El ideal modelo lineal tuvo su confrontación con la sucesión de desastres tecnológicos en los años 50's, los vertidos contaminantes a los ecosistemas, los accidentes nucleares, el envenenamiento farmacéutico, los derramamientos de petróleo, etc. Se hizo entonces necesario revisar la política científico tecnológica y la concepción de la CyT en su relación con la sociedad y el ambiente.

La sociedad después de estas muestras de daños ocasionados por la CyT califican el trabajo científico como crudo materialismo, búsqueda de riqueza y poder, sobreexplotación de los recursos naturales y degradación ambiental. Adicionalmente, se hace evidente todo el dolor y perjuicios que pueden ocasionar la CyT por lo que se propone una revisión y corrección del tal modelo lineal que orientaba el trabajo científico. Esto hizo que la sociedad civil se animara a participar de los espacios públicos institucionales decisorios relacionados con la regulación de la ciencia y la tecnología. Indudablemente, los grandes desastres no ocasionados por la naturaleza han obligado a la comunidad científica y a la demás sociedad a replantear la manera de ver y tratar con las creaciones humanas.

Cronología de fracasos de la CyT

Estos autores (*García y otros, 2001*), mencionan hechos de impacto a escala mundial por su alteración a las políticas de desarrollo y educativas en CyT que se describen a continuación:

- a) En 1957 la Unión Soviética lanza el Sputnik I, el primer satélite artificial alrededor de la tierra, causando convulsión social, política y educativa en EE.UU. y Europa. Ocurre también que el reactor nuclear de Windscale, Inglaterra, sufre un grave accidente creando una nube radiactiva que se desplaza por Europa occidental y explota cerca de los Urales el depósito nuclear Kyshtym, contaminando una gran extensión circundante en la antigua URSS.

b) En 1958 se crea la National Aeronautics and Space Administration (NASA), como una de las consecuencias del Sputnik. Más tarde, se creará la European Space Research Organization (ESRO), precursora de la Agencia Espacial Europea (ESA), como respuesta del viejo continente.

c) En 1959 en la conferencia titulada *Las Dos Culturas* de C.P. Snow, se denuncia el abismo entre las culturas humanística y científico-técnica. Snow la ofreció en el *Senate House* de Cambridge, bajo la premisa de que la falta de interdisciplinaria y cruces entre las humanidades y las ciencias naturales constituye el principal inconveniente para la búsqueda de soluciones a los problemas mundiales.

d) En los 60's se desarrolló el movimiento contracultural, donde la lucha política contra el sistema vincula su protesta con la tecnología y Comienza a desarrollarse el movimiento pro tecnología alternativa, en el que se reclaman tecnologías amables a la medida del ser humano y se promueve la lucha contra el estado tecnocrático.

e) En 1961 la talidomida (sedante y calmante de nauseas durante los primeros meses de embarazo) es prohibida en Europa después de causar más de 2.500 defectos de nacimiento.

f) En 1962 aparece la publicación de *Silent Spring*, por Rachel Carson, ella se denuncia, entre otras cosas, el impacto ambiental de plaguicidas sintéticos como el DDT. Es el disparador del movimiento ecologista.

g) En 1963 ocurrieron hechos importantes como haberse logrado el Tratado de limitación de pruebas nucleares y acontece los infortunados hundimientos del submarino nuclear USS Thresher, el USS Scorpion (1968), así como por al menos tres submarinos nucleares soviéticos más.

h) En 1966 se estrelló un B-52 con cuatro bombas de hidrógeno cerca de Palomares, Almería, contaminando una amplia área con radiactividad y surge un movimiento de oposición a la propuesta de crear un banco de datos nacional en EE.UU., por parte de profesionales de la informática sobre la base de motivos éticos y políticos.

i) En 1967 el petrolero Torry Canyon sufre un accidente y vierte una gran cantidad de petróleo en las playas del sur de Inglaterra. La contaminación por petróleo se convierte desde entonces en algo común en todo el mundo.

j) En 1968 se vivieron los siguientes hechos: el Papa Pablo VI hace público un rechazo a la contracepción artificial en *Humanae Vitae*, Graves revueltas en EE.UU. contra la Guerra de Vietnam (que, en el caso de la participación norteamericana, incluyó sofisticados métodos bélicos como el uso del napalm) y en mayo de este año se presentan en EE.UU. y Europa protestas generalizadas anti-sistema.

Las anteriores situaciones reflejan el “*síndrome Frankenstein*”, consistente en que la creación se vuelve contra el creador. Por lo que al final de los 60’s y comienzos de los 70’s los estudios sociales de la CyT replantean las relaciones CTSA.

Los estudios CTSA son de carácter crítico y de carácter interdisciplinar, incluye la filosofía y la historia de la ciencia y la tecnología, la sociología del conocimiento científico, la teoría de la educación y la economía del cambio técnico. Los estudios CTSA buscan comprender la dimensión social de la ciencia y la tecnología, tanto desde el punto de vista de sus antecedentes sociales como de sus consecuencias sociales y ambientales y también le concierne las repercusiones éticas, ambientales o culturales (García y otros, 2001).

El aspecto más innovador de este nuevo enfoque se encuentra en la caracterización social de los factores responsables del cambio científico. Se propone en general entender la ciencia y la tecnología, no como un proceso o actividad autónoma que sigue una lógica interna de desarrollo en su funcionamiento óptimo (resultante de la aplicación de un método cognitivo y un código de conducta), sino como un proceso o producto inherentemente social donde los elementos no epistémicos o técnicos (por ejemplo valores morales, convicciones religiosas, intereses profesionales, presiones económicas, etc.) desempeñan un papel decisivo en la génesis y consolidación de las ideas científicas y los artefactos tecnológicos.

Los estudios y programas CTSA se han desarrollado en los siguientes tres campos de aplicación (García y otros, 2001):

a) La investigación: los estudios CTSA son una alternativa a la reflexión académica tradicional sobre la ciencia y la tecnología, propone una nueva visión no esencialista y socialmente contextualizada de la actividad científica.

b) La política pública: los estudios CTSA han defendido la regulación social de la ciencia y la tecnología, promoviendo la creación de diversos mecanismos democráticos y participativos en la toma de decisiones en las políticas científico-tecnológicas.

c) La educación: la nueva imagen de la ciencia y la tecnología en sociedad ha cristalizado la aparición de programas y materias CTSA en enseñanza secundaria y universitaria en muchos países.

2.2.3.1 La tradición europea de los estudios CTSA

La contextualización social del estudio de la ciencia discute el modo como la diversidad de factores influyen en el cambio científico tecnológico. En esta tradición se ubican el Programa Fuerte; el Programa Empírico del Relativismo (EPOR según acrónimo inglés); la Construcción Social de la Tecnología (SCOT según acrónimo inglés); los estudios de laboratorio, la teoría de la red de actores y los estudios de reflexividad.

2.2.3.2 La Construcción Social De Tecnología

El *Social Construction Of Technology (SCOT)* es un programa de investigación derivada de una epistemología evolutiva, supone que el desarrollo tecnológico es un proceso de variación y selección. Esta construcción social considera que la configuración de la tecnología que ha tenido éxito no es la única posible.

El SCOT elabora modelos que explican por qué unas variantes sobreviven y otras perecen. Las variantes aparecen como un proceso claramente social, superando la concepción lineal del progreso científico-tecnológico. Este enfoque investiga cómo se construyen los artefactos tecnológicos por medio de procesos sociales. Un artefacto técnico, por ejemplo, la bicicleta, no se “inventa”, sino que se desarrolla a través de un proceso social en el que grupos sociales de usuarios influyen sobre el posterior desarrollo de los prototipos. Cada artefacto plantea ciertos problemas a sus usuarios, y la solución crea un nuevo artefacto mejor adaptado a sus necesidades.

Desde la concepción tradicional de la tecnología se diría que el desarrollo de la constitución de la bicicleta obedece a una evolución lineal de mejora continua. Pero, fueron las ideas y necesidades que los usuarios aportaron en los cambios introducidos en su diseño. Fueron una serie de grupos sociales de diversos conocimientos y características los que representaron una versión particular de la idea de una buena bicicleta y entre todos aportaron ideas sobre el tamaño relativo de las ruedas, el sistema de frenado, ubicación y diseño del sillín, el sistema de tracción, la forma del cuadro, etc. (García y otros, 2001).

En síntesis, en un determinado contexto histórico y cultural, distintos actores sociales con diferentes intereses y valores verán un problema de formas alternativas, proponiendo distintas soluciones sobre la base de esos intereses y valores. Como resultado de la interacción entre los distintos actores se producirá la selección final de un determinado diseño.

El éxito, en conclusión, no explica por qué tenemos la tecnología que tenemos, puesto que hay distintas formas de entender el éxito y, por tanto, debemos hablar de poder y negociación a la hora de explicar qué tecnología vamos a desarrollar y qué problemas tratamos de resolver mediante la misma.

El objetivo es considerar la variabilidad de la interpretación en los datos en el caso de la ciencia, o la variabilidad en la interpretación de los diseños tecnológicos en el caso de la tecnología. Para ello se estudian las controversias científicas o tecnológicas analizando las diferentes opciones de los grupos sociales relevantes.

2.2.3.3 La traducción norteamericana de estudios CTSA y el EPOR

Se considera una contextualización social del estudio de la ciencia ante lo cual, se recurre a la reflexión ética, al análisis político de las ciencias humanas y la participación ciudadana en las políticas públicas sobre ciencia y tecnología.

La participación pública en políticas de ciencia y tecnología significan un control y regulación social de la ciencia. Los antecedentes catastróficos y los impactos negativos ocasionados por la aplicación de la CyT han hecho que los gobiernos asuman como un desafío a sus poderes y autonomías la inclusión del pueblo en las agendas decisorias con sus propias consideraciones de ciudadanía, valores sociales, ética y bienestar común frente asuntos relacionados con CyT.

El infundado temor de los gobiernos a la participación informada de la ciudadanía es porque la hegemonía científica se desmorona, deja ver a los que supuestamente saben y tienen el conocimiento como a quienes no les importa las consideraciones de la población, las necesidades de la gente, sus condiciones sociales, económicas y políticas. Si la ciudadanía participa en las decisiones sobre CyT se podría ver a la luz pública que la comunidad científica desconocen deliberadamente factores importantes sobre el equilibrio de los ecosistemas, las alteraciones ambientales y su incidencia en la vida tanto a sobre los sistemas orgánicos como sobre la existencia personal y social.

2.2.3.4 *Silogismo CTS: dos tradiciones complementarias*

Las dos tradiciones CTSA, la europea (investigación académica) y la norteamericana (política y educativa), constituyen elementos que se conectan y se complementan consiguiendo una visión crítica de la ciencia y la tecnología, como lo presenta el siguiente resumen llamado “*silogismo CTS*” (García y otros, 2001):

- a) El desarrollo científico-tecnológico es un proceso conformado por factores culturales, políticos y económicos, además de epistémicos. Se trata de valores e intereses que hacen de la ciencia y la tecnología un proceso social.
- b) El cambio científico-tecnológico es un factor determinante que contribuye a modelar nuestras formas de vida y nuestro ordenamiento institucional. Constituye un asunto público de primera magnitud.
- c) Se comparte un compromiso democrático básico.
- d) Se debe promover la evaluación y control social del desarrollo científico-tecnológico, lo cual significa construir las bases educativas para una participación social formada, así como crear los mecanismos institucionales para hacer posible tal participación.

Todavía existen autores que argumentan que las decisiones con respecto a la gestión del riesgo debido a la aplicación del conocimiento científico y la utilización de los artefactos tecnológicos es mejor dejarlas a los expertos. Este argumento tecnócrata excluye al público ante las decisiones de CyT, sostienen que la ciencia es una institución autónoma y objetiva. Además, justifican su exclusión a la participación informada de la ciudadanía argumentando complejidad de las cuestiones, y rapidez de cambios de los problemas y soluciones, el público pierde el tiempo cuando trata de formar parte en la solución de los problemas técnicos. Las elites, argumentan los tecnócratas, toman las decisiones más racionales y adecuadas. Sin embargo, frente a este argumento tecnocrático, hay un buen número de poderosas razones para defender la participación ciudadana en la gestión del cambio científico-tecnológico.

2.2.4 Líneas de investigación del enfoque CTSA

La perspectiva en educación CTSA es contribuir a la formación de estudiantes con valores civiles y de ciudadanía que les propulse a la construcción de condiciones de vida mejores para todos, contribuyendo con la labor de hacerles partícipes a una sociedad informada, activa, responsable y proyectada hacia la solución de problemas sociales y ambientales de ciencia y tecnología.

El movimiento CTS debe solucionar la incompatibilidad teórica que hay entre una educación centrada en el estudiante o centrada en el conocimiento. Aikenhead (2005), se inclina más hacia un pensamiento pragmático, en el cual se preocupe por que el estudiante aprenda a aprender y con lo aprendido sea capaz de utilizarlo para el bien personal y social. Aducir que es mejor preocuparse por el educando, sus valores y sus potencialidades es asumir una postura política, como es el caso de asumir una responsabilidad ante la sociedad en la educación, educar es un acto político.

Según Gallopín, Funtowicz, Connor y Ravetz (2001), investigar en ciencia implica una aventura en un mundo de posibilidades de realidades transformables y sirve para proporcionar una acción social que ayude a la prevención, corrección y atención a los problemas. Lo anterior se deriva de considerar que el conocimiento no es producción acumulativa sino que debería servir como posibilidad de transformación de la realidad y se retroalimenta con el aprender haciendo en contexto.

Con respecto a las sustancias tóxicas para la naturaleza o perjudiciales para la salud humana, Gallopín y otros (2001), consideran que se debe ser restrictivo y al plantear posibles soluciones se debe hacer sin repercusiones a otras instancias. Sostienen que diferenciar entre la ausencia de pruebas de peligro y pruebas de la ausencia de peligro.

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 perspectiva CTSA resalta la necesidad de la participación ciudadana en la toma de decisiones, tanto en la definición de políticas públicas como a la normatividad y el monitoreo, sobre controversias sociocientíficas y ambientales que se presentan como tensiones que resultan de los diversos intereses de agentes de ciencia y tecnología en donde se afecta la dimensión social y ambiental.

Por lo anterior, CTSA plantea la necesidad de ayudar a la construcción de una sociedad científicamente alfabetizada para que así se esté en situación de actuar racionalmente frente a los problemas sociales científicos tecnológicos y ambientales.

2.2.5 Educación CTSA

La nueva educación CTSA va más allá de los nuevos contenidos introducidos, los dos objetivos importantes de la investigación académica CTSA son la contextualización social del conocimiento experto (desmitificación de la ciencia, problematización de la tecnología) y la consecuente promoción de la participación pública en la toma de decisiones relacionadas con la ciencia y la tecnología. Para ello se requiere que el profesor deje de asumirse como metaexperto o como mediador autorizado y privilegiado del conocimiento especialista, y se proponga estimular hacia la participación crítica y creativa de los estudiantes en la organización y desarrollo de la educación.

Los objetivos generales en educación CTSA son transmitir a una diversidad de estudiantes una concienciación crítica e informada sobre ciencia-tecnología, evidenciando los límites ecológicos del desarrollo económico y tecnológico. Se busca reorientar las ciencias sociales y humanidades hacia los aspectos sociales de la ciencia y la tecnología (López, 1998).

Se debe estimular el interés y la participación activa de los estudiantes, tratando de articular la discusión sobre la base de ejemplos concretos; se debe evitar que la educación CTSA se convierta en una exposición analítica de contenidos sin relación con la vida cotidiana, que no sean extensas y tediosas introducciones históricas y exposiciones exegeticas. Como por ejemplo temas como el de las nuevas tecnologías de la información, la energía nuclear y fuentes alternativas de energía, la biotecnología y la reproducción artificial, las teorías y tecnologías de la inteligencia, historia sobre la participación sociocientífica de las mujeres.

La actitud crítica y participativa del estudiantado debería dirigirse entonces a ser más reflexiva y propositiva mediante diversas técnicas didácticas. Es un desafío formulado que requiere apoyo institucional y profesoral. Las cuestiones apropiadas de un tratamiento crítico o interdisciplinar son planteadas centrando la discusión más en las consecuencias que en los antecedentes sociales. El contexto social, la producción de materiales y el conocimiento tecnológico pueden ser apropiados para introducir la dimensión social antecedente del cambio científico-tecnológico.

Los investigadores García y Cauich (2008), proponen desde la interacción CTSA que se debe educar para proveer, a la gente, de conocimientos y capacidades que faciliten su participación, con aptitudes y actitudes de diálogo y negociación, en la toma de decisiones sobre asuntos como: definición de prioridades de investigación, resolución de controversias tecnocientíficas y ambientales, o aspectos relacionados con la salud y el consumo.

Respecto al aprendizaje estudiantil, Aikenhead (2003), deduce que un curriculum de ciencia con base en CTSA produce los siguientes resultados:

- a) Hacer más accesible y relevante para los estudiantes los aspectos humanizantes y culturales de la ciencia y la tecnología.
- b) 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.
- c) Incrementar las capacidades de los estudiantes para comunicarse con asertividad con las comunidades científicas.
- d) Aumentar el compromiso de los estudiantes con la responsabilidad social
- e) Generar interés en aumentar los logros en el aprendizaje de las ciencias.

Además, entre los objetivos de la enseñanza en ciencias están la generación y estimulación de aspectos afectivos del aprendizaje. Esta dimensión afectiva, según Vilches y Furió (1999), se refiere al conjunto de creencias, actitudes y valores que se incentivan en los estudiantes para que desarrollen un interés crítico por la actividad científica, que les permita evaluar las condiciones resultantes del uso y aplicaciones de la ciencia y la tecnología y que les promueva a la acción social de participación ciudadana en la proposición y gestión de soluciones a problemas que les afectan a corto, mediano y largo plazo. Los mismos investigadores consideran que el aprendizaje de los conceptos y procedimientos de las ciencias a través de un enfoque CTSA se desarrolla de manera adecuada a través de la solución de problemas.

García y otros (2001) resumen la clasificación de los diferentes programas de CTSA existentes en educación secundaria en:

- a) Injertos CTSA o introducción de CTSA en los contenidos de las asignaturas de ciencias: se añaden temas tipo CTSA a las asignaturas de ciencias, buscando en los estudiantes ser más conscientes de las implicaciones de la ciencia y la tecnología. Ejemplos de esta línea de trabajo son el *Proyecto SATIS* y el *Harvard Project Physics* en Estados Unidos. El proyecto SATIS, consiste en unidades cortas

CTSA, elaboradas por docentes, que desde 1984 ha publicado más de 100 de estas unidades cuya utilidad principal es complementar los cursos de ciencias. Algunas temáticas son: el uso de la radiactividad, los niños probeta, el reciclaje del aluminio, la lluvia ácida, el sida.

b) Ciencia y tecnología a través de CTSA: se enseña mediante contenidos de las asignaturas de tipo científico o tecnológico con orientación CTSA. Esta estructuración se puede implementar por disciplinas aisladas, en cursos pluridisciplinarios o en proyectos pedagógicos interdisciplinarios. El primer caso fue el programa holandés PLON (*Project Leerpakket Ontwikkeling Natuurkunde* - Proyecto de Desarrollo Curricular en Física). Se trata de un conjunto de unidades de problemas básicos dirigidos a diversos roles del estudiante, como consumidor, como ciudadano, como profesional. Se busca estructurar una racionalización contextualizada sobre ciencia y tecnología necesaria para que el estudiante esté capacitado para entender un artefacto, tomar una decisión informada o entender un punto de vista sobre un problema social relacionado con el uso o aplicación de la ciencia o la tecnología.

c) CTSA pura: en esta enseñanza el contenido científico juega un papel secundario, se incluye para enriquecer la explicación de los contenidos CTSA, las referencias a los temas científicos o tecnológicos se mencionan pero no se explican. El programa más representativo de CTSA pura es el proyecto SISCON (Ciencia en Contexto Social), usa la historia de la ciencia y la sociología de la ciencia y la tecnología para mostrar cómo se han abordado en el pasado cuestiones sociales relacionadas con CyT.

El proyecto PLON utiliza unidades didácticas para el curso de física en el que el estudiante se asume no solo como consumidor de ciencia y tecnología sino también como participante de una sociedad (Vilches, 1999). También en Holanda se surgió en 1986 el proyecto NMEVO (Environmental Education in Secondary Schools), sus cursos tratan de buscar alternativas de solución a problemas ambientales relacionados con la ciencia, considerando sus implicaciones sociales y éticas.

El programa APQUA (Aprendizaje de los Productos Químicos, sus usos y aplicaciones) de California (EE.UU.), se basa en aspectos CTSA de la química, contenidos, procesos y habilidades para que los estudiantes puedan tomar decisiones sobre temas relacionados con los productos químicos y su impacto sobre las personas y el medio. El proyecto británico *Advanced Chemistry Salters*, elaborado por el *Science Educational Group* de la Universidad de York, diseñado para estudiantes de 17 y 18 años, comprende las aplicaciones de la química en la vida diaria y sus implicaciones sociales. Estos programas también han sido adaptados en diferentes países como España para luego pasar a Latinoamérica.

Al presentar temas sociales de actualidad y relacionarlos con los productos químicos, se proporciona al estudiantado el conocimiento, la comprensión y las habilidades necesarias para que puedan tomar más efectivamente sus decisiones, y participar activamente como miembros de una sociedad libre y democrática. De este modo se mejora el interés del estudiante por aprender ciencia y sobre ciencia, se promueve una conciencia social y se fomenta el sentido de la responsabilidad ciudadana. Los inconvenientes que se pueden presentar en estos procesos de enseñanza aprendizaje son de índole docente, sus paradigmas, su planificación didáctica, sus fronteras disciplinares, su imagen de CyT, su epistemología; así como sus brechas conceptuales entre lo científico y lo social. Un factor importante en este proyecto es la motivación del alumno y el estímulo de vocaciones en ciencias.

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

El conocimiento científico tecnológico constituye uno de los principales factores del cambio social y que el acceso diferencial a este conocimiento es una fuente de desigualdades sociales al interior de cada país y en el mundo. Por lo que el acceso al conocimiento científico y tecnológico es reconocido como un derecho que corresponde legítimamente a todas las personas.

2.2.5.1 La naturaleza de la educación CTSA.

Se requiere repensar constantemente la educación científica, precisar y reformular los objetivos y contenidos CTSA con el cambio de los tiempos, los contextos, la historia, las necesidades e intereses. En este sentido, un grupo de trabajo de la Asociación de Sociología de la Educación (ASE) en 1984 publicó una reflexión propuesta a los maestros sobre la socialización de sus propios puntos de vista e indagación sobre sus prácticas educativas. El grupo apoya el movimiento CTSA y planteó tres preguntas a los profesores para considerarlas sobre su práctica próxima:

- a) ¿Qué imagen de ciencia deberían transmitir los cursos de la escuela, sobre cuestiones científicas controversiales para que provean las respuestas?
- b) ¿Dónde se debería centrar el plan de estudios, en los estudiantes y sus necesidades o en visión del profesor y de la estructura de la asignatura?
- c) ¿Qué tipo de interacciones sociales deben ser incluidos en el plan de estudios de la ciencia, los problemas sociales de aplicaciones de la ciencia o la ciencia pura?

Aikenhead (2005) utiliza una tipología de evaluación asumiendo que tienen un efecto significativo en la ejecución de los cursos. Por ejemplo, SATIS es visto como un ejemplo de “infusión casual del contenido CTS”, donde el equilibrio de la evaluación en un curso es típicamente 95% la ciencia y 5% CTSA. Sólo en dos proyectos del Reino Unido la evaluación CTSA se hizo sobre contenidos significativos: SISCON en la escuela con un 80% en CTSA; quedando el resto como evaluación de la ciencia pura, es decir contenidos CTSA.

Solomon (1993) reconoce la dificultad en definir educación CTSA pero indica las características CTS especiales dentro de la educación científica como:

- a) La comprensión de las amenazas globales al medio ambiente y a la calidad de vida.
- b) Los aspectos económicos e industriales de la tecnología.
- c) La comprensión de la naturaleza falible de la ciencia.
- d) Discusión de opinión y valores personales, así como la acción democrática.
- e) Una dimensión multicultural.

2.2.5.2 CTSA como añadido curricular.

Consiste en completar el currículo tradicional con una materia de CTS pura, bajo la forma de asignatura optativa u obligatoria. Se trata de introducir al estudiante en los problemas sociales, ambientales, éticos, culturales, etc., planteados por la ciencia y la tecnología a través de un curso. Cuando CTS se constituye como una materia común para estudiantes de diversas especialidades con contenidos no técnicos, hace que los profesores de humanidades y ciencias sociales, enfatizan en los aspectos filosóficos, históricos, sociológicos, etc., de las relaciones ciencia-sociedad.

El material docente para educación CTS está estructurado modularmente a partir de unidades cortas CTS que proporcionen una mayor flexibilidad al profesorado, como es el caso de las unidades británicas *SISCON in Schools*, que son una adaptación en secundaria de las unidades universitarias *SISCON (Science in Social Context)*. Estas unidades contienen temas clásicos relacionados con la interacción ciencia tecnología sociedad, como por ejemplo, la imagen pública de la ciencia, la bomba atómica, los problemas de la superpoblación o la destrucción de recursos no renovables, la neutralidad de la ciencia, la revolución copernicana, la evaluación de tecnologías, las repercusiones sociales de la biología, la dimensión económica del desarrollo científico tecnológico, etc.

En la educación secundaria, SISCON es un proyecto que usa la historia de la ciencia y la sociología de la ciencia y la tecnología para mostrar cómo se han abordado en el pasado cuestiones sociales vinculadas a la ciencia y la tecnología, o como se ha llegado a cierta situación problemática en el presente; como lo son las preocupaciones nucleares de la posguerra. Fue entonces cuando se vio un incentivo para el desarrollo de la misión CTS. Los "científicos atómicos" que habían trabajado en Los Álamos establecieron su famoso 'Boletín', que todavía se publica, para difundir el conocimiento y el debate sobre la amenaza de una guerra nuclear.

Una muestra bastante original de educación CTS se dio en la Universidad de Leeds (Inglaterra) cuando el Dr. Bill Williams alquiló un vagón de tren vacío y lo decoró con materiales educativos para enseñar al público con un grupo de jóvenes científicos sobre la fisión nuclear y la radiactividad. Viajaron por todo el país enseñando al público para que las personas puedan ejercer sus poderes democráticos con respecto a la política sobre la guerra nuclear y las pruebas de bombas nucleares. Algunos años más tarde, este grupo, y otros del sector politécnico y universitario, comenzaron a escribir material didáctico que podían intercambiar y utilizar con sus alumnos. En 1970 el grupo solicitó y recibió fondos suficientes de Leverhulme para iniciar la organización llamada Ciencia sobre un Contexto Social o SISCON. Dentro de estos materiales didácticos SISCON se encuentran temas como los límites del crecimiento, la bomba atómica y la ciencia, la tecnología y el mundo moderno (Ratcliffe, 2001).

Las aplicaciones tecnológicas eran prominentes en todos los materiales SATIS, culminando en el proyecto con el menor impacto, Ciencias con Tecnología. Estos materiales, diseñados deliberadamente para cerrar la brecha entre la ciencia y profesores de tecnología y programas de estudio, se centró en las aplicaciones se encuentran comúnmente en el plan de estudios de la tecnología. No tenían gran aceptación por las escuelas, debido a que la integración entre las disciplinas sigue siendo difícil: la ciencia y la tecnología de los planes de estudios son aún demasiado independientes (Ratcliffe, 2001).

2.2.5.3 CTSA como añadido de materias.

Consiste en concebir CTSA como eje transversal que atraviesa las asignaturas de ciencias, añadiendo contenidos CTSA al final o en medio de los contenidos científicos como se hace en el sistema de enseñanza media española. El tipo de material docente apropiado para esta modalidad educativa es el de las unidades cortas CTSA con una guía para el profesor. Este es el caso de proyectos como “Ciencia a través de Europa” y la experiencia clásica de las unidades SATIS (*Science and Technology in Society*), 370 unidades cortas desarrolladas en el Reino Unido por profesores de ciencias para los grupos de edad 8-14, 14-16 y 16-19 años (López, 1998).

Algunos ejemplos de unidades SATIS 14-16 años son:

- a) ¿Qué hay en nuestros alimentos? Una mirada a sus etiquetas.
- b) Beber alcohol.
- c) El uso de la radiactividad.
- d) Los niños probeta.
- e) Gafas y lentes de contacto.
- f) Productos químicos derivados de la sal.
- g) El reciclaje del aluminio.
- h) La etiqueta al dorso: una mirada a las fibras textiles.
- i) La lluvia ácida.
- j) SIDA.
- k) 220 V. pueden matar.

El objetivo general de esta modalidad educativa es concienciar a los estudiantes sobre las consecuencias sociales y ambientales de la ciencia y la tecnología. Su ventaja más llamativa es que hace más interesantes los temas puramente científicos y, por ello, proporciona un estímulo importante para el estudio de la ciencia y la formación de vocaciones.

Un ejemplo clásico es el programa PLON, en el que se presentan los conceptos y contenidos tradicionales de la física y se plantea la discusión de problemas científico tecnológicos con relevancia social. Algunos ejemplos de unidades PLON 13-17 años, a las que acompaña una guía del profesor, son:

- a) Hielo, agua, vapor.
- b) Puentes.
- c) Agua para Tanzania.
- d) La energía en nuestros hogares.
- e) Tráfico y seguridad.
- f) Calentando y aislando.
- g) Máquinas y energía.
- h) Armas nucleares y seguridad.
- i) Radiaciones ionizantes.

En estos estudios, no se ha visto aumento en el desinterés y el escepticismo en los estudiantes respecto a las ciencias, se ha evidenciado una mejora en la creatividad y en la comprensión de conceptos científicos, así como una mayor inclinación hacia el aprendizaje de la ciencia. La crítica social no produce menosprecio sino más bien interés y compromiso estudiantil (López, 1998).

2.2.5.4 El caso de España

La materia CTSA ha sido propuesta como optativa por el Ministerio de Educación y Cultura en el bachillerato LOGSE (16-18 años) y se ha añadido transversal en ciencias de la ESO (14-16 años). Este hecho ha generado movimientos de docentes y reorganización de programas, ha aumentado de modo exponencial la cantidad de investigadores en CTSA y fortalecido los cimientos de una estructuración CTSA en educación. La asignatura CTSA en España se divide oficialmente en cinco bloques:

a) Perspectiva histórica ciencia, técnica y tecnología: se abordan el origen del pensamiento científico, el papel de la tecnología en la revolución industrial y el papel de la técnica en el proceso de hominización.

b) Sistema tecnológico: trata de su conocimiento, recursos técnicos, capital y contexto social.

c) Repercusiones sociales del desarrollo científico y técnico: se centra en las consecuencias sociales y ambientales del desarrollo científico-tecnológico; económicas, demográficas, reducción de la biodiversidad, etc.

d) Control social de la actividad científica y tecnológica: considera los problemas de la regulación pública del cambio científico-tecnológico como la evaluación de tecnologías o el control de mercado.

e) Desarrollo científico y tecnológico: se plantean reflexiones filosóficas, problemas éticos y estéticos sobre la moderna «cultura tecnológica».

2.2.5.5 Tipos de evaluación

Con las preguntas en las evaluaciones normalmente se espera que los estudiantes interpreten un pasaje a la luz de su experiencia de las ideas sobre el curso. Los exámenes previos incluyen preguntas de tipo abierto reflejando los distintos puntos de vistas en los educandos.

Desmitificar no es descalificar o devaluar, sino ubicar las cosas en donde les corresponde; es mostrar las limitaciones y servidumbres de la ciencia y tecnología, ni más ni menos que como cualquier otra actividad humana, esta consideración resulta mejor tanto para la sociedad como también para la ciencia (López, 1998).

El enfoque CTSA en el ámbito educativo está fundamentado en formar a los estudiantes en una comprensión de la naturaleza de la ciencia en su contexto social, cultural, histórico, económico, político, ético; y en la consecución del aprendizaje de conceptos y de procesos

científicos. Ambos desempeños científicos académicos logrados en los estudiantes, de acuerdo a las aseveraciones de Hodson (2013), forman ciudadanía participativa y responsable en los educandos, que es el otro alcance de este enfoque en la educación.

La enseñanza desde una óptica CTSA hace énfasis en el impacto social y ambiental causado por ciencia y la tecnología, ante lo cual el estudiante aprenderá a proponer soluciones a las problemáticas, a reflexionar críticamente y a tomar decisiones a partir de consideraciones tanto tecnocientíficas, como éticas y morales. Ante lo cual, agrega Hodson, la educación en CTSA debería optimizar el poder pedagógico del discurso, la argumentación razonada, las consideraciones explícitas sobre la naturaleza de la ciencia (NdC), las conexiones emotivas de desarrollo cultural o epistemológico.

Educar es un acto político, como lo dice Aikenhead (2003) cuando plantea que la educación con enfoque CTS propone una educación política que prepara para la acción social, buscando reevaluar la cultura occidental y el papel de la ciencia escolar en la transformación de la misma sociedad. Para lo cual se ve obligada a incluir interdisciplinariamente todos los saberes en la búsqueda de soluciones a problemas globales; demandando además, una preparación vocacional y tecnocientífica. La interdisciplinaria en la enseñanza en ciencia es necesaria para proponer soluciones efectivas a los problemas de todos. La educación en CTS puede llegar a cambiar la sociedad por la planeada, la anhelada.

En cuanto a la participación ciudadana Hodson (2013), agrega que la probabilidad de que los estudiantes se formen como ciudadanos activos aumenta si se les anima a que accionen en condiciones favorables, y se enseñan ejemplos de acciones exitosas o intervenciones realizadas por otros. Una cuestión clave en la preparación para la acción incluye identificar las posibilidades de acción, evaluar su viabilidad y pertinencia, determinar limitaciones y obstáculos, resolver los desacuerdos entre los participantes, analizar las acciones llevadas a cabo por otros y establecer prioridades en acciones que se requieren con más prontitud que otras. Este

modo de intervenir en la realidad circundante a partir de la interacción con el conocimiento se puede considerar desde el punto de vista de sus resultados que se presenta en la figura 1:



Figura 1. Resultados obtenidos a partir de la educación CTSA.

2.3 Las Cuestiones Socio Científicas (CSC) en la Enseñanza de las Ciencias

Inicialmente se utilizaron los términos en inglés *Socioscientific issues (SSI)*, traducido como cuestiones sociocientíficas, para referirse a la idea de una disyuntiva, conflicto o controversia generada a partir de interacciones entre la sociedad y usos de la ciencia o tecnológicas. Esta significación de términos es concretada por Sadler (2004), definiendo que las CSC representan un dilema social complejo basado en la aplicación de la ciencia y su práctica, son cuestiones sociales controvertidas con nexos conceptuales y/o de procedimientos de la ciencia; son polémicas, representan problemas que carecen de soluciones simples y directas, son de interés público y constantemente son divulgadas o expuestas por los medios de comunicación. Algunos ejemplos de CSC se encuentran en el cambio climático, los alimentos transgénicos, la generación de energías, el armamentismo nuclear, la extracción de recursos naturales, etc.

Revisando la historia, nos damos cuenta que las CSC emergen en los primeros años del presente siglo con la finalidad de mejorar los procesos de enseñanza de las Ciencias. Se presentó como un aporte teórico a la perspectiva CTSA que a través de su transcurrir presenta cuatro fases: origen, desarrollo, consolidación y ampliación. El origen estuvo inspirado por la apropiación mecánica del conocimiento de parte de los futuros profesionales en ciencias y tecnología, debido a que la formación ciudadana no correspondía al área de ciencia y tecnología, pues, se estaba en una tecnocracia bajo el mando de intereses económicos y gubernamentales. Cuando empezó el movimiento CTSA (finales de los 60's), el conocimiento se encontraba fragmentado por áreas y disciplinas que no se relacionaban entre sí, se consideraban por separado (Martínez y Parga, 2013).

Martínez (2014) relaciona la educación con enfoque CTSA y el abordaje de CSC aduciendo que en la última etapa del proceso de evolución de la perspectiva CTSA, que es la de ampliación, emergen las CSC abordadas como partes del propio campo CTSA. Esta relación se basa en que ambos campos tienen objetivos comunes referidos principalmente a la formación ciudadana, a la comprensión de la naturaleza de la ciencia y tecnología a la alfabetización científica y al tratamiento de dilemas éticos y morales.

A diferencia de esto, Zeidler y otros (2005), sostienen que el abordaje de CSC constituye un nuevo movimiento académico que busca mejorar el aprendizaje en los estudiantes a partir del estudio de cuestiones controvertidas con fundamentos científicos que contienen principios morales, virtudes y valores relacionados con su propia vida (Martínez, 2014).

Los trabajos descritos en la investigación de Martínez (2014) evidencian el abordaje de CSC en la enseñanza de las ciencias con enfoque CTSA. En dichos trabajos se enuncian los aportes del abordaje de CSC a la formación ciudadana en estudiantes y pedagógica-didáctica en profesores. Este mismo autor resalta que en estos trabajos se presentan controversias relevantes en la historia de la Química, la Física y la Biología, y que, estas controversias pueden abordarse en el aula para que los estudiantes comprendan mejor las características sociales de la ciencia. También, se ha conseguido con la emergencia de las CSC en el tratamiento social de la ciencia y

tecnología potenciar la argumentación en la toma de decisiones que incluyen asuntos éticos y juicios de valor. Igualmente, al usar dicho abordaje CSC se consideran casos específicos de la ciencia y la tecnología, en los que se tratan dilemas morales. Esto se hace para posibilitar una discusión activa de los estudiantes en la que puedan defender sus posiciones y al mismo tiempo construir a partir de dichas discusiones principios básicos de ética y virtud. Las experiencias desarrolladas bajo esta perspectiva han centrado la atención en problemas socioambientales próximos a las escuelas, de tal manera que los estudiantes desarrollen acciones y actitudes inmediatas de reflexión y cambio social (Martínez, 2014).

Investigadores en educación han identificado que las CSC desempeñan un papel sumamente importante cuando se implementan en los procesos de enseñanza y aprendizaje como material aplicado al estudio, porque estas resaltan su carácter dubitativo, polémico, controversial, que amerita su comprensión y tratamiento desde lo tecnocientífico en correspondencia con los aspectos sociales y ambientales implicados.

Las CSC requieren su dilucidación, interpretación y predicción a partir de conocimientos científicos, consideración de aspectos sociales, filosóficos, económicos, políticos, culturales, éticos y morales. Por estas razones, diversos investigadores sociales de la ciencia sugieren que se incluya en el currículum de ciencias las CSC para contribuir al desarrollo intelectual y formación integral del estudiante; y, a su vez, ayudan a informar a la pedagogía en la educación científica la necesidad de promover la alfabetización científica funcional y propender por alcanzar virtudes morales de valoración por la equidad y la justicia para todos; como lo sustentan Zeidler y otros (2004). Estos investigadores enmarcan la enseñanza con CSC dentro de cuatro áreas de importancia pedagógica: la naturaleza de las cuestiones científicas, las cuestiones discursivas en el aula, las cuestiones culturales, y cuestiones basadas en casos.

Además, el concepto de cuestión rescata la parte emotiva del estudiantado, como dicen Zeidler y otros; los estudiantes son agentes morales que interactúan con sus contextos vivenciales y experiencias en el aula. 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.

Cuando las CSC son tratadas en la escuela contribuyen a que el educando construya conocimiento a partir de una posición dialógica con la ciencia y la sociedad, comunique sus ideas, aprenda a aprender, desarrolle un pensamiento crítico-reflexivo, alcance competencias argumentativas y ciudadanas, tome decisiones y proponga soluciones. Estos resultados pueden lograrse a partir del ejercicio de la argumentación sociocientífica como lo expone la profesora María Pilar Jiménez Aleixandre en su libro *“10 Ideas clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas”*, definiendo la argumentación como la capacidad de sustentar enunciados con base en pruebas (Jiménez Aleixandre, 2015).

En sintonía con el modelo educativo por competencias a nivel nacional, Jiménez (2010) plantea que el ejercicio de la competencia argumentativa en CSC propicia el pensamiento crítico y a aprender sobre ciencia, poniendo en relación lo disciplinario, la realidad social y la moral. Añade la autora, que las CSC sirven para aprender sobre la ciencia entendiéndola como una construcción social, con limitaciones, involucra diversas disciplinas y no está exenta de intereses y valores.

La pregunta ¿qué caracteriza a la argumentación en cuestiones sociocientíficas? es respondida por Jiménez Aleixandre (2010) en su séptima idea clave: la argumentación implica un debate social en un contexto de toma de decisiones ante problemáticas ambientales, de salud, o de cuestiones que conecten las clases de ciencias con problemas que se presentan en la vida diaria. En este sentido, el espectro de argumentos va desde cuestiones puramente disciplinarias hasta cuestiones cargadas de valores y moral.

La argumentación sociocientífica también ha sido investigada en temáticas referidas a cuestiones genéticas, cuestiones ambientales locales y calentamiento global (Sadler, 2004). Con esto la educación en ciencias busca enseñar y aprender sus temáticas partiendo de situaciones próximas a la vida de los estudiantes, planteadas como CSC que amerita ser abordada, tratada a partir de la argumentación, de la justificación de la aplicabilidad de la ingeniería genética, para lo cual se debe estar suficientemente informado e inclusive conocer del tema.

Emprender procesos de enseñanza aprendizaje con la implementación de las CSC propicia el establecimiento de relaciones entre el conocimiento de contenidos científicos y la construcción de argumentos lógicos, convincentes y justificables. Sadler sostiene la idea de que los individuos dependen de su entendimiento científico para analizar y justificar sus posiciones. La argumentación sobre asuntos sociocientíficos de la vida diaria de los estudiantes permite la transferencia de conocimientos a contextos reales e imperativos.

Sadler (2004) concluye que se ha comprobado que la educación con las CSC sirven como un medio para mejorar las habilidades para participar de discusiones, debates, reflexiones relacionadas con temas de ciencia y sociedad auténticos. Puede resultar un limitante pensar en que los estudiantes no pueden desarrollar estructuras sofisticadas de conocimientos requeridos para una argumentación con calidad y con varias justificaciones, debido a la poca disponibilidad de tiempo y de recursos. En cambio, resulta efectivo considerar las CSC como contextos para el aprendizaje de ciencias y dedicar el tiempo de instrucción y los recursos necesarios para que los estudiantes desarrollen conocimientos en contenidos científicos y aplicaciones sociocientíficas.

Trascendiendo lo académico, las incursiones en CSC sirven para incorporar competencias ciudadanas como lo sustentan Martínez y Parga (2013), cuando plantean que los trabajos sobre CSC conllevan en sí mismos una propuesta importante de formación ciudadana con respecto a las ciencias como actividad humana con múltiples controversias e incertidumbres, con temas polémicos relacionados con CyT que requieren de la manipulación real de los ciudadanos para su determinación. Aunque tal participación real todavía sea un ideal, se debe formar a las personas para su empoderamiento en ciudadanía responsable.

Algunas temáticas de interés de estudio que pueden ser tratadas como CSC son: transgénicos, clonación, uso de células troncales embrionarias, terapia génica, cambio climático, armas nucleares, genoma humano, producción y utilización de medicamentos, cosméticos, experimentación con animales, explotación minera, fertilización en vitro, uso de productos químicos, etc.

La humanización de la ciencia es tratada a partir del trabajo con CSC porque abarcan problemas sociales que requiere de un diálogo fructífero entre saberes científicos y saberes humanísticos. En contraste a este diálogo, se debe superar la falta de alineación de intereses ambientales, sociales, políticos y económicos, por lo que se generan debates y argumentos en la comunidad, y por lo tanto controversias, que al ser identificadas y trabajadas por estudiantes y profesores se pueden constituir en los temas de enseñanza. Esto puede favorecer el desarrollo de concepciones dinámicas sobre la ciencia, en términos de entenderla como un emprendimiento humano que evoluciona permanentemente a la luz de controversias sociales.

Estas investigaciones mencionadas muestran lo importante que es trabajar con las CSC en clases de ciencias, en la medida que posibilitan el análisis social y tecnológico del conocimiento científico, al igual que contribuyen al desarrollo de capacidades de participación responsable de los estudiantes en debates actuales de CyT. A la vez abarca grandes posibilidades para el desarrollo de procesos argumentativos en los estudiantes, así como el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico.

Se puede decir, que las decisiones tomadas alrededor de tales cuestiones abarcan implicaciones éticas y morales en la medida en que pueden llevar a juicios de acciones como correctas o incorrectas, a la luz de principios universales tales como la prevención, justicia, la equidad, el bienestar común.

El trabajo en el aula de clases con las CSC es bastante provechoso no sólo por la promoción del conocimiento sobre los contenidos, los procesos y la naturaleza de la ciencia y la tecnología, sino también por el potencial educativo de este tipo de interacción en el desarrollo cognitivo, social, político y ético en los estudiantes y del profesorado (Martínez y Parga, 2013).

De acuerdo con Zeidler, Sadler, Simmons y Howes (2005), la educación con enfoque CTSA se diferencia de la educación con CSC en que mientras la primera aumenta el interés de los estudiantes en la ciencia mediante la aplicación del aprendizaje de contenidos de ciencia en un contexto social, la segunda tiene como objetivo estimular y promover el desarrollo individual intelectual en la moral y la ética, así como la conciencia de la interdependencia entre ciencia y sociedad.

La educación con CSC tiene entre sus objetivos, considerar los asuntos éticos y construir juicios morales sobre cuestiones de ciencia a través de la interacción social y el discurso informado. Algunas investigaciones recientes en el área de las CSC han proporcionado vínculos teóricos y conceptuales entre los factores claves psicológicos, sociológicos y de desarrollo asociados con la educación con CSC. Se tiene la idea que las CSC, por tratar con problemas y dilemas científicos controvertidos, influyen en el crecimiento intelectual de los individuos en los ámbitos personales y sociales.

A partir de una enseñanza con CSC se recomienda que los educadores en ciencias cultiven la moralidad de los estudiantes para lograr una visión "funcional" de la cultura científica. En la que se debe desarrollar un marco conceptual coherente y lo suficientemente flexible como para permitir múltiples perspectivas a la vez que permite a educadores y a formuladores del currículum entender mejor el crecimiento moral del estudiante.

Con respecto a este ámbito educativo Zeidler (2013) asevera que la implementación de las CSC proporciona a investigadores y educadores un modo efectivo para estudiar diversos

fenómenos sociales en relación con la ciencia o sus aplicaciones, y además; es más motivador cuando las CSC hacen parte de la vida real. De este modo, las CSC pueden participar del mismo quehacer de la ciencia, fomentar el razonamiento basado en la evidencia, lograr una comprensión de la naturaleza de la ciencia, facilitar la alfabetización científica, fomentar un sentido ético y carácter armónico entre el mundo social y natural. Las CSC proporcionan una base para plantear preguntas viables sobre la naturaleza de la identidad científica y lo que esto significa para ser alfabetización científica en un mundo pluralista.

A nivel educativo es necesario saber lo que significa pensar de modo científicamente responsable, se requiere pensar globalmente y actuar localmente teniendo en cuenta que las palabras y los hechos tienen implicaciones a nivel global. En medio de tantas visiones sobre el mundo, aunque es difícil definir lo que es pensar responsablemente, significa un desafío del mundo académico y es una necesidad planetaria de calidad y bienestar del mundo social, biológico y físico. Se requiere para ello una visión común de sostenibilidad y el alcance de una comprensión pública de la ciencia, lo cual conlleva como requisito previo una formación de conciencia individual y colectiva que logre la construcción de un sentido de comunidad, de tejido social, tanto en científicos como en profesores de ciencias.

La justificación de las CSC en los procesos de enseñanza aprendizaje está en que busca que los estudiantes establezcan juicios informados que les sirve para tomar decisiones responsables y que para ello no se requiere solamente del conocimiento científico que se tenga sobre la cuestión, ni de la cultura científica desarrollada, sino que depende de la sensibilidad por el factor humanístico de todos los eventos, especialmente a las familias considerándolas como la primera comunidad. De este modo, las CSC cultivan valores de justicia social y moral por el bien común; ya que se pueden hacer consideraciones integrales en que participe la ciencia de manera humanizante fortaleciendo la construcción de una sociedad más digna para todos. Se puede decir entonces, que se pueden tener las mejores intenciones de desarrollo social a partir de la ciencia, pero si no se tiene el conocimiento, poco se puede hacer.

Esta necesidad de conocimiento tecnocientífico básico para solucionar problemas sociales y ambientales del diario vivir ha hecho de la alfabetización científica una meta educativa relevante. Como pertenecientes a una sociedad democrática, los estudiantes tienen la necesidad de interpretar en contexto, tomar decisiones y promover su punto de vista sobre asuntos sociocientíficos que les son pertinentes. La calidad y adecuación de tales interpretaciones y decisiones dependen en parte del conocimiento general previo incluyendo el conocimiento de la naturaleza de la ciencia (NdC) y del conocimiento científico (Kolstø, 2001).

Es por esto que, en los procesos de enseñanza aprendizaje de la ciencia en la escuela y para la ciudadanía en general se debe considerar la NdC como un factor primordial que tiene en cuenta a la ciencia como un proceso social, con sus limitaciones, sus valores e intereses y su actitud crítica (Kolstø, 2001).

La ciencia como constructo social implica la proposición de métodos y por ende la obtención de resultados que dependen del método. Desde esta misma perspectiva, la ciencia contiene aspectos sociales, históricos, filosóficos, políticos y psicológicos de los miembros de la comunidad científica. Así mismo, la ciencia contempla los dominios y propósitos de la actividad científica. Desde esta misma óptica, las limitaciones de la ciencia incluye la relación entre el conocimiento científico y los juicios de valor y entre ciencia y política. Esta relación es crucial cuando se trata con CSC para discernir sobre el conocimiento de la naturaleza de los modelos científicos. Esto indica que la relación entre el dominio científico y los fenómenos del mundo material debe estar presente en las discusiones realizadas con los estudiantes.

Si se quiere establecer una base más sostenible para la educación de futuros científicos y ciudadanos, se debe considerar a la ciencia como uno de los varios dominios sociales relevantes para la toma de decisiones acerca de asuntos sociocientíficos. Aunque los valores constituyen una parte intrínseca de la ciencia, se debe tener en cuenta hasta qué grado los valores contextuales se insertan en la ciencia. Los valores constitutivos y contextuales tienen relevancia para la interpretación de los enunciados científicos y de la información relativa a cuestiones sociocientíficas. Inclusive, los criterios para determinar una prueba o evidencia son parte de los

valores constitutivos de la ciencia, que es importante tener en cuenta en cualquier exploración de CSC. Esto es importante ya que, en muchos casos, sólo se considera la evidencia estadística como prueba empírica de relevancia para el planteamiento de relaciones causales.

Igualmente, se debe desarrollar una actitud crítica y la argumentativa en la clase de ciencias ya que son vitales para que los estudiantes consigan una visión holística sobre las afirmaciones que son importantes sobre todo en una sociedad democrática. Con ello se busca que los estudiantes formen sus propias opiniones y tomen las decisiones sobre la mejor base posible. Por lo tanto, es importante que tanto los científicos potenciales como los legos en la ciencia, sean entrenados en la sustentación de las ideas y desarrollen una actitud crítica hacia la información. Así las reivindicaciones realizadas a través del conocimiento científico y las líneas de argumentación que se usen al enseñarlo deben trascender el contenido temático en el marco de una educación científica útil para la ciudadanía en general (Kolstø, 2001).

En conclusión, la alfabetización científica es un requisito previo a la toma de decisiones responsables, aunque no es una condición suficiente para este tipo de decisiones que se produzca. La construcción de una cultura científica debe estar orientada sobre consideraciones éticas y morales para humanice la ciencia y asigne científicidad al sentido de comunidad. La alfabetización científica debe ir acompañada del desarrollo de un carácter moral. Tiene que ver con la virtud de ser consciente que nuestras palabras y acciones tienen impacto en el entorno bio-físico-social. Debemos saber que la vida de cada uno tiene conexión e impacto con las demás vidas en el planeta y con la demás materia.

Zeidler (2013) también plantea, que las CSC ofrecen un enfoque sociocultural para aprender acerca de la ciencia y puede conducir a un sentido funcional de una alfabetización científica para todos. En consonancia con este planteamiento, en el marco de la enseñanza con CSC se plantean cuatro cuestiones pedagógicas sobre la cuales se hace investigación:

- a) Las CSC como objeto de investigación en el aula.
- b) Las CSC como desarrollo epistemológico, reflexivo, discursivo y argumentativo.

- c) Las CSC como contexto para la Naturaleza de la Ciencia.
- d) Las CSC como estrategia para desarrollar carácter moral y responsabilidad ciudadana.

El objetivo de estas áreas de las CSC es proporcionar a educadores e investigadores una comprensión temática de cómo estas áreas son a la vez fundamentales e interdependientes, y además, abordan la moralidad. Estas clases de cuestiones consisten en:

a) La investigación en el aula muestra lo diferente que pueden ser los puntos de vista epistemológicos que influyen en la manera en la que los estudiantes aprenden y responden las evaluaciones, y se considera que tienen que ver con sus puntos de vista ante la enseñanza con CSC. Su importancia radica no tanto en que las futuras generaciones de estudiantes pueden ser capaces de articular el significado de la NdC y describir sus atributos relevantes, sino más bien que la comprensión de la NdC puede beneficiarlos en la evaluación de la eficacia de muchos tipos de reclamos científicos o de otro tipo, basados en el mérito de la aplicabilidad en la vida cotidiana.

b) Las cuestiones discursivas en el aula dirigen la atención a cómo los estudiantes construyen argumentos y utilizan un razonamiento falaz, y permite considerar cómo las convicciones de creencias previas influyen emocionalmente en las respuestas, los compromisos de principio, o posturas sobre cuestiones morales. La utilización de historias basadas en dilemas es una manera atractiva para la introducción de las CSC, de esta forma se promueven habilidades racionales, sociales y emocionales de los estudiantes, así como la práctica de la auto-reflexión crítica respecto a su valor personal y sistemas de creencias.

c) La Naturaleza de la Ciencia en educación considera a los estudiantes como agentes morales en interacción con sus propios entornos naturales, culturales y tecnológicos, por lo tanto; incentiva el desarrollo ético y moral de los estudiantes. En

la enseñanza con CSC se aprecia la importancia de la emoción, pues el interés está en relación con la empatía y la dedicación al estudio con las CSC. También se reconoce que la cultura da forma a la identidad, ella influye en la perspectiva de una visión del mundo que tiene un pueblo. La relación entre identidad cultural y la ciencia, es que puede formar una identidad personal como influenciada por el contexto (por ejemplo: clase, familia, grupo étnico).

d) Las cuestiones basadas en casos permiten a los educadores en ciencias ir más allá del currículo CTS y cultivar hábitos mentales que promueven la conciencia ética y compromiso de emitir la resolución y la sensibilidad moral de escuchar las voces disidentes mediante el examen de cómo el poder y la autoridad están incrustadas en las empresas científicas.

Con las CSC se busca estimular y desarrollar habilidades de razonamiento moral de los estudiantes, entonces se debe proporcionar a los estudiantes diversas oportunidades para conseguir y perfeccionar esas habilidades, buscando con ello, aumentar su conocimiento de la ciencia y al mismo tiempo el desarrollo de su pensamiento crítico y habilidades de razonamiento moral (Zeidler y otros, 2005). Estos autores proponen un modelo empírico de logros en la enseñanza y atributos procedimentales alcanzables a partir de decisiones morales en contextos reales consistentes en:

- a) Determinar las cuestiones morales en juego.
- b) Identificar los conocimientos y hechos relevantes de un problema.
- c) Ofrecer una resolución.
- d) Proporcionar una justificación.
- e) Considerar escenarios alternativos con diferentes conclusiones.
- f) Identificar y evaluar las consecuencias morales.
- g) Posibilitar otra solución alternativa.

Las CSC basadas en casos ofrece un enfoque complementario para un examen crítico más explícito de los intereses y valores personales de los alumnos, ya que proporcionan argumentos científicos que evalúan las afirmaciones de conocimiento. Un modelo de proyecto de consenso utilizado principalmente con los estudiantes de ciencias de secundaria superior que hace hincapié en que el conocimiento científico se formula mediante la creación de consenso a través de un discurso crítico entre pares. Los proyectos de consenso tienden a tener cuatro atributos clave:

- a) Presentación y defensa de datos y/o conclusiones de oposición por parte del profesor y compañeros de estudio con un objetivo hacia el consenso de los temas.
- b) Opiniones de los profesionales y los no profesionales sobre un tema particular sociocientífico para encontrar recomendaciones equilibradas.
- c) Los estudiantes buscan una conclusión común en el que todos pueden estar de acuerdo, mientras que la búsqueda de las aportaciones de los "expertos" se define como cualquier persona con conocimientos pertinentes.
- d) Los estudiantes escriben un informe con sus evaluaciones y conclusiones, que se pondrá a disposición del público y de los políticos y / o responsables de las políticas.

Los anteriores atributos de los proyectos por consenso pueden implementarse para promover en los estudiantes su participación ciudadana ante cuestiones sociocientíficas en la que se llegue a consenso o se concluyan en el sentido de llevar a cabo acciones sociopolíticas (Zeidler y otros, 2005).

2.3.1 El estudio del benceno como cuestión sociocientífica.

El benceno y sus derivados son compuestos químicos con muchas cuestiones sociocientíficas asociadas. Son tema de discusión incesante la cuestión de no asegurar con plena certeza por parte de la comunidad científica, los efectos carcinogénicos, teratogénicos y mutagénicos que pueden causar las sustancias bencénicas en las personas, a pesar, que

investigaciones en ratas y ratones han demostrado una relación causal entre esta sustancia química y los problemas mencionados previamente.

La sustancia benceno está inserta en una multitud de productos de consumo masivo, está presente como aditivo alimentario en comestibles y bebidas, en medicamentos, en cosméticos, en productos de higiene personal y limpieza en general, en piezas plásticas para autos, en la industria textil y espumas, en la fabricación de pinturas, tinturas y adhesivos, en la industria de transformaciones químicas, etc. Todo ello hace que el benceno ocupe el tercer puesto de volúmenes de venta con respecto al mercado de hidrocarburos en el mundo. Los países árabes son los mayores productores, seguidos por China, Europa, EE. UU. y Rusia.

La inhalación de vapores de benceno en personas, puede provocar trastornos en el sistema nervioso central que se manifiestan en naupatía (mareos), dolores de cabeza, náuseas, convulsión, desvanecimiento y parálisis del centro respiratorio. El benceno líquido irrita la piel y las mucosas y puede ser resorbido a través de la piel. Su exposición crónica afecta a la médula ósea. El benceno es una hemotoxina. Se han descubierto cambios cromosómicos en los elementos figurados de la sangre de trabajadores expuestos.

La dosis letal de benceno para un ratón (macho) es de 4 mg/Kg y de una rata (hembra) es de 6 mg/Kg. Además, las investigaciones con ratas y ratones han demostrado que el benceno y sus derivados les causan tumores, cáncer y alteraciones del ADN (Afshar y otros, 2013; Burg y Gist, 1997; Guerrero V y Mora F., 2014; Lu y otros, 2007; Rahimipour y otros, 2014; Rodero, y otros, 2009; Sinha y Souza, 2010; Tran, 2013; Zengin y otros, 2011).

Debido a que la presencia de los compuestos bencénicos está presente prácticamente en la vida diaria de cualquier persona y teniendo en cuenta su participación activa en la generación o desarrollo de enfermedades crónicas, agudas y graves en los seres vivos, se le otorga una alta valoración en importancia de consideración cuestionable o polémica, máxime que representa un

conflicto que incluye la ciencia, la tecnología, la sociedad y el medio ambiente en tanto que es utilizado ampliamente por la industria para la vida en sociedad y es un riesgo para la salud pública y ambiental. Por estas razones, se plantea en esta investigación la contextualización de la enseñanza y aprendizaje en el uso y aplicaciones de los productos bencénicos para conocer sus propiedades y comportamientos químicos teniendo en cuenta sus repercusiones sobre la salud humana.

La forma de enseñanza y aprendizaje planteada en esta estrategia se ajusta justificadamente a algunas características de los estudios CTSA como los descritos por García y otros (2001), en el que se resalta el enfoque CTSA por constituir un trabajo académico de carácter crítico y de carácter interdisciplinar y resolutiva donde se incluyen la filosofía, la historia de la ciencia y la tecnología, la sociología del conocimiento científico, la teoría de la educación y la economía del cambio técnico.

Las características temáticas de los materiales de este enfoque tratan con situaciones de la vida real de los estudiantes que les estén impactando. En este caso, los compuestos bencénicos altamente ingeridos y usados en la sociedad del consumismo en que estamos insertos, representan un impacto negativo a la salud de la sociedad y del ambiente.

El tema de los compuestos bencénicos en el ámbito educativo posibilita un apropiado escenario para conseguir un alto desempeño en la participación ciudadana, la cual es un atributo deseable en la estructuración de una sociedad democrática. Ya lo dice García y otros, (2001); una sociedad informada en ciencia y tecnología puede tomar decisiones científico-tecnológicas, los ciudadanos son los mejores jueces y defensores de sus propios intereses. Estos autores caracterizan la democracia con la posibilidad ciudadana de participar en las decisiones de afectación propia o comunitaria. También, agregan que la participación ciudadana incluye un conjunto de criterios para evaluar el carácter democrático de iniciativas de gestión pública en política científico tecnológica.

Con esta propuesta didáctica, desde la perspectiva CTSA, se espera en los estudiantes aprendizaje sobre contenidos científicos, socialización a la comunidad sobre las consecuencias a la salud causadas por el consumo de productos bencénicos, posicionamiento argumentado frente a los hábitos de consumo de productos aditivados con compuestos bencénicos, realización de juicios y reflexiones críticas acerca del papel de las instancias participativas en este entramado de producción, comercialización y consumo en el que se está inserto contextualmente.

Este abordaje del estudio de los hidrocarburos aromáticos en las clases se ajusta al modo de las CSC porque busca en los estudiantes la toma de decisiones personales responsables ante el consumo o uso de materiales con contenidos químicos de sustancias bencénicas, se incentiven en la participación pública informada sobre aspectos sociales de la ciencia y la tecnología, como por ejemplo; las implicaciones sociales, políticas, económicas de la oferta y demanda de productos con contenidos dañinos para la salud por su composición bencénica, la identificación de los beneficios, intereses y perjuicios resultantes para los implicados alrededor de este ofrecimiento y promoción de hábitos de consumo; todo ello teniendo en cuenta circunspecciones éticas, valores morales, condicionantes sociales y consideraciones sobre las consecuencias de las ideas científicas y de los artefactos tecnológicos.

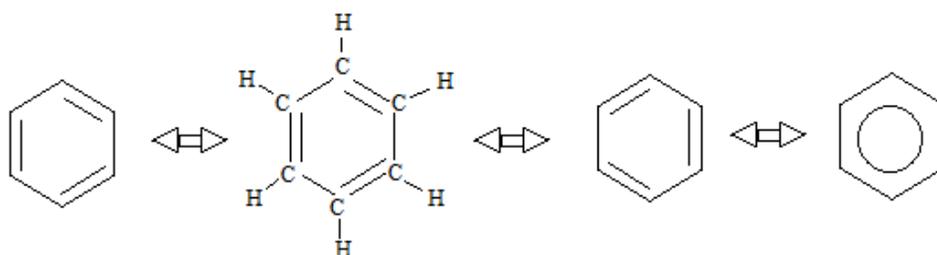
Una vez expuesta suficiente información que justifique el estudio con enfoque CTSA sobre las propiedades y comportamiento químico de los compuestos aromáticos mediante el método de resolución de problemas propuestos como CSC en el contexto del consumo de productos aditivados, se pasará a continuación con la información teórica y conceptual en lo referente a las sustancias denominados hidrocarburos aromáticos.

2.3.2 Los compuestos aromáticos: un Tema en Química como Cuestión Sociocientífica

A los compuestos que reúnen las propiedades antes descritas se les llama genéricamente aromáticos porque en sus primeros descubrimientos se caracterizaron por desprender fuertes fragancias y eran fácilmente perceptibles por sus olores.

El concepto de hidrocarburo aromático se le atribuye a los compuestos cíclicos (anillos) con dobles enlaces conjugados (alternos) resonantes (los átomos de carbono comparten entre sí los mismos electrones). Estos enlaces presentan propiedades intermedias entre los enlaces simples y dobles. Tales características los hacen tener gran estabilidad y ser pocos reactivos, casi no reaccionan por adición de elementos a su estructura sino que la mayoría de sus reacciones se efectúan por adición de un elemento o grupo de elementos que entran a reemplazar a un hidrógeno del hidrocarburo aromático, lo que lleva por nombre sustitución electrofílica.

Los hidrocarburos aromáticos son derivados del benceno que fue el primer compuesto aromático descubierto y el básico o fundamento en la construcción de los ciclos aromáticos. Una representación plana de la molécula benceno (C_6H_6) en sus configuraciones equivalentes se muestra a continuación:



Otro parámetro que también sirve para definir el concepto de aromaticidad es el cumplimiento de la Regla de Hückel: un sistema aromático debe ser cíclico y plano (sin carbonos sp^3 en el ciclo), presentan dobles enlaces conjugados y el número de electrones p del sistema aromático cumple la fórmula $4n+2$, en el cual n es un número entero. Los hidrocarburos

aromáticos y sus derivados son compuestos cuyas moléculas forman estructuras derivadas del benceno que pudieron formarse por medio de tres procesos básicos:

- a) Sustitución de átomos de hidrógeno por radicales libres de hidrocarburos alifáticos.
- b) Unión de dos o más anillos bencénicos directamente o indirectamente por medio de radicales de cadenas carbonadas abiertas.
- c) Condensación de los anillos de benceno.

La participación económica mundial de los hidrocarburos aromáticos es de peso mayor debido a su evidente presencia en una amplísima gama de diversos productos de uso masivo. Los compuestos aromáticos se usan principalmente en procesos de síntesis química de plásticos, cauchos, pinturas, pigmentos, disolventes, explosivos, pesticidas, detergentes, perfumes, medicamentos, analgésicos y en la industria alimentaria como aditivo. Las fuentes principales de hidrocarburos aromáticos son la destilación de la hulla, el fraccionamiento del crudo de petróleo y alquilación de hidrocarburos aromáticos.

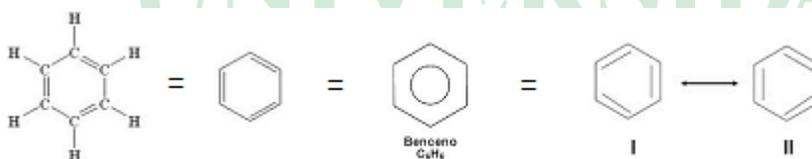
2.4 Conceptualización química de la sustancia benceno.

El benceno es una sustancia compuesta, constituida de seis veces el elemento carbono y seis veces el elemento hidrógeno, lo cual es representado con la fórmula química C_6H_6 . Esta composición expresada en porcentaje de masa elemental respecto a cien gramos de benceno, corresponde a 92,3% de carbono y a 7,7% de hidrógeno. La masa molar del benceno, es decir; la masa correspondiente a un mol de sustancia es 78,0 g/mol. Lo cual, en términos de la cantidad en masa molar de carbono e hidrógeno es expresado como seis veces la masa molar del elemento carbono (72,0 g/mol de carbono) y seis veces la masa molar del elemento hidrógeno (6,0 g/mol de hidrógeno).

El benceno es comúnmente conocido como un hidrocarburo líquido incoloro, de aroma dulce y sabor ligeramente amargo, similar al de la hiel, de esta forma fue descubierto por Michael Faraday en 1825. Se evapora al aire rápidamente, es poco soluble en agua y es sumamente inflamable. Debido a su olor característico, al benceno y a sus derivados se les llama compuestos aromáticos. El benceno se puede presentar en los tres principales estados de agregación dependiendo de la condiciones de temperatura y presión.

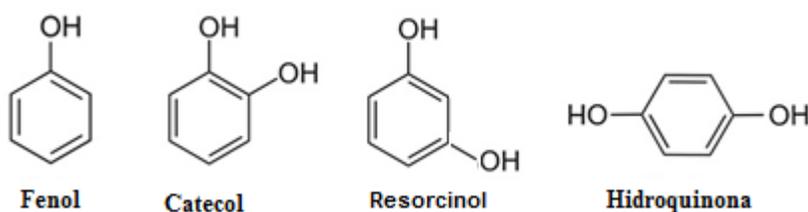
El benceno es una sustancia que se forma tanto en procesos naturales como en actividades humanas. Tiene un gran volumen de producción mundial debido a la enorme gama de aplicaciones y usos en la sociedad, en la vida diaria en general de las personas (aditivos alimentarios, fragancias, medicamentos, jabones, cosméticos, elementos decorativos) y en las industrias es usado como tal o como intermediario en la producción de múltiples y variados productos fabricados tecnológicamente en serie.

El benceno es un hidrocarburo insaturado con enlaces múltiples entre los átomos de carbono aproximándose a la formación de un anillo resonando entre los seis átomos de carbono, los que a su vez están unidos cada uno a un átomo de hidrógeno. Cada átomo de carbono ocupa el vértice de un hexágono regular, de las cuatro valencias del carbono tres se utilizan para unirse los átomos de carbonos adyacentes, y la cuarta valencia es para unirse a un átomo de hidrógeno. Una representación esquemática de esta descripción se visualiza del siguiente modo:

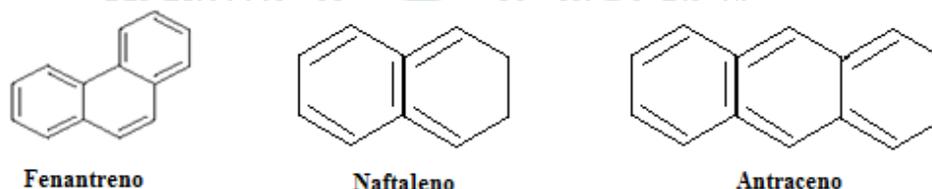


Las anteriores representaciones de la molécula del benceno son todas equivalentes. Cada átomo de carbono comparte su electrón libre con toda la molécula (según la teoría de orbitales moleculares), de modo que la estructura molecular adquiere una gran estabilidad y elasticidad. Del benceno se derivan otros hidrocarburos de este tipo entre los que se encuentran: el tolueno,

el orto-xileno, el meta-xileno y el para-xileno y otros de la familia de los “indeseables” fenoles (benceno con hidroxilo) y sus metabolitos.



También son derivados bencénicos los llamados polinucleicos o poliaromáticos como el naftaleno, el fenantreno, antraceno y el pireno.



2.4.1 Propiedades físicas y químicas del benceno:

Punto de ebullición: 80.1°C

Punto de fusión: 5.5°C

Densidad (g/ml): 0.8789 (20°C) y 0.8736 (25°C).

Niveles de explosividad (% en volumen en el aire): 1.3- 7.9 %

Densidad del vapor (aire = 1): 2.7

Presión de vapor (a 26°C): 100 mm de Hg

Temperatura de autoignición: 560°C

Tensión superficial (25 °C): 28.2 mN/m

Viscosidad absoluta (25 °C): 0.601 cP

Calor de formación: 83.93 KJ/mol (gas) y 49.08 KJ/mol (líquido)

Calor de combustión: 3.2676×10^3 KJ/mol

Calor de fusión: 9.866 KJ/mol

Calor de vaporización (25 °C): 33.899 KJ/mol

Solubilidad: soluble en 1430 partes de agua o 1780 mg/ml (a 20 °C), miscible en etanol, cloroformo, éter, disulfuro de carbono, tetracloruro de carbono, ácido acético glacial, acetona y aceites.

La combustión del benceno produce los gases monóxido y dióxido de carbono. Es inflamable y reacciona violentamente con agentes oxidantes como perclorato de plata, peróxidos de sodio y potasio, oxígeno líquido, cloro, trióxido de cromo, ácido crómico, ácido nítrico, ácido permangánico, ozono, peróxido de nitrilo; cloruro de aluminio en presencia de perclorato de flúor y con productos halogenados como trifluoruro y pentafluoruro de bromo, pentafluoruro y heptafluoruro de yodo y con hexafluoruro de uranio.

El benceno se obtiene del petróleo mediante reformación catalítica, desalquilación, deshidrogenación y ciclización. Pero también se puede conseguir por aromatización de hidrocarburos parafínicos. Los usos del benceno incluyen una gran variedad de reacciones para generar intermediarios como anhídrido maleico (para obtener poliésteres); ciclohexano y a partir de él, ácido adípico (para la elaboración nylon-66 y otras poliamidas); anilina, la cual es muy utilizada en la fabricación de colorantes; derivados clorados utilizados en la industria de pesticidas; estireno, cumeno y otros intermediarios para la elaboración de detergentes, explosivos y fármacos, entre otros. Es buen disolvente de lacas, barnices, ceras, resinas, plásticos, hules y aceites. También, es utilizado como aditivo de la gasolina. Sin embargo, debido a su gran toxicidad, en la actualidad, solo se utiliza cuando no existe un sustituto adecuado.

2.4.2 Hoja de seguridad del benceno

La Facultad de Química de la UNAM publicó en la web (<http://www.quimica.unam.mx/IMG/pdf/5benceno.pdf>) las características técnicas, toxicológicas y de manejo del benceno resaltando que es muy inflamable, más ligero que el agua e insoluble en ella. Sus vapores son más densos que el aire. Es una sustancia tóxica que puede generar problemas muy graves a la salud. Se sabe que exposiciones constantes o prolongadas a este compuesto, pueden generar daños severos a los componentes de la sangre e, incluso, leucemia. Los niveles de toxicidad que el benceno se registran como:

RQ (*Reportable Quantity* [cantidad denunciable]): 10 veces por encima de la medida de la EPA (*Environmental Protection Agency*), las cuales aparecen listados como sigue:

Dosis letal para la mitad de la población, LD₅₀ (oral en ratas): 3.8 ml /Kg; 3306 mg/Kg

Concentración letal para la mitad de la población, LC₅₀ (inhalaado en ratas): 10000 ppm/7h

Baja concentración letal, LCLO (inhalaado en humanos): 2000 ppm/ 5 min.

Baja dosis letal, LDLO (oral en humanos): 50 mg/Kg

En la legislación referida al benceno en algunos países se contempla:

México: Nivel máximo de concentración permisible: 20 mg/m³ (10 ppm). Cancerígeno potencial para el hombre.

Estados Unidos: TLV TWA: 3 mg/m³ (1 ppm). Carcinógeno humano.

Reino Unido: Periodos largos: 30 mg/m³ (10 ppm).

Francia: VME: 16 mg/m³ (5 ppm).

Alemania: TRK: 16 mg/m³ (5 ppm).

Suecia: Periodos cortos: 30 mg/m^3 (10 ppm). Períodos largos: 16 mg/m^3 (5 ppm). Carcinógeno humano.

Colombia: nivel máximo permisible en el aire: $5 \text{ } \mu\text{g/m}^3$. Tiempo de exposición: anual. Resolución 610 / 24 de marzo de 2010. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Manejo y riesgos del benceno.

El equipo de protección personal para manejar este producto consiste en bata, lentes de seguridad, guantes, condiciones de ventilación. Evitar todo contacto directo. No deben utilizarse lentes de contacto al trabajar con este producto. Debido a los problemas a la salud que ocasiona este producto se recomienda preferentemente utilizar un producto alternativo.

Por ser el benceno un producto altamente inflamable presenta riesgos de fuego y explosión. Sus vapores son más densos que el aire y pueden viajar a una fuente de ignición, prenderse y regresar al área donde se produjeron en forma de fuego, además, pueden explotar si se enciende en un área cerrada.

Los riesgos a la salud son altos como puede observarse en los valores dados en los niveles de toxicidad del benceno, el cual es considerado altamente peligroso. El benceno tiene efectos tóxicos sobre la sangre principalmente. Un contacto constante con este producto produce sangrado nasal y de las mucosas desarrollándose, además, manchas púrpuras. Si las condiciones lo propician los daños progresan y pueden generar leucemia. Estos efectos pueden aparecer meses o años después de la exposición. El benceno se elimina del cuerpo, en parte, sin cambio a través de la respiración y la orina. Otra parte, es oxidada a epóxido de benceno y después a fenoles y difenoles, los cuales son excretados en la orina y en las heces. Es precisamente a través de la detección de fenoles en la orina, como puede detectarse el nivel de exposición al benceno.

Aunque no se sabe con certeza la manera en que actúa el benceno en la generación de los problemas sanguíneos, ya mencionados, se cree que son alguno o algunos de los metabolitos que se genera dentro del organismo son los responsables. En base a esto, se ha propuesto que el benceno se convierte en fenol e hidroquinona en el hígado, esta última se acumula en la médula ósea y se convierte en benzoquinona (mediante la mieloperoxidasa), la cual reacciona con macromoléculas provocando desordenes celulares.

La inhalación por personas a concentraciones bajas, irrita los ojos y las mucosas de nariz y tráquea. Los efectos por exposiciones prolongadas son sobre el sistema nervioso central, provocando cansancio, dolor de cabeza y posteriormente convulsiones, depresión y/o excitación e, incluso, la muerte por paro respiratorio. Si la concentración en el aire es de aproximadamente 7500 ppm y la exposición de 30 minutos, entonces se produce narcosis y muerte. En este caso, se ha informado que la muerte se debe a aplasia en la médula ósea y necrosis o degradación de grasas en el corazón e hígado. Por otra parte la inhalación de pequeñas cantidades de líquido, provoca inmediatamente edema y hemorragia pulmonar. Si la exposición es constante a una concentración de 50 ppm, puede presentarse una disminución de células rojas y plaquetas.

Se ha informado, que en experimentos con ratas una concentración de 4000 ppm provoca narcosis y a 10000 ppm la muerte se presenta en cuestión de horas. Por otra parte, la exposición a una concentración de 50 ppm por varias semanas provoca la reducción de glóbulos blancos, pero no hay efectos sobre las células rojas aún a 1000 ppm. Cuando entra en contacto con la piel se absorbe a través de ella y la irrita generando los mismos efectos tóxicos producidos por inhalación. Un contacto constante de la piel con este producto provoca resequeadad, eritema, dermatitis y mayor sensibilidad al desarrollo de infecciones secundarias. El contacto con los ojos produce irritación, tanto en forma de vapor, como líquida. Su ingestión resulta extremadamente tóxica.

En el hombre, no existen dudas de que exposiciones crónicas generan efectos tóxicos en la sangre que terminan en leucemia. Sin embargo, no existen suficientes evidencias para

establecer que a concentraciones menores de 10 ppm, se generen los problemas ya mencionados. Se ha informado de su efecto cancerígeno en experimentos con ratas y ratones. En cuanto a su mutagenicidad hay que decir, que a pesar de que el benceno no presentó este tipo de efectos en *Salmonella Typhimurium*, si produjo anormalidades en cromosomas de linfocitos humanos in vitro. También se obtuvieron pruebas positivas trabajando con ratas, cuando se les administro este compuesto por vía oral.

En la personas, se ha informado de aberraciones en cromosomas de células blancas sanguíneas y de médula ósea, que pueden desencadenar leucemia, sin embargo, no existen evidencias de que estas aberraciones persistan a concentraciones menores de 25 ppm. También genera peligros reproductivos, puesto que se ha informado de efectos tóxicos al feto en estudios con ratas preñadas a las cuales se les aplicó una concentración de 50 ppm por 7h al día, por 9 días. Estos efectos son más marcados si la concentración es de 500 ppm, a la cual se han observado, además efectos teratogénicos.

Acciones de emergencia o primeros auxilios.

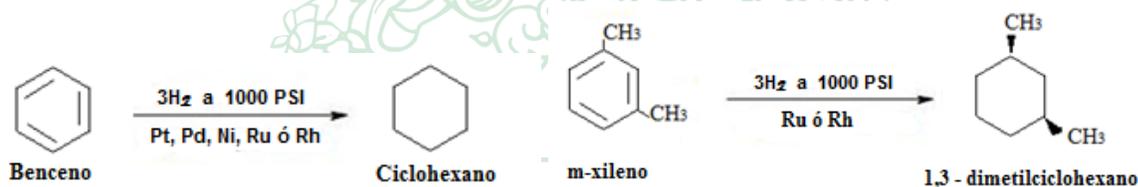
Cuando la intoxicación sea por inhalación se debe llevar a la persona afectada a un área bien aireada. Si no respira, proporcionar respiración artificial y oxígeno. Mantenerla abrigada y en reposo. Si hubo contacto con los ojos, lavar inmediatamente con agua o disolución salina, asegurándose de abrir los párpados. Si el contacto es a través de la piel, retirar la ropa contaminada, lavar la zona afectada con agua y jabón. Si es por ingestión, lavar la boca sin tragar el agua. Diluir el benceno ingerido con agua, sin inducir el vómito. En todos los casos de exposición, el paciente debe ser transportado a un hospital tan pronto como sea posible.

En el control de la combustión del benceno se debe utilizar el equipo de seguridad adecuado para evitar un contacto directo de cualquier parte del cuerpo con este producto, pues es muy peligroso. Usar agua en forma de neblina solo para enfriar todos los recipientes afectados,

pues no sirve para extinguir el fuego. Para sofocarlo, utilizar espuma, polvo químico seco o dióxido de carbono. Debe tenerse mucho cuidado, pues en los incendios que involucran al benceno se produce una gran cantidad de humo. En el caso de fugas y derrames se debe mantener alejada del lugar cualquier fuente de ignición y evitar que el líquido llegue a fuentes de agua o drenajes. Para ello, construir diques con tierra, sacos de arena o espuma de poliuretano. El líquido puede absorberse con cemento, arena o algún absorbente comercial. Los desechos se deben incinerar en un equipo adecuado, mezclado con alcohol o acetona para controlar la formación de humo.

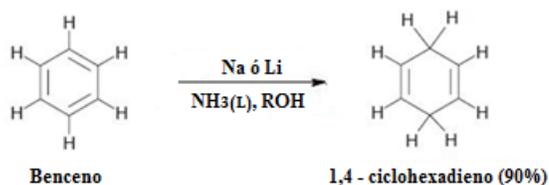
2.4.3 Reactividad del benceno

Cuando el benceno constituye la unidad estructural de un hidrocarburo cíclico se le denomina arenos a estas series de anillos bencénicos. Los arenos reaccionan por reducción y sustitución. La reducción ocurre por la hidrogenación del benceno a su correspondiente compuesto cíclico saturado e insaturado. A continuación se visualiza en dos reacciones químicas la conversión de un compuesto aromático a un hidrocarburo cíclico saturado:



Tomada de: WWW.QUIMICAORGANICA.ORG

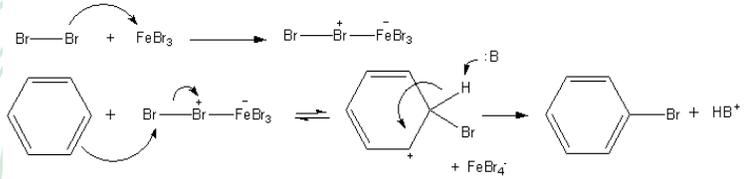
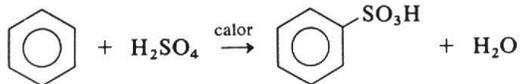
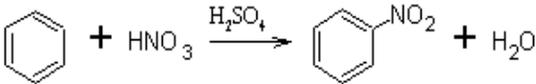
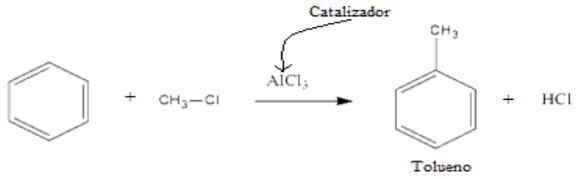
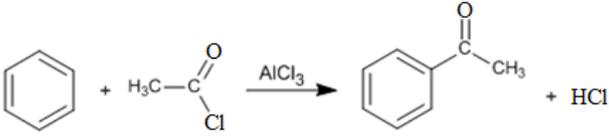
Similarmente, se puede reducir el benceno a un compuesto cíclico insaturado:



Tomada de: WWW.QUIMICAORGANICA.ORG

La reacción más común en el benceno es la reacción de **sustitución aromática**, la cual puede producirse siguiendo tres tipos de caminos diferentes, pudiendo ser: electrofílica, nucleofílica y de radicales libres. La sustitución electrofílica del benceno se da por adición del electrófilo (especie química aceptor de un par de electrones) al anillo seguida de la pérdida de un protón que permite la recuperación de la aromaticidad. Una representación esquemática de las reacciones químicas del benceno se puede ver en la tabla 1:

Tabla 1. Reacciones químicas del benceno

REACCIÓN	EUACIÓN QUÍMICA
Halogenación: El bromo reacciona con el benceno en presencia de bromuro de hierro (III) como catalizador para dar bromobenceno.	 <p>El cloro reacciona de manera similar para dar clorobenceno.</p>
Sulfonación: El benceno es tratado con ácido sulfúrico para producir ácido bencensulfónico.	 <p>Un grupo ácido sulfónico -SO₂OH sustituye a uno de los hidrógenos.</p>
Nitración: El benceno reacciona en caliente con una mezcla de ácido nítrico y ácido sulfúrico produciendo nitrobenceno.	 <p>Un grupo nitro -NO₂ sustituye a uno de los hidrógenos del benceno.</p>
Alquilación de Friedel-Crafts: Los haluros de alquilo reaccionan con el benceno en presencia de cloruro de aluminio produciendo alquilbencenos.	 <p>Tolueno</p>
Acilación de Friedel-Crafts: Los haluros de acilo reaccionan con el benceno en presencia de cloruro de hierro produciendo acilbencenos.	

Tomada de: <http://www.100ciaquimica.net/temas/tema13/punto6b.htm>

2.4.3.1 Activación y desactivación del ciclo bencénico.

a) Los grupos alquilo (metilo, etilo) ceden carga al benceno por efecto inductivo, activándolo débilmente y por ello aumentando su reactividad en la sustitución electrófila. Estos grupos se denominan activantes débiles y orientan a las posiciones *orto* y *para*.

b) Los grupos con pares solitarios ceden carga al benceno por efecto resonante, son activantes fuertes y orientan también a *orto* y *para*.

c) Los grupos con enlaces múltiples (aldehídos, cetonas, ésteres, amidas) reciben carga del benceno por efecto resonante, disminuyendo su reactividad y orientan a la posición *meta*.

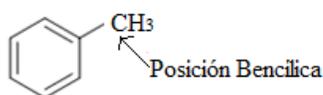
2.4.3.2 Sustitución nucleófila aromática.

La nube π del benceno impide el ataque de los nucleófilos, por ello no se observan reacciones de adición nucleófila. Sin embargo, existe una excepción cuando en las posiciones *orto* y *para* respecto a un halógeno hay grupos desactivantes fuertes, en este caso se produce la sustitución del halógeno por el nucleófilo correspondiente.



2.4.3.3 Posición bencílica.

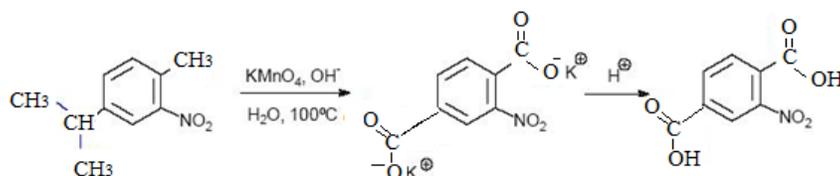
Se denomina posición bencílica a la contigua al anillo aromático. Tiene una reactividad muy similar a la posición alílica, generando carbocationes, carbaniones y radicales de gran estabilidad. Sobre posiciones bencílicas se pueden dar mecanismos S_N1 incluso con haloalcanos primarios.



Tomada de: WWW.QUIMICAORGANICA.ORG

2.4.3.4 Oxidación de cadenas laterales.

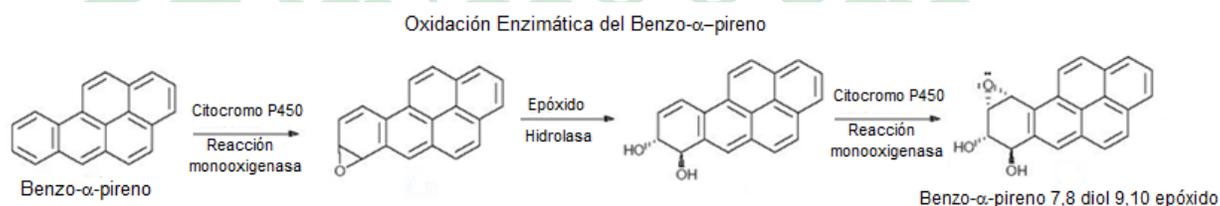
El permanganato de potasio y el dicromato de potasio permiten oxidar grupos alquilo del benceno. La cadena rompe por la posición bencílica independientemente de su longitud, generando ácido benzoico.



Tomada de: <http://html.rincondelvago.com/reacciones-quimicas-de-sustitucion-aromatica.html>

2.4.3.5 Formación de metabolitos cancerígenos.

Se ha determinado que el benceno α -pireno está presente en el humo del tabaco y se forma en las carnes y alimentos que se cocinan directamente sobre una la llama (Mora, Parga y Espitia, 2003). El benceno α -pireno cuando llega al hígado se convierte en una sustancia epóxida con dos hidroxilos que puede inducir mutaciones genéticas ocasionando un crecimiento incontrolado de células defectuosas. Esta reacción química que ocurre en el hígado produce el metabolito carcinogénico 7,8-dihidroxi 9,10-epóxido que se une a la guanina del ADN formando un aducto carcinógeno.

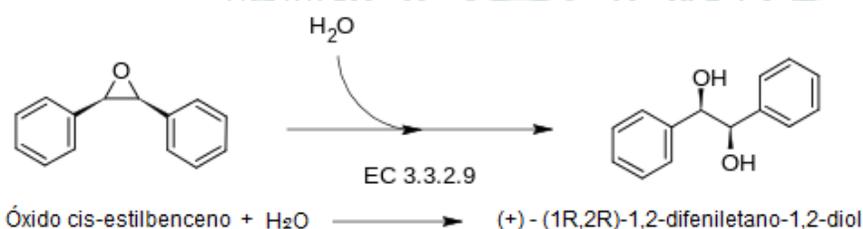


Adaptada de: <https://unabiologaenlacocina.wordpress.com/2013/12/23/en-tu-plato-lo-quemado-dejalo-a-un-lado/>

La reacción más común catalizada por la hemoproteína citocromo P450 es una reacción monooxigenasa, es decir, la inserción de un átomo de oxígeno proveniente del oxígeno molecular (O_2) en un sustrato orgánico (RH) a la vez que el otro átomo de oxígeno es reducido a agua:



La enzima epóxido hidrolasa microsomal cataliza la siguiente reacción química:



Tomada de: https://es.wikipedia.org/wiki/Ep%C3%B3xido_hidrolasa_microsomal

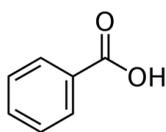
Por lo tanto, los dos sustratos (reactivos) de esta enzima son el óxido de cis-estilbenceno y el agua, produciendo el (+)-(1R,2R)-1,2-difeniletano-1,2-diol. Esta enzima pertenece a la familia de las hidrolasas, actúan sobre enlaces tipo éter (éter hidrolasas).

2.4.4 Aplicaciones de derivados bencénicos en alimentos.

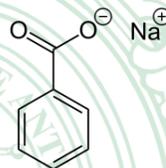
El uso de compuestos bencénicos como aditivos alimentarios se debe a la necesidad industrial de modificar alguna propiedad o característica de índole físico, químico o biológico de un alimento o bebida para efectos de su estabilización, preservación, modificar su apariencia, aroma, consistencia o como reemplazo de algún componente natural. Los aditivos proporcionan a los comestibles colores, sabores, olores y características que no tenían en su estado original.

2.4.4.1 *Compuestos bencénicos como preservantes.*

Los más usados en la industria y mercado son el ácido benzoico, el benzoato de sodio y el benzoato de potasio se usan para conservar las propiedades de los alimentos mediante la aportación de un pH ácido. Esta acidez es la que evita la formación de moho, la proliferación de ciertas variedades de microorganismos y la producción de fermentaciones.



Ácido benzoico (E210)



Benzoato de sodio (E211)

En Argentina los investigadores de la universidad nacional de Catamarca Porcú, Valderrama, Saldaño y Rosales (2012), evaluaron la presencia de benzoato de sodio en mermeladas industriales comercializadas en la ciudad de San Fernando del Valle de Catamarca. Encontraron en una muestra de 12 marcas de mermeladas que un 25% de ellas presentaban niveles de benzoato de sodio superiores a las permitidas por la norma propia de su país (CAA), la cual dice que el benzoato no debería superar las 600 ppm del producto alimenticio terminado.

Investigadores de instituciones de seguridad alimentaria y nutrición de Estados Unidos (Nyman y otros 2008), determinaron por la técnica de detección por cromatografía de masas la presencia de compuestos bencénicos en una muestra de 199 de refrescos y gaseosas. Encontraron que las bebidas tenían bencenos por encima de la norma APA que son 5 ng/g.

En la ciudad de Isfabán, Irán, investigadores (Esfandiari, Badiy y Mahmoodian 2013), determinaron cierta cantidad de benzoato de sodio en yogures a pesar de ser este preservativo no permitido en yogures en Irán. Todas las muestras revelaron contener benzoato de sodio sin que

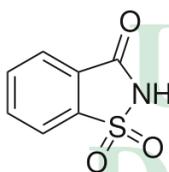
haya sido añadido, lo cual indica que el ácido benzoico producido naturalmente en el yogur forma benzoato de sodio cuando reacciona con la sal que se agrega en la preparación del yogur.

Mediante la técnica de fluorescencia algunos investigadores chinos determinaron la cantidad de benzoato de sodio en varios productos alimenticios (Ren y otros 2014), encontrándose que este método es efectivo para detectar las cantidades de benzoato de sodio como lo constataron en muestras de bebidas energizantes (redbull), en confites y helados, en los que se utilizaron muestras de 5 $\mu\text{g/mL}$ y 10 $\mu\text{g/mL}$.

2.4.4.2 *Benceno como edulcorante.*

Los edulcorantes son compuestos químicos que se utilizan como aditivos endulzantes sustitutos del azúcar natural (glucosa, sacarosa, dextrosa, fructuosa, lactosa, maltosa) que confieren el sabor dulce a alimentos, bebidas y medicamentos. Los más usados son en la industria alimenticia se listan a continuación:

2.4.4.2.1 *Sacarina (E954).*



Tomado de: <https://es.wikipedia.org/wiki/Sacarina#/media/File:Saccharin.svg>

1 8 0 3

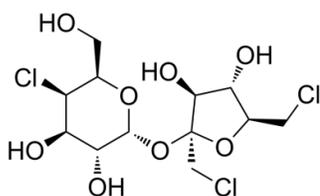
Debido a la gran potencia edulcorante de la sacarina, 300 a 400 veces más dulce que el azúcar, se suele utilizar en disolución acuosa. Es un edulcorante resistente al calentamiento y a medios ácidos, por lo que se emplea en la elaboración de productos dietéticos.

El uso de la sacarina está prohibido en Canadá y en Estados Unidos se planteó su prohibición en 1977 por considerarla potencialmente carcinogénica, pero en EE.UU. levantaron la prohibición en 2001. El Comité Científico sobre Alimentos de la Comisión Europea (SCF) fijó una ingesta diaria aceptable hasta 5 mg/Kg de peso corporal. Con respecto al uso de sacarina en los alimentos, en la Habana, los investigadores Borges, Rogert y Esther (2006), lograron sustituir sacarosa en un 50% por sacarina y ciclamato en jarabes para refrescos de naranja y cola. Se reemplazaron 100 g de sacarosa por 0,025 g de sacarina sin afectar la calidad sensorial.

En relación a las consecuencias orgánicas se encontró que, con el objetivo de estudiar el efecto del consumo de sacarina en los parámetros del espermatozoide y la apoptosis (muerte celular provocada por ella misma buscando destruir células dañadas y evitar la aparición de enfermedades como el cáncer), en ratones adultos, los investigadores iraníes Rahimipour, Talebi, Anvari, Abbasi Sarcheshmeh y Omid (2014), hallaron que como consecuencia del consumo de sacarina, se obtuvo una reducción de la movilidad de los espermatozoides con respecto a los animales control. El consumo de sacarina puede tener efectos negativos en los espermatozoides y aumenta la tasa de fragmentación de ADN de espermatozoides y la apoptosis en ratones.

En Colombia, el uso de la sacarina se ha justificado por la necesidad de la población que requieren consumir endulzantes sin aporte de calorías debido a situaciones de diabetes y porque las compañías productoras de estos productos estuvieron en desacuerdo con la metodología usada con el suministro a ratones de laboratorio diciendo que el cáncer generado se debía al atosigamiento de sacarina en que sometían a los ratones diciendo que en equivalentes humanos corresponde a tomar 800 bebidas gaseosas diarias durante el resto de sus días

2.4.4.2.2 *Sucralosa (E955).*



Tomado de: <http://quimicaalkano.com/product/sucralosa/>

La sucralosa es un edulcorante que se descubrió en 1976 y se comercializa bajo diversas marcas, como Splenda, Sucralin, Roxxel, Sucaryl, SucraPlus, Equal, Candys, Cukren. Es un compuesto 600 veces más dulce que la sacarosa (azúcar común), dos veces más dulce que la sacarina y 3,3 veces más que el aspartame el cual es comercializado como Equal. En la Unión Europea, también se conoce con el código de aditivo E955.

La sucralosa *Splenda* es un edulcorante de alta intensidad para aplicaciones lácteas. Es estable tanto al calor como al medio ácido. La sucralosa *Splenda* funciona bien con fructosa cristalina en preparaciones de productos reducidos en azúcar que deban tener un perfil de dulzor bien redondeado.

Con el ánimo de encontrar productos alimenticios para personas con diabetes, algunos investigadores (Aguilar, Castillo y Guzmán 2004), adicionaron sucralosa productos de panificación para determinar índice glicémico en pacientes diabéticos tipo II. Encontrando que se lograba reducir los niveles de glucosa en la sangre cuando se consumían estos productos.

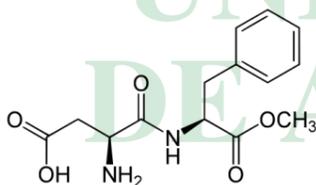
En un estudio publicado por Rodero, Rodero y Azoubel (2009), se revisó la toxicidad de la sucralosa en humanos. Concluyeron a partir de la revisión de la literatura que varios órganos pueden ser afectados por la ingestión de altas dosis de sucralosa que puede ser por la ingesta de productos dietéticos o endulzados sin azúcar (light). Indicaron que por su uso pueden presentar efectos farmacodinámicos, carcinogénicos, teratogénico, neurotóxico y potencialmente nefrotóxico.

Gutiérrez y Carro (2006), quienes luego de haber realizado una investigación sobre las patentes de *Splenda*, afirman que la síntesis de la sucralosa es posible, mediante la utilización de compuestos clorados e hidrocarburos, benceno y tolueno, entre otras sustancias. Los compuestos antes mencionados son altamente tóxicos.

En relación a la toxicidad de los mencionados hidrocarburos los autores Fabietti, Ambruzzi, Delise y Sprechini (2004), concluyeron en su investigación que es posible encontrar hidrocarburos como benceno y tolueno, en la leche materna de los humanos, los cuales son capaces de desarrollar una acción tóxica en el organismo, particularmente señalan que una prolongada exposición al benceno puede participar en el desarrollo de enfermedades como mielofibrosis, en que el tejido fibroso sustituye la medula ósea. Por su parte, Burg y Gist (1997), en otro estudio afirman que una alta exposición a dichos hidrocarburos puede provocar leucemia en seres humanos.

La sucralosa ha sido aprobada para su consumo por más de 60 agencias reguladoras, incluyendo a la FDA. Sin embargo, Como producto organoclorado, se ha incrementado la preocupación por la seguridad de la sucralosa en seres humanos, puesto que es conocido que los compuestos organoclorados causan efectos adversos a la salud en concentraciones muy pequeñas (Molock y Prabha, 2007). El límite diario permitido para el consumo de sucralosa según la unión europea del comité es de 15 mg/kg de peso corporal, el cual refleja que los límites de sucralosa podría ser saludable, ya que para llegar a este tope el individuo tendría que consumir aproximadamente 87 papeletas de Splenda y 68 papeleta de Sucaryl (Brorström- L. citado en Schmid Neset y otros (2010).

2.4.4.2.3 *Aspartame (E951).*



Tomado de:

<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/f0/Aspartame.svg/200px-Aspartame.svg.png>

El aspartame es un edulcorante artificial, no sacárido utilizado como un sustituto del azúcar en algunos alimentos y bebidas. Es aproximadamente 200 veces más dulce que la sacarosa o azúcar de mesa. En la Unión Europea, se codificó como E951. El aspartame comenzó siendo comercializado por la compañía *NutraSweet*.

Se encontró que cierta clase de yogures contienen una cantidad apreciable de aspartame como endulzante (Mei, Reineccius, Knighton y Grimsrud, 2004).

Ferrer y Thurman (2010), afirman a partir de su investigación que algunos de estos edulcorantes sintéticos pueden causar enfermedades debido a su consumo, por ejemplo, tumores en ciertos animales; gracias a datos toxicológicos, el uso de algunos de ellos está siendo controlado en algunos países como Estados Unidos, Reino Unido y Japón.

El aspartame, de acuerdo con numerables estudios, ha sido asociado a múltiples enfermedades. Por ejemplo, Gilli y otros (2008), consideran que el aspartame está relacionado con el dolor de cabeza, náuseas, depresión, irritabilidad, taquicardia, insomnio, mareos entre otras afecciones, incluso se ha manejado que está relacionado con el cáncer de cerebro y podría tener alguna responsabilidad en patologías como la epilepsia, debido a los compuestos químicos que se usan en su fabricación.

Así mismo, Gilli y otros (2008) asocian que el metanol (disolvente orgánico) usado en la síntesis de éste producto es uno de los posibles responsables de todos los padecimientos antes nombrados, ya que se convierte en metabolitos tóxicos, como ácido fórmico y formaldehído. Sin embargo, algunos estudios indican que las cantidades liberadas de metanol no son tóxicas y que se hicieron estudios por 15 años antes de aprobar su consumo.

En una revisión de la literatura de Guerrero y Mora (2014), sobre los niveles de consumo, toxicología y estudios epidemiológicos se encontró que aunque la directiva del Parlamento Europeo aprobó el aspartame como aditivo alimentario en 1994 y la FDA en 1996; y

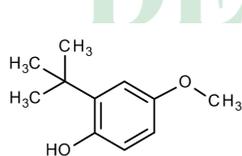
aunque, el comité mixto FAO/OMS y la FDA fijaron la ingesta diaria admisible en 40 mg/Kg y 50 mg/kg de peso corporal/día respectivamente; existe controversia sobre su uso porque hay investigaciones cuyos resultados le atribuyen efectos secundarios neurosíquicos, tumores cerebrales, propiedades cancerígenas para diferentes órganos, daños para el feto durante la gestación, desarrollo de linfomas y leucemias. Otros investigadores aseguran que su uso es inocuo si el consumo es menor que la ingestión diaria admisible.

En vista de que las investigaciones sobre la seguridad del consumo de aspartame arrojan resultados contradictorios, sería importante conocer el informe definitivo de la reevaluación de su carcinogenicidad por parte del Instituto Ramazzini y el NIEHS / USA, que seguramente se publicará en el sitio Web del Instituto.

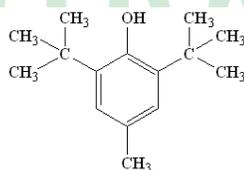
El aspartame, así como cualquier fuente alimenticia de fenilalanina no debe ser consumido por individuos con fenilcetonuria. Es recomendable que también se abstengan de su consumo mujeres embarazadas.

2.4.2.3 *Benceno como antioxidante.*

Entre los compuestos en los cuales el benceno se usa como antioxidante se considerarán principalmente el Butil Hidroxi Anisol (BHA) y el Butil Hidroxi Tolueno (BHT), que son los más usados.



BHA



BTH

Tomado de: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422006000400023

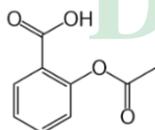
Sobre el tema de los antioxidantes y la salud, se publicó una tesis (Tran, 2013), cuya investigación tuvo como objetivo examinar los cambios morfológicos y potenciales daños al ADN inducidos por exposición de células de la levadura *Schizosaccharomyces pombe* a BHA y BHT, tales cambios fueron estudiados a través del microscopio. Los resultados mostraron que efectivamente los compuestos BHA y BHT alteran la morfología de las cepas de células estudiadas.

En dicha tesis también se asevera que sobre los compuestos BHA and BHT existe una fundada sospecha de inducir riesgos para la salud tales como hiperactividad en niños, daño en los pulmones, hígado y riñones, y lo más importante, cáncer. Además, estudios sobre la toxicología de alimentos con antioxidantes han indicado que BHA y BHT pueden producir tumores en animales con altas dosis de estos precursores de carcinogénesis. Según Hernández-Guijo (2011), en los alimentos que más se utilizan estos antioxidantes son en productos cárnicos, chorizos, salchichas, margarinas, aceites, leches chocolatadas, pastas de maní, pasas, almendras fritas, mantecados, etc.

2.4.4.4 *Aplicaciones de sustancias bencénicas en analgésicos.*

A continuación se listarán los medicamentos contra el dolor de consumo masivo en la sociedad, es de libre adquisición, para su consecución no es obligatoria una prescripción médica.

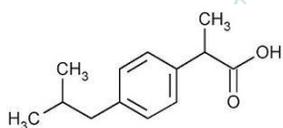
2.4.4.4.1 *Ácido acetil salicílico*



Tomado de: <http://elfarmaceutico.es/index.php/revista-el-farmaceutico-el-farmaceutico-joven/item/4033-acido-acetilsalicilico-el-popular-a-ine-de-bolsillo>

Comúnmente conocida como aspirina. Pertenece al grupo de los antiinflamatorios no esteroideos. Además de utilizarse principalmente contra el dolor, también se usa como medicamento antipirético, antirreumático y anticoagulante. La molécula de la aspirina tiene en su estructura un anillo bencénico propio del ácido salicílico, como puede verse en su representación.

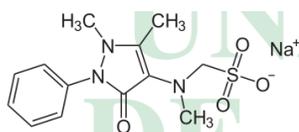
2.4.4.4.2 *Ibuprofeno o Motrín*



Tomado de: https://es.123rf.com/photo_12416379_el-ibuprofeno-formula-estructural.html

Es un antiinflamatorio no esteroideo, se usa como analgésico, antipirético y reduce los síntomas de la artritis. Su nombre químico es ácido 2-p-isobutilfenil propionico, en su configuración se observa que el radical fenil contiene como molécula principal al ciclo bencénico constituyente.

2.4.4.4.3 *Metamizol o Dipirona o Nolotil*



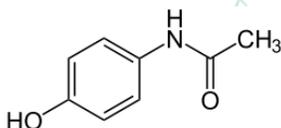
Tomado de: <https://es.wikipedia.org/wiki/Metamizol#/media/File:Metamizol.svg>

1 8 0 3

Su nombre químico es 2,3-Dihidro-1,5-dimetil-3-oxo-2-fenil-1H-pirazol-4-il metilamino metansulfonato de sodio monohidratado. Su fórmula molecular es $C_{13}H_{16}N_3NaO_4S \cdot H_2O$.

Es utilizado en muchos países como un potente [analgésico](#), [antipirético](#) y [espasmolítico](#). El principio activo metamizol puede presentarse en forma de metamizol sódico o metamizol magnésico. La dipirona ejerce su efecto terapéutico en el sistema nervioso central (encéfalo y médula espinal) y a nivel periférico (nervios, sitio de inflamación). Se ve en su molécula un anillo bencénico y uno ciclopenténico con amidas.

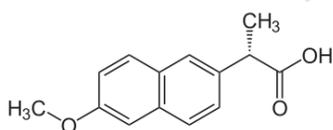
2.4.4.4.4

Paracetamol o acetaminofén

Tomado de: <https://es.wikipedia.org/wiki/Paracetamol>

Es un fármaco con propiedades analgésicas, antipiréticas. Un leve exceso respecto de la dosis normal puede dañar el hígado severamente. Los nombres paracetamol y acetaminofén provienen de la nomenclatura tradicional de la química orgánica: N-acetil-para-aminofenol y para-acetil-aminofenol. El nombre IUPAC de este compuesto es N-4-hidroxifenil etanamida. Es notable el benceno en su molécula.

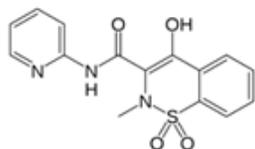
2.4.4.4.5

Naproxeno

Tomado de: <https://es.wikipedia.org/wiki/Naproxeno>

Su nombre IUPAC es ácido -2- 6-metoxi-2-naftil propanoico. Son notorios los dos anillos bencénicos centrales en su molécula. Hace parte de los analgésico antiinflamatorios no esteroideos. Es empleado en el tratamiento del dolor leve a moderado o fuerte de la fiebre, la inflamación y la rigidez por osteoartritis, la tendinitis y la bursitis. El naproxeno puede provocar molestias gastrointestinales y puede inhibir la excreción de sodio y litio.

2.4.4.4.6 *Piroxicam*

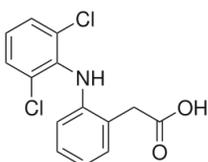


Tomado de: <https://es.wikipedia.org/wiki/Piroxicam>

Es el nombre de un antiinflamatorio no esteroideo, miembro de la familia de oxicam, los cuales tienen carácter ácido debido a su sustituyente enólico. Debido a esto puede provocar la aparición de úlceras en el estómago o el intestino, por lo que se debe suministrar por períodos no prolongados de tiempo. El piroxicam se indica como analgésico cuando el dolor se asocia a un componente inflamatorio. Alivia los síntomas de artritis reumatoide, osteoartritis, dolor menstrual primario y dolor postoperatorio. Su nombre sistemático es 8E-8-hidroxi-piridin-2-ilamino metilidene-9-metil-10,10-dioxo-10λ-tia-9-azabicyclo deca-1,3,5-trien-7-ona. En su fórmula estructural se hacen evidentes tres anillos bencénicos.

2.4.4.4.7 *Diclofenaco o Voltarén*

Es un medicamento de la familia de los antiinflamatorios no esteroideos. Reduce dolores causados por heridas menores y dolores tan intensos como los de la artritis. También se puede usar para reducir los cólicos menstruales. El diclofenaco es un derivado fenil acético cuyo nombre químico es ácido 2-(2,6-diclorofenil) amino fenil acético y cuya fórmula molecular es C₁₄H₁₁Cl₂NO₂. En su fórmula molecular se aprecian dos bencenos unidos por una función amina.



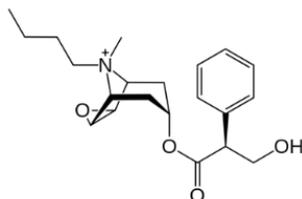
Tomado de: <https://es.wikipedia.org/wiki/Diclofenaco#/media/File:Diclofenac.svg>

2.4.4.4.8 *Advil*

Es la combinación en una sola presentación de ibuprofeno y piroxicam.

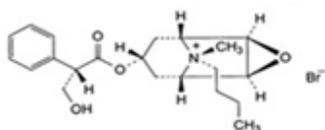
2.4.4.4.9 *Buscapina*

Se usa para aliviar localmente el dolor y los espasmos abdominales. El componente activo de la buscapina es la Hioscina N-Butilbromuro, que funciona como antiespasmódico. No enmascara el dolor, como los analgésicos, sino que actúa sobre la causa del dolor: el espasmo muscular mismo.

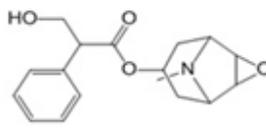


Tomada de: <http://cluster-divulgacioncientifica.blogspot.com.co/2011/09/estramonio-y-los-viajes.html>

La buscapina compuesta ofrece una fórmula de doble acción, combina el butil bromuro de hioscina como antiespasmódico con la dipirona o con el acetaminofén como analgésico. También se le llama escopolamina butilbromuro + Metamizol sódico. A continuación podemos observar las dos fórmulas estructurales:



Hioscina n-butil bromuro



Escopolamina

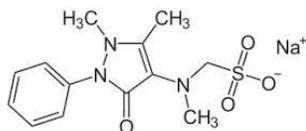
Tomado de:

<https://sc02.alicdn.com/kf/HTB1RuIrKFXXXXcKXpXXq6xXFXXXN/HYOSCINE-BUTYLBROMIDE.jpg>

También existe una variedad de buscapina que combina dos ingredientes activos: hioscina como relajante antiespasmódico e ibuprofeno como analgésico.

2.4.4.4.10 *Lisalgil*

Está formado por dipirona magnésica. A continuación vemos una dipirona sódica, la magnésica consiste en reemplazar el ion sodio (Na^+) por el ion magnesio (Mg^{++}). En la molécula del lisalgil se aprecia notoriamente el ciclo aromático como parte principal.



Tomado de: <https://es.wikipedia.org/wiki/Metamizol#/media/File:Metamizol.svg>

2.5 Antecedentes Didácticos para la Enseñanza de las Propiedades y el Comportamiento Químico de los Compuestos Bencénicos

Algunos investigadores demostraron que la mayoría de los estudiantes de educación secundaria aprenden un concepto equivocado sobre aromaticidad (Topal, Oral y Özden 2007). Estos investigadores recogieron datos a partir de pruebas de rendimiento desarrolladas para el concepto de aromaticidad y sus características en términos de: a) la característica de los compuestos aromáticos que tienen ciclo; b) estructura plana y conjugación; c) la regla de Hückel y; d) las reacciones de los compuestos aromáticos. Los resultados mostraron diferencias significativas entre los promedios de los puntajes de rendimiento de los estudiantes, o sea, que hubo una gran desviación estándar, en relación a las propiedades cíclicas, estructura, doble enlace conjugado, las reacciones de compuestos aromáticos y compuestos aromáticos obedeciendo la regla de Hückel.

Al parecer los resultados obtenidos fueron debidos a una insuficiente explicación sobre el concepto aromaticidad en el programa de química y expuesto de manera errónea en algunos libros de texto de química usados por los estudiantes. Los mismos investigadores al revisar varios libros de texto de química han encontrado errores conceptuales como los siguientes:

a) En algunos dice que “los compuestos aromáticos deben tener un ciclo de benceno”. En cambio, lo cierto es que los compuestos con un ciclo bencénico pueden ser aromáticos.

b) Aceptar que el benceno tiene como fórmula estructural el ciclohexatrieno es un error. Ambas nominaciones no son equivalentes, con sus respectivos calores de hidrogenación se da cuenta que son diferentes nombres para significar distintas sustancias, además porque la palabra ciclohexatrieno no corresponde a un material real, este nombre es hipotético.

c) Una definición usual e insuficiente es “los compuestos aromáticos con estructuras cíclicas pueden ser obtenidos principalmente del alquitrán de hulla”. Hace pensar en la manera como adquiere la aromaticidad.

Avellaneda y Navarro (2013) en sus orientaciones para la enseñanza de los aromáticos y el desarrollo de pensamiento científico en los estudiantes proponen actividades aplicadas a los conocimientos científicos adquiridos, con el apoyo de diversas situaciones de aprendizaje problematizadas para comprobar con su experiencia, con la ayuda de prácticas de laboratorios un autoaprendizaje positivo posibilitando la deducción y por ende el aprendizaje significativo de conocimientos científicos complejos.

Estas autoras proponen una base experimental de aprendizaje en la extracción del aceite de esencia de clavo de olor por medio del método de arrastre por vapor y posterior condensación de la mezcla gaseosa vapor y esencia. Finalmente debe separarse por decantación. Con este procedimiento se logra, vivenciar el comportamiento y características de un compuesto de estructura aromática. Proponen para ello una metodología cualitativa que comprende cinco fases: a) Acercamiento inicial sobre la realidad específica de análisis; b) Identificación del tema o problema de investigación; c) Exploración de la literatura; d) Preparación y análisis de los datos; e) Formulación de la pregunta de investigación.

Las investigadoras Farré y Lorenzo (2012), encontraron que al incorporar el componente histórico a la enseñanza del comportamiento y las propiedades de los compuestos bencénicos a través de la consulta de fuentes primarias y secundarias, se favorece una visión contextualizada acerca del tema al considerar las dimensiones temporoespaciales, políticas y socioculturales. Dicha incorporación permite revelar diferentes teorías buscando dar las mejores explicaciones, mostrando una visión dinámica de la construcción del conocimiento científico, y tal vez echar luz sobre ciertas dificultades propias de los estudiantes en su aprendizaje. Además, se encontró en dicha introducción una ayuda a instalar una visión epistemológica de la disciplina y ofrece una visión dinámica y contextualizada de la ciencia. Así, al parecer el recorrido histórico de la construcción del modelo de estructura del benceno incrementa el conocimiento pedagógico del contenido en profesores y ofrece mejores y mayores oportunidades de aprendizaje a los estudiantes.

Las mismas autoras, pero dos años más tarde (Farré y Lorenzo, 2014), emplearon el análisis del discurso como una estrategia metodológica para aproximarse al estudio del conocimiento didáctico del contenido en uso en el momento de la clase de profesores de química orgánica del nivel universitario. Demostraron que destinando más tiempo y empleando más estrategias comunicativas sobre el concepto de aromaticidad, se consiguen resultados favorables.

Las conclusiones de este trabajo referidas a los docentes fueron que los docentes presentan poca dedicación a la importancia de la enseñanza del mecanismo de sustitución electrofílica aromática característica en la estructura del benceno, para la cual se empleó menos tiempo. En este trabajo también se utilizaron más estrategias didácticas y evaluativas para la enseñanza y aprendizaje del mecanismo de la reacción característica de los compuestos aromáticos que a la misma estructura molecular de los compuestos aromáticos.

La enseñanza y el aprendizaje sobre las propiedades y comportamiento del benceno también fueron abordados por otros investigadores combinando la química con el deporte y la música (Fahmy y Lagowski, 2013). Esta metodología usa la teoría de las inteligencias múltiples

planteando a los estudiantes la posibilidad de usar la inteligencia rítmico musical, la inteligencia kinestésica corporal, y la inteligencia interpersonal para mejorar la lógica matemática y la inteligencia visual espacial; para profundizar en el entendimiento de la estructura del benceno y sus enlaces químicos, crear actitudes hacia el trabajo en grupo y obtener habilidades para planificar e implementar actividades al aire libre sistémicas eficientes y eficaces en química.

Para la realización de las actividades los estudiantes debían saber el diseño de la estructura y dibujarla en el piso de un salón múltiple o gimnasio. Posteriormente, los estudiantes escribían en fichas grandes las letras de los átomos C y H, dibujaban los electrones y escribían las palabras benceno, Kekulé híbrido 1, Kekulé híbrido 2. Luego por cada ficha un estudiante levantaba el respectivo símbolo y se ubicaba según la estructura en el piso con los demás estudiantes alrededor del hexágono. Los estudiantes que tenían los carbonos se unen con sus manos para representar enlaces σ (sigma) sencillos. A cada esquina se une otro estudiante marcado con el hidrógeno unido con enlace σ (sigma). Además, los estudiantes que representan los electrones se unían al interior del hexágono para representar los enlaces π (pi) dobles. Los estudiantes debían formar las dos formas híbridas de Kekulé. Luego los seis estudiantes que representaban los enlaces π (pi) se tomaban de la mano y se iban moviendo rítmicamente al son de la música desplazándose en forma circular dentro del hexágono queriendo representar la resonancia.

Esta actividad podría ser aplicable como modelo para mostrar la estructura del benceno en su reacción de sustitución electrofílica, en su estereoquímica, mecanismos de reacción y tipos de enlaces químicos. Además, al partir de estas actividades se espera que los estudiantes puedan alcanzar los siguientes logros:

1 8 0 3

- a) Comprender la naturaleza de los enlaces de orbitales sigma (σ) y pi (π) localizados y deslocalizados, su papel en la estructura y reactividad del benceno.

b) Adquirir habilidades interpersonales, en relación con la capacidad de cooperar con los demás y trabajar en equipo, propiciando un mejor ambiente para la calidad y cantidad de aprendizaje.

c) Fomentar la capacidad de explicar científicamente y demostrar conocimiento y comprensión de hechos esenciales, conceptos y teorías relacionadas con la estructura y reactividad de benceno.

Tobares (2003), hace un recuento histórico científico del concepto sobre la estructura molecular del benceno y resalta cuatro etapas en esta elucidación: con el descubrimiento del benceno por parte de Michael Faraday en 1825 quien inicialmente lo llamó bencina, se dieron los primeros acercamientos cognitivos. En una segunda etapa, décadas más tarde, se plantearon importantes preguntas clarificadoras sobre la manera cómo están distribuidos los átomos de carbono e hidrógeno en la molécula del benceno. Posteriormente, en 1931 Friedrich August Kekulé logró resolver satisfactoriamente la estructura conformacional aproximándose teóricamente a la realidad proponiendo una alternancia entre enlaces sencillos y enlaces dobles uniendo seis átomos de carbono dispuestos en forma hexagonal y con un átomo de hidrógeno unido a cada carbono, ubicados todos los átomos en un mismo plano. La última etapa se caracteriza por apogeo de la experimentación, la tecnología ondulatoria, novedades conceptuales y teóricas sobre resonancia y orbitales moleculares para concluir que el benceno es un híbrido de resonancia.

Para determinar la solubilidad de derivados bencénicos en la escuela secundaria, Goedhart y van Duin (1999) logran que los estudiantes pronostiquen el grado de solubilidad en agua de sustancias como el paracetamol basándose en la polaridad que poseen los grupos funcionales que posee la sustancia de manera independiente. En este proyecto académico, se concluyó que una gran cantidad de estudiantes usaban como criterio de evaluación la afirmación "compuestos polares se disuelven en solutos polares", pero sus argumentaciones no eran suficientes y parecían carecer de comprensión. Una segunda ronda de la investigación trató de proporcionar a los estudiantes una experiencia con solubilidades de varios compuestos orgánicos

y hacer que ellos mismos formularan posibles reglas a utilizar en sus hipótesis. Los estudiantes de secundaria formulan normas simples basadas en la comprensión del concepto "grupo funcional" y la clase de enlaces polar o no polar que existe entre los átomos del grupo funcional presente en la molécula bencénica.

En su estudio sobre la enseñanza de la utilidad de la simetría en el benceno, Kosheleva y Kreinovich (2014), retoman la estructura de benceno de Kekulé como ejemplo pedagógico para explicar la utilidad de las simetrías. Este relato dice que Kekulé además de valerse de la simetría también recurrió a su inspiración imaginativa alrededor del problema sobre la distribución atómica, bajo la cual se encontró con una imagen de una serpiente mordiendo su propia cola, que sería lo que le dio la idea de un anillo interno dentro del hexágono de carbonos, argumentando la deslocalización de los enlaces dobles carbono-carbono. Por lo que la simetría sustentada en la resonancia electrónica fue aparentemente menos complicada que recurrir a tratamientos matemáticos de longitudes y ángulos. Con este estudio se demuestra que debido a la simetría de la estructura hidrocarbonada (todos los átomos de carbono son equivalentes el uno al otro) solo hay tres posibles configuraciones de la molécula C_6H_6 : el anillo de Kekulé y otras dos configuraciones de anillo. Pero la de Kekulé da cuenta satisfactoria del comportamiento y estructura resonante del benceno.

Educación en ciencia y participación sociopolítica.

La formación en ciencia debe incluir una formación para la crítica y la acción, como lo argumentan Arango, Henao y Romero (2012), cuando postulan la necesidad de posibilitar a los estudiantes la participación social activa, tomar posturas argumentadas, compartir sus consideraciones, someter a juicio decisiones sociocientíficas, proponer cambios de aplicaciones de ciencia y tecnología que beneficien a las comunidades, contribuir a la construcción de una democracia participativa.

Intervenir en la sociedad es un objetivo importante que debe asumir la educación en ciencia, buscando que las personas adquieran capacidades para poder participar en las decisiones tecnocientíficas que afectan la comunidad, interviniendo en la sociedad civil de modo participativo, propositivo y resolutivo en la construcción de una sociedad mejor para todos (Acevedo y otros, 2005).

En los esfuerzos por impulsar desde el currículum de ciencias la preparación de los estudiantes para la toma de decisiones argumentadas se destaca el trabajo de Solbes y Vilches (2005), proponiendo una educación científica para una ciudadanía responsable frente a problemas de afectación personal y social. Uno de estos problemas, es el consumo masivo de productos que contienen derivados bencénicos y la diversidad de presentación de estos productos que se convierten en perjudiciales en la vida diaria. Esto justifica una formación en ciencia que ofrezca pautas y elementos que sirvan para tomar decisiones informadas, acerca de dicho asunto, que debe ser orientada bajo el enfoque CTSA.

Así, la educación en ciencias debe permitir al estudiante adquirir una visión adecuada de los problemas a los que se enfrenta él y su comunidad, sus causas y las medidas que se deberían adoptarse para poner fin a dichos problemas, ocasionados por el consumo de compuestos bencénicos. También se debe permitir a los estudiantes a ser capaces de realizar juicios argumentados sobre estas sustancias peligrosas de acceso rutinario, llevándolos a evaluar los riesgos y su impacto social y ambiental de su uso. De esta manera, el estudiante adoptará una posición responsable y fundamentada frente la oferta y el consumo de tales productos controversiales. Además de estos argumentos, la educación en ciencias debe permitir pasar a la acción social, para que la participación ciudadana llegue hasta el diseño de políticas públicas y la veeduría de las decisiones tomadas en las instancias de poder (Solbes y Vilches, 2005).

Conocer sobre las propiedades y comportamientos de los compuestos bencénicos es vital para tomar decisiones informadas y realizar acciones ya sea a nivel personal o comunitario posicionándose con argumentos científicos y éticos frente al problema de salud pública que

representan, esta imbuido además del enfoque CTSA por el enfoque CSC (Torres Merchán, 2011), que persigue mejorar en los estudiantes su aprendizaje y sus actitudes hacia el logro de un desarrollo sostenible al incentivar acciones encaminadas a la construcción de una democracia participativa; posibilitando y promoviendo la toma de decisiones fundamentadas.

En esta perspectiva, investigar acerca de propuestas alternativas para enseñar la química de los compuestos bencénicos en las que se involucran situaciones problema planteadas como cuestiones sociocientíficas, es ir al unísono con el objetivo principal de la educación científica que asume la necesidad de transformar y reconstruir en contexto mediante la aplicación de saberes y procederes (Arias y Frison, 2016).

2.6 Participación Ciudadana

Las sociedades democráticas son conscientes de lo importante que es tener en cuenta lo que la sociedad piensa y espera del desarrollo científico y tecnológico en un mundo competitivo, especializado y con desafíos. De este modo se garantiza la aplicación del Principio de Precaución que implica la participación ciudadana en la toma de decisiones, participación que se apoya en la sensibilidad social frente a las implicaciones del desarrollo tecnocientífico que puedan implicar riesgos para las personas o el medio ambiente y además; requiere un mínimo de formación científica que posibilite la comprensión de los problemas y de las alternativas de solución. Al respecto Bybee (1991) dice que ello constituye un argumento decisivo a favor de una alfabetización científica de la ciudadanía, cuya necesidad es cada vez mayor, sobre todo ahora, ante esta situación de auténtica "emergencia planetaria" que estamos viviendo.

1 8 0 3

En su respaldo, las Naciones Unidas declararon el período 2005-2014 como la Década de la Educación para un Futuro Sostenible. Antes, en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, conocida como "Primera Cumbre de la Tierra" celebrada en Río de Janeiro en 1992, se llamó a los educadores y a la ciudadanía en general a proponer decididas

acciones para conseguir un real diagnóstico sobre la gravedad de la situación y así acordar decisiones informadas, racionales e incluyentes.

La educación para la participación ciudadana debe ser un propósito complementario y esencial de los procesos de enseñanza aprendizaje de la ciencia, en los que se asume que la formación científica para la participación democrática debe ser un objetivo de carácter imperante.

2.6.1 Participación pública en políticas de ciencia y tecnología.

Las políticas de CyT significan un control y regulación social de la ciencia. Los antecedentes catastróficos y los impactos negativos ocasionados por la aplicación de la CyT han hecho que los gobiernos asuman como un desafío a sus poderes y autonomías la inclusión del pueblo en las agendas decisorias con sus propias consideraciones de ciudadanía, valores sociales, ética y bienestar común frente asuntos relacionados con CyT. Este temor de los gobiernos a la participación informada de la ciudadanía hace que la hegemonía científica se resquebraje mostrando a los que supuestamente saben y tienen el conocimiento como quienes no les importa las consideraciones del pueblo, las necesidades de la gente, las condiciones sociales, económicas y políticas de la población. Quienes desconocen deliberadamente factores importantes sobre el equilibrio de los ecosistemas, las alteraciones ambientales y su incidencia en la vida tanto como organización de sistemas orgánicos y como maneras de asumir la existencia personal y social.

Todavía existen autores que argumentan que las decisiones con respecto a la gestión del riesgo debido a la aplicación del conocimiento científico y la utilización de los artefactos tecnológicos es mejor dejarlas a los expertos. Este argumento tecnócrata excluye al público ante las decisiones de CyT, sostienen que la ciencia es una institución autónoma y objetiva. Justifican su exclusión argumentando complejidad de las cuestiones, y rapidez de cambios de los problemas y soluciones, el público pierde el tiempo cuando trata de formar parte en la solución

de los problemas técnicos. Las élites, argumentan los tecnócratas, toman las decisiones más racionales y adecuadas. Sin embargo, frente a este argumento tecnocrático, hay un buen número de poderosas razones para defender la participación ciudadana en la gestión del cambio científico-tecnológico.

Mitcham (1997) destaca la existencia de ocho argumentos que justifican la participación ciudadana en asuntos decisorios acerca de CyT:

a) Realismo tecnosocial: los expertos no pueden escapar de la influencia pública. Habrá influencia de los gobiernos o de otros grupos de interés, pero la influencia es inevitable. Las decisiones tecnocientíficas nunca son neutrales.

b) Demanda del público: sin la participación y aprobación del público nada se realizará, como lo muestran los síndromes “*not in my back yard*” (NIMBY: no-en-mi-patio-trasero) y “*build absolutely nothing any where*” (BANA: nada-en-ningún-lugar).

c) Psicológico: no es infrecuente que los expertos tiendan a promover sus intereses a expensas de los intereses del público en general.

d) Consecuencias del cambio científico- tecnológico: aquellos que se ven directamente afectados por las decisiones técnicas podrían y deberían tener algo que decir sobre lo que les afecta.

e) Autonomía moral: los seres humanos son agentes morales. Como argumentó más radicalmente Kant, las personas ven su autonomía moral seriamente disminuida cuando las decisiones que afectan sus vidas son realizadas por otros heterónomamente.

f) Pragmático: considera que la participación pública llevará a mejores resultados.

g) Clásico ideal ilustrado de la educación: sólo la participación educará a los individuos y los hará más inteligentes acerca de su propio apoyo político y económico, como también sobre la complejidad de los riesgos y beneficios de la tecnología.

h) Realidades de la cultura postmoderna: el rasgo predominante en la ética de la cultura postmoderna es la pérdida de todo consenso moral fuerte. Tolerancia, diversidad, relativismo, minimismo ético, son las marcas de las tecno-culturas avanzadas. Lo mejor en tal situación es el consenso democrático participativo. De otro modo la tecnociencia creará sus propios incentivos y autoridad que romperá esta diversidad.

Estos argumentos proporcionan una serie de instrumentos para afrontar los diversos desafíos a los que nos enfrentamos respecto al ideal de la participación ciudadana en la toma de decisiones científico-tecnológicas. Por ejemplo, tan pronto como los científicos reivindican la objetividad científica para evitar la entrada del público en la gestión tecnológica, se puede hacer uso del primer argumento, el del realismo tecnosocial. Esta serie de argumentos pueden reducirse a tres argumentos fundamentales expuestos por Fiorino (1990): instrumental, normativo y substantivo.

El argumento instrumental defiende que la participación es la mejor garantía para evitar la resistencia social y la desconfianza hacia las instituciones. La participación ciudadana en la gestión de las decisiones sobre riesgo hace que éstas sean más legítimas y lleven a mejores resultados. El argumento normativo considera que la orientación tecnocrática es incompatible con los ideales democráticos, populares. Los ciudadanos son los mejores jueces y defensores de sus propios intereses. Sostiene 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.

El argumento substantivo acepta que los juicios de los no expertos son tan válidos como los de los expertos. Los no expertos, especialmente aquellos que poseen un conocimiento familiar del entorno, objeto de intervención, ven problemas, cuestiones y soluciones que los expertos no ven. Estudios sobre los juicios de los legos con relación a los riesgos tecnológicos revelan una sensibilidad a los valores sociales y políticos que las hipótesis de los expertos no consideran.

Regular públicamente o controlar la ciencia y la tecnología socialmente no es imponer límites al desarrollo, es renegociar las relaciones entre ciencia y sociedad: establecer quién debería decidir objetivos políticos en ciencia y tecnología y quién debería supervisar su cumplimiento. Los lemas de esta renegociación son: “participación popular”, “ciencia para el pueblo”, “tecnología en democracia”, etc. La tradicional rendición de cuentas es una forma indirecta de control social de apariencia, por llenar requisitos, pero no es suficiente, ni ofrece seguridad ante los cambios científico tecnológico que sin duda se presentarán cada vez más vertiginosos y plantean problemas más y más apremiantes.

Ante las diferencias en tipos de ciudadano y también de grupo social, la literatura sobre participación ciudadana señala un conjunto de criterios que permiten evaluar el carácter democrático de iniciativas de gestión pública en política científico tecnológica (Fiorino, 1990; Laird, 1993):

- a) **Carácter representativo:** debe producirse una amplia participación en el proceso de toma de decisiones. En principio, cuanto mayor sea el número y diversidad de individuos o grupos involucrados, más democrático puede considerarse el mecanismo participativo en cuestión.
- b) **Carácter igualitario:** debe permitir la participación ciudadana de la misma manera que con los expertos y las autoridades gubernamentales. Ello implica, transmisión de toda la información, disponibilidad de medios, no intimidación, igualdad de trato y transparencia en el proceso.
- c) **Carácter efectivo:** debe traducirse en una participación real e influencia sobre las decisiones adoptadas. Para ello es necesario que se produzca una delegación de la autoridad o un acceso efectivo a aquellos que la detentan.
- d) **Carácter activo:** debe permitir al público participante involucrarse activamente en la definición de los problemas y el debate de sus parámetros principales, y no sólo considerar reactivamente su opinión en el terreno de las soluciones. Se trata de fomentar una participación integral en la que no haya puertas cerradas de antemano.

En el tema de la participación pública en la gestión de la política científico tecnológica existen dos grandes teorías de la democracia fundamentales para definir quién ha de participar, el pluralismo y la teoría de la participación directa. El pluralismo está basado en las acciones de los grupos de interés organizados voluntariamente. Los ciudadanos asumen unirse y apoyar estos grupos para fomentar sus intereses, de modo que el gobierno democrático es visto como el funcionamiento libre y exitoso de estos grupos a través de la interacción de los unos con los otros y con el gobierno.

La participación directa se basa en la noción de que la gobernabilidad democrática implica la participación de los individuos en el establecimiento de las diferentes políticas. La comparación de las diferencias y de las semejanzas nos proporciona una visión mayor y más amplia de lo que significa defender que alguna forma de participación es democrática. Desde la teoría de la participación directa, los actores que han de participar son:

- a) Personas directamente afectadas por el cambio tecnológico o ambiental.
- b) Público involucrado, afectado o interesado por sus convicciones sociales.
- c) Consumidores de los productos de la ciencia-tecnología.
- d) Comunidad científica e ingenieril.
- e) Desde la teoría pluralista, los actores que han de participar son:
- f) Grupos de ciudadanos.
- g) Organizaciones no gubernamentales (ONGs)
- h) Asociaciones de científicos.

En este punto es interesante ver cómo los argumentos normativos que establece Fiorino (1990) son importantes no sólo en tanto que razones válidas que fundamentan la participación del público como criterios normativos para evaluar los diferentes mecanismos de participación, sino también como criterios que nos permiten definir al público.

Sobre la base de las condiciones anteriores, algunas de las principales opciones de participación pública que han sido ensayadas en diversos países, especialmente Estados Unidos,

Australia, Reino Unido, Suecia y los Países Bajos (Méndez Sanz y López Cerezo 1996; García Palacios 1998). Entre los mecanismos más dinámicos se destacan en primer lugar, en el ámbito administrativo,:

a) Las audiencias públicas: son habitualmente foros abiertos y poco estructurados donde, a partir de un programa previamente determinado por los representantes de la administración, se invita al público a escuchar las propuestas gubernamentales y comentarlas.

b) La gestión negociada: se desarrolla por parte de un comité negociador compuesto por representantes de la administración y grupos de interés implicados, por ejemplo los trabajadores, sector productivo, organizaciones ecologistas, etc. Los participantes tienen acceso a la información relevante, así como la oportunidad de persuadir a otros y alinearlos con su posición.

c) Los paneles de ciudadanos: se basa en un modelo de jurado, aunque aplicado a temas científicos tecnológicos y ambientales. La idea es que ciudadanos corrientes se reúnan a considerar un asunto en el que no son expertos después de haber recibido información de peritos y autoridades.

d) Las encuestas de opinión: sobre asuntos relacionados con la innovación tecnológica o la intervención ambiental. Su propósito es proporcionar un testimonio de la percepción pública sobre un asunto, para ser tomada en cuenta por el poder legislativo o el ejecutivo.

En segundo lugar, en el ámbito judicial se destaca la litigación como el principal procedimiento que tienen los ciudadanos para restringir y dirigir el cambio tecnológico que se han convertido en muchos países occidentales.

2.6.2 Educación tecnocientífica.

Dentro de los países con una economía de mercado encontramos que el consumo diferencial de productos científicos tecnológicos, son frigoríficos, alimentos o prendas de vestir, en aquellos países cuyas legislaciones nacionales sobre etiquetado permitan ejercer esta forma de control social. La figura 2 muestra un esquema donde confluyen distintos aspectos que intervienen en la toma de decisiones sociales frente a asuntos de CyT.

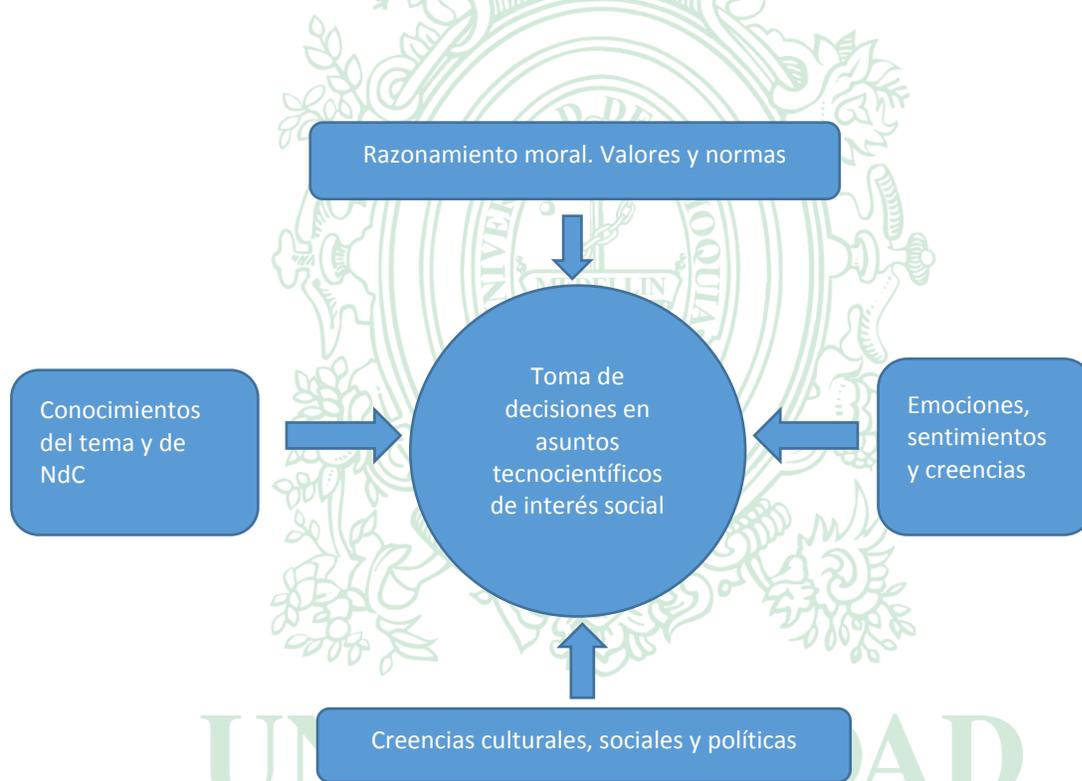


Figura 2. Factores influyentes al tomar decisiones tecnocientíficas.

La educación tecnocientífica debe incluir estrategias para el aprendizaje social de la participación ciudadana (Gordillo, 2005). Para ello se ha de contar con materiales educativos que favorezcan una enseñanza socialmente contextualizada de la ciencia y la tecnología y hagan posible aprender a participar en el aula. Estos materiales educativos plantean controversias sobre las que los alumnos han de tomar decisiones.

Estos asuntos controversiales hasta ahora se centran en temas CTS muy diversos como por ejemplo: investigación sobre vacunas, dopaje en el deporte, riesgos de la telefonía celular, plataformas petrolíferas, gestión del agua, residuos sólidos, planificación urbanística, redes de transporte, comida rápida frente a alimentación tradicional, e implicaciones de Internet para la escuela.

La alfabetización científica de la ciudadanía, en opinión de muchos expertos y responsables políticos, constituye hoy día un componente básico de la educación ciudadana (Gil y Vilches, 2006). Pero, según estos autores, quedan los siguientes interrogantes por contestar: ¿es necesaria, realmente, una formación científica para toda la ciudadanía? ¿Es posible alcanzar dicho objetivo? ¿Merece la pena el esfuerzo requerido? ¿A qué se debe el amplio rechazo por los estudios científicos? ¿Qué puede aportar realmente la ciencia a la educación ciudadana?

A manera de pronóstico, Print (2003) plantea que las estrategias en el aula deben dinamizar proactivamente a los estudiantes. En este sentido, las características de una pedagogía de la educación cívica tiene que ver con: la incentivación del aprendizaje a través de la experiencia; la interacción entre valores con sus justificaciones; la búsqueda por la formación de un pensamiento reflexivo y crítico. La implementación de la estrategia debería ejercitar a los estudiantes en la realización de su capacidad de elección entre propuestas sociales y en la defensa de sus valores; generar en el aula las condiciones que favorezcan el aprendizaje de una participación activa en el ámbito social. Estas estrategias en la educación cívica son apropiadas para lograr que los estudiantes sean ciudadanos participativos en la consolidación de un sistema democrático.

Capítulo 3. Metodología

La presente investigación tiene el carácter de científica ya que pone en marcha una metodología en las clases de Química basada en una teoría educativa que propone la resolución de problemas planteados como Cuestiones Sociocientíficas (CSC) dentro de un enfoque Ciencia Tecnología Sociedad Ambiente (CTSA), con el objetivo de conseguir resultados teóricamente predecibles y de comprobar la teoría, evaluando, ajustando o negando hipótesis. Además, el carácter científico de este trabajo puede evidenciarse ante la posibilidad de que sus resultados pueden servir para corregir la metodología usada a la luz de sus consecuencias prácticas. Esta afirmación concuerda con la propuesta que estima que el prestigio de la investigación educativa depende que ésta contribuya a mejorar la práctica (Rodríguez y Nieto, 2010).

Este trabajo se plantea dentro del paradigma de investigación educativa de la perspectiva crítica (Rodríguez y Nieto, 2010). En este paradigma se busca un cambio individual y social posibilitando a las personas el acceso al poder sobre sus propias vidas. Es así como desde esta perspectiva crítica se intenta promover movimientos sociales y políticos en educación, capaces de evaluar y transformar las realidades prácticas de escuelas y clases concretas. De acuerdo con este marco, en esta investigación se pretende aumentar el nivel de la participación ciudadana del estudiante, y posibilitarle la transformación de los estilos de vida de la comunidad educativa con la que interactúa. La calidad de esta investigación se sustenta en dos aspectos: a) por su grado de contextualización histórica, porque cuenta con las situaciones reales sociales, políticas, culturales y económicas en que se desenvuelve el estudiante; y, b) por el grado en que se busca construir conocimiento, concienciar y motivar a la acción social para transformar la realidad actuante (Rodríguez y Nieto, 2010).

El diseño metodológico de la presente investigación es de carácter cuasiexperimental, ya que en ella se provoca o manipula el fenómeno estudiado usando una estrategia didáctica alternativa y se determinan los valores obtenidos de las variables independientes como son el aprendizaje conceptual y el nivel de participación ciudadana, pero quedan por controlar muchas variables extrañas (Rodríguez y Nieto, 2010). Así mismo este es un diseño cuasiexperimental porque incluye el uso de pre-test y pos-test sin grupo de control y propone el establecimiento de correlaciones presentes entre las variables del fenómenos tal y como se producen en la realidad.

Esta investigación por tratarse sobre los procesos de enseñanza aprendizaje de una ciencia natural, requiere de la implementación de métodos cuantitativos y cualitativos para el tratamiento de la información. Así, se recolectan datos cuantitativos a través de la aplicación de tests y del uso de herramientas estadísticas para analizar la información proveniente de las entrevistas para tratar de establecer relaciones entre variables. También, se examina usando métodos cualitativos la información de carácter holístico que se obtiene a partir de las entrevistas y las rúbricas usadas para describir e interpretar las acciones sociopolíticas emprendidas por los estudiantes.

Por estas razones, el tipo de investigación que se plantea en este trabajo, es de carácter mixto, cualitativo y cuantitativo, y está enmarcado dentro de un enfoque investigativo crítico dialéctico. Los registros y datos generados fueron tratados en primera instancia por métodos cualitativos (categorización, clasificación, relación, interpretación). En segundo lugar, algunos de los datos tratados de forma cualitativa sirvieron para obtener información cuantitativa básica como frecuencias, promedios, porcentajes y rangos de categorías.

La proposición del desarrollo y ejecución de la propuesta de estrategia didáctica basada en resolución de problemas será coherente con los elementos del plan de estudios en educación científica propuesto por Hodson (2011):

a) Aprender ciencia y tecnología: adquisición y el desarrollo del conocimiento conceptual y teórico en la ciencia y la tecnología, y la obtención de la familiaridad con una gama de tecnologías.

b) Aprender sobre ciencia y tecnología: desarrollo de una comprensión de la naturaleza y los métodos de la ciencia y la tecnología, el conocimiento de las complejas interacciones entre la ciencia, la tecnología, la sociedad y el medio ambiente, y una sensibilidad a las consecuencias personales, sociales y éticas de las tecnologías particulares.

c) Hacer ciencia y tecnología: la participación en el desarrollo de conocimientos y en la investigación científica y en la resolución de problemas; el desarrollo de confianza y competencia en la lucha en el "mundo real" contra una amplia gama de tareas tecnológicas.

d) Participar en acción sociopolítica: la adquisición de la capacidad y el compromiso de tomar las medidas apropiadas, responsables y eficaces en asuntos de interés social, económico, ambiental y ético-moral.

3.1 Hipótesis de trabajo

La hipótesis de trabajo planteada en esta investigación consiste en que la aplicación de una estrategia didáctica basada en el enfoque CTSA, en la resolución de situaciones problema presentadas como cuestiones socio-científicas, referidas al consumo de productos que contienen componentes benéficos y, en la realización de acciones socio-políticas para mejorar los hábitos de consumo de la comunidad; puede influir positivamente para que los estudiantes logren una construcción significativa de conocimientos conceptuales acerca de las propiedades y el comportamiento de los compuestos benéficos y consigan un aumento en sus niveles de participación ciudadana.

3.2 Variables de Investigación

Las variables a estudiar en la investigación están formadas por una independiente y dos variables dependientes del siguiente modo:

3.2.1 Variable independiente.

Esta variable está constituida por la estrategia didáctica basada en la estrategia didáctica de resolución de problemas planteados como cuestiones sociocientíficas bajo el enfoque CTSA para la enseñanza de la Química y en este caso, para la enseñanza y aprendizaje sobre las propiedades, estructura y comportamiento químico de los compuestos aromáticos.

3.2.2 Variables dependientes.

Las constituyen los procesos resultantes esperados de la aplicación de la estrategia, son el aprendizaje conceptual conseguido con la estrategia y la participación ciudadana alcanzada.

3.2.2.1 *Desarrollo conceptual.*

Esta variable se refiere a la construcción de conocimiento relevante y a la comprensión de los fenómenos referidos al comportamiento y la estructura química de los compuestos aromáticos. El aprendizaje conceptual que se espera alcanzar en los estudiantes con respecto a los compuestos bencénicos se refiere al conocimiento de sus propiedades físicas y químicas como son la solubilidad, el estado de agregación a condiciones normales, los puntos de ebullición y fusión, las propiedades básicas o ácidas, las reacciones químicas y la afectación fisiológica que puede generar el benceno en los seres vivos.

3.2.2.2 *Participación ciudadana.*

Esta variable se refiere a la forma en la cual el conocimiento científico es usado por los estudiantes para llevar a cabo acciones sociopolíticas con el fin de influir en la toma de decisiones de los sujetos que conforman una comunidad. En este caso, usando el conocimiento referido a las propiedades, estructura y comportamiento químico de los compuestos aromáticos para influir en las elecciones alimentarias y en la selección de productos de consumo de la comunidad. Este uso sociocientífico del conocimiento se clasifico en tres niveles de participación: informativo, consultivo y propositivo.

Por otra parte, en las acciones sociocientíficas realizadas surgieron diversas categorías que incluían diferentes elementos discursivos claramente diferenciados. Además algunas de estas categorías fueron establecidas a priori por el investigador. Dichas categorías se usaron luego para la interpretación y presentación de resultados. A continuación se define cada una de ellas:

Aditivo alimentario: sustancia sin valor nutritivo que se añade a un producto alimentario para proporcionarle alguna propiedad biológica, física o química estable en el tiempo. Los principales aditivos alimentarios se encargan de funciones de servir de preservantes, colorantes, saborizantes, odorizantes, antioxidantes, endulzantes, etc.

Acción sociopolítica: es toda actividad desarrollada por las personas en interacción con otros para asumir un compromiso solidario y comunitario en la construcción de una sociedad más justa, participativa y equitativa.

Consumo: se refiere a los procesos socioculturales en los que se realizan la apropiación y los usos de productos que evidencian preferencias y hábitos de compra para satisfacer necesidades primarias y secundarias. El consumo masivo da lugar al consumismo y este configura a una sociedad de consumo.

Contenido científico: son enunciados, en este caso verbales, en términos precisos con palabras de un significado unívoco que se obtienen de resultados de investigaciones teóricas o experimentales avaladas por la comunidad científica. El contenido científico sirve para argumentar una posición crítica, aconsejar, juzgar y evaluar fenómenos.

Estilos de vida: es el conjunto de actitudes y comportamientos que asumen los sujetos de forma personal o social que se evidencian en sus acciones o respuestas a las necesidades y deseos individuales o sociales. La Organización Mundial de la Salud (OMS) definió en 1986 el estilo de vida como “una forma general de vida basada en la interacción entre las condiciones de vida en un sentido amplio y los patrones individuales de conducta determinados por factores socioculturales y características personales (Consumoteca: consumidores bien informados, 2105). Un estilo de vida saludable incluye hábitos como una alimentación adecuada y saludable, la práctica habitual de ejercicio, el disfrute del tiempo libre, la interacción con otras personas, mantener la autoestima alta, etc.

Impacto en la salud: se relaciona con el grado de alteración o afectación que puede ocasionar alguna sustancia o acción ejercida sobre el funcionamiento normal de cuerpo. Un impacto negativo en la salud incide en aparición de enfermedades, sensaciones de dolor, inflamación o fiebre, y en general, afecta las condiciones de salud de una persona.

Productos: se refiere a un objeto consistente de elementos físicos y químicos combinados o constituidos de forma tal manera ofrece al usuario posibilidades de su utilización. Los productos cuentan con características organolépticas, y además de servir para fines específicos, les configuran criterios subjetivos, tales como imágenes, ideas, hábitos y juicios de valor que el consumidor emite sobre ellos.

Toma decisión: consiste en hacer una elección entre varias alternativas, implica un proceso reflexivo que empieza en la mente y se manifiesta en la acción. Consiste en hacer uso de la libertad personal y del poder de decidir. Muchas decisiones se adoptan sin saber las reales consecuencias. Las decisiones pueden ser cambiadas después de la asimilación de nueva información.

3.3 Fases de la Investigación

La investigación propuesta tiene tres fases: inicial, procedimental y concluyente, a continuación se describe cada una de las fases a desarrollar:

3.3.1 Fase inicial.

Inicialmente, en esta fase se construirá un marco conceptual que tendrá varios apartados: el primero trata sobre las metodologías de resolución de problemas. El segundo se ocupará del enfoque didáctico CTSA, en el tercer apartado, se teorizará sobre el uso de cuestiones sociocientíficas. El cuarto acápite de este marco referencial incluirá la teoría y conceptos sobre los compuestos aromáticos, en especial el benceno, sus propiedades, comportamiento orgánico y sus aplicaciones en alimentos y bebidas, incluyendo anestésicos, además; de los resultados de algunas investigaciones sobre sus efectos en la salud humana. En el quinto apartado, se presentarán algunas investigaciones con propuestas didácticas respecto a la enseñanza de los compuestos aromáticos. Finalmente, se incluirán los fundamentos de las formas de participación e intervención social. Posteriormente, se propondrá la estrategia didáctica alternativa basada en la resolución de problemas como CSC realizada por los estudiantes.

1 8 0 3

3.3.2 Fase procedimental.

Consiste en la ejecución de la propuesta didáctica alternativa, el registro y la recolección de los datos obtenidos a partir de dicha aplicación. Esta fase consta de las siguientes etapas:

Inicialmente, se hace un diagnóstico previo con respecto a las variables desarrollo conceptual mediante una prueba pre test y una entrevista. Así mismo, se realiza una fase exploratoria para reconocer lo que los estudiantes entienden por participación ciudadana y las formas de llevarla a cabo, haciendo uso también de entrevistas.

Seguidamente, se implementa la estrategia didáctica basada en la resolución de situaciones problemáticas como cuestiones sociocientíficas con enfoque CTSA. Esta etapa comienza con la presentación a los estudiantes de la nueva estrategia didáctica diseñada para el estudio de los compuestos aromáticos. Luego se explica en qué consiste dicha estrategia y se socializa el interés pedagógico en los estudiantes e investigativo en el profesor. Igualmente, en esta fase se plantean las ventajas, las hipótesis y los objetivos de la propuesta didáctica. Durante esta presentación se invita a los estudiantes para que voluntariamente decidan participar en la investigación asumiendo las actividades programadas en el desarrollo de la estrategia educativa.

La implementación se realiza a través de la puesta en discusión, en grupos de estudiantes, del problema presentado como CSC, al cual deben encontrar alternativas de solución contando con un soporte teórico, deliberadamente diseñado, que contiene la información necesaria para fundamentar la postulación de hipótesis y dilucidar las posibles soluciones a los interrogantes planteados en los problemas.

Posteriormente, se realiza una sensibilización y presentación de alternativas de acciones sociopolíticas a los estudiantes y se les propondrá que sean ellos mismos los que planeen la manera cómo van a participar mediante acciones sociopolíticas en la comunidad. La planeación de las acciones sociopolíticas deben incluir: objetivos, actividades a realizar, mecanismos de acción y posible evaluación.

3.3.3 Fase concluyente de resultados.

Es esta fase, se plantea el tratamiento y estudio de resultados a través del análisis de los datos y registros obtenidos durante y después de la aplicación de la estrategia. Para lo cual se usan algunas técnicas cuantitativas y cualitativas. A partir de ello, se pueden establecer conclusiones, proponer otras alternativas y recomendar mejoras pedagógicas y didácticas en la investigación.

3.4 Diseño de la Estrategia Didáctica Alternativa

La estrategia ha sido planteada para realizarla con estudiantes de once grado de bachillerato por su contenido en Química Orgánica, con intención de proyectar el aprendizaje y las reflexiones a la sociedad en general.

3.4.1 Población.

Está conformada por estudiantes del último grado de educación media. Se caracterizan por ser jóvenes apropiados de algunas competencias básicas académicas, comunicativas, ciudadanas y con un grado de concientización del trabajo en equipo.

3.4.2 Grupo participante de la investigación.

Lo componen 11 estudiantes autoseleccionados del grado once de bachillerato de la Institución Educativa Loma Linda de Itagüí, los cuales están dispuestos a participar voluntariamente en la ejecución de la propuesta investigativa. Con ellos se acordó un

consentimiento ético sobre el manejo de la información y la comunicación de los resultados, tal acuerdo se firmó en el formato que aparece en el anexo 1.

3.4.3 Distribución en el tiempo.

El tiempo de implementación de la estrategia didáctica se ha programado para diez semanas. Durante las primeras 4 semanas se aplican los instrumentos iniciales, pre-test y entrevista, a nivel individual; y también se ejecuta la parte correspondiente a la resolución de problemas referidos a cuestiones socio-científicas, por parte de los equipos de estudiantes. En la resolución de dichos problemas cada grupo se enfrenta a tres problemas diferentes por semana, pero bajo la misma perspectiva.

Se emplean cuatro semanas más para planear y ejecutar las intervenciones sociales y las actividades de socialización del conocimiento en la comunidad, en la sociedad y en los medios. Dichas actividades planeadas podrán ser realizadas en las instancias institucionales y democráticas, y podrán consistir también en iniciativas políticas de interés general por el bienestar social.

Finalmente, en la novena y décima semana se procede a la evaluación de la estrategia. Para ello se aplicarán los instrumentos de evaluación de la estrategia indicadores de aprendizaje conceptual y, acerca de la participación ciudadana a los sujetos participantes. Es decir, se recurre en primer lugar, a la aplicación del pos-test sobre el aprendizaje conceptual del comportamiento, las propiedades y estructura de los compuestos aromáticos. Además de esto se llevarán a cabo un proceso de resolución de problemas con formato de entrevista para determinar el grado de aprendizaje conceptual de los estudiantes.

En segundo lugar, se aplicarán entrevistas sobre la naturaleza de la participación ciudadana realizada por los estudiantes y, además se aplicará una rúbrica sobre las diversas acciones sociopolíticas llevadas a cabo por los estudiantes para evaluar los niveles de participación social alcanzados por ellos al usar el conocimiento científico referido a la química para tratar de cambiar los hábitos alimentarios de sus comunidades.

3.4.4 Sistematización de datos y registros.

En esta parte se tratarán de manera sistemática los datos e información obtenida a partir de la puesta en marcha de los instrumentos que fueron diseñados bajo criterios de una validez consensuada por varios docentes investigadores universitarios. Este tratamiento consiste básicamente en la cuantificación, ordenación, categorización, clasificación, interpretación y presentación de resultados. Aquí se considerarán aspectos cuantitativos como en el caso de resultados de los test, ante lo cual los elementos gráficos son importantes. También, se considerarán aspectos cualitativos en donde la descripción narrativa y el soporte de las categorías son los elementos importantes, como es el caso en las entrevistas y en la realización de las acciones sociopolíticas.

A partir del resultado derivado del tratamiento de los datos, se podrá responder la pregunta de investigación. Estos resultados estarán referidos al aprendizaje conceptual y a los tipos, mecanismos y niveles de participación ciudadana que alcancen y desarrollen los estudiantes a través de la realización de actividades de acción social e intervención informativa, propositiva y consultiva en los medios, en la comunidad y en instancias políticas. Ellos son:

3.4.4.1 Indicadores de aprendizaje conceptual: se refieren al conocimiento sobre las propiedades y comportamiento de los compuestos bencénicos. Tales propiedades tienen que ver con la solubilidad, el estado de agregación a condiciones normales, los puntos de ebullición y fusión, las propiedades básicas o ácidas. El comportamiento se refiere a las reacciones químicas

en las que participa el benceno y a la afectación fisiológica que los compuestos bencénicos pueden causar a la salud humana.

3.4.4.2 Indicadores de participación ciudadana: se refiere a los niveles de participación alcanzados mediante la realización de las acciones sociopolíticas usando los siguientes indicadores. Para este estudio se tuvieron en cuenta tres niveles de participación ciudadana que pueden alcanzar los estudiantes mediante la realización de las acciones sociopolíticas: informativo, propositivo y consultivo.

a) *Informativo*: basado en el derecho a ser informado. es proveer información suficiente que sea útil en la toma de decisiones. En este caso se busca aumentar la comprensión de la información, parecido a un proceso de para que la ciudadanía pueda elegir entre diferentes alternativas.

b) *Consultivo*: se indaga a la comunidad por sus opiniones, preferencias, modos de conducta, disposición al cambio, participación ciudadana y modos de pensamiento. Los interrogantes se plantean y no necesariamente para ser respondidos por la audiencia, porque el hecho de plantearse una pregunta, implica una respuesta a si sea a nivel personal, la intención es que las personas se cuestionen y tomen decisiones reflexivas y críticas.

c) *Propositivo*: se proponen alternativas de solución ante problemas sociales y preferentemente para evitar la aparición de impactos negativos en la salud. También se plantean en forma de consejos racionales y pensamientos hipotéticos que invitan a la configuración de estilos de vida saludables

3.4.5 Interpretación de los resultados de la estrategia.

En esta etapa de síntesis y conclusiones, se interpreta la información derivada de la aplicación de la estrategia a la luz de la teoría y de los propósitos esperados en cuanto a aprendizaje conceptual y a participación ciudadana. Para ello se evalúan las implicaciones de la

investigación (teórico - prácticas), se relacionan los resultados obtenidos con los de estudios previos, se destaca la importancia y significado de todo lo estudiado, se establece cómo se respondieron las preguntas de investigación y si se cumplieron o no los objetivos, además, se comentan las limitaciones de la investigación y se discuten los resultados inesperados explicitando finalmente recomendaciones para otras investigaciones.

3.5 Configuración de la Estrategia

La estrategia didáctica que se propone está fundamentada metodológicamente en el proceso de resolución de situaciones problemáticas como controversias sociocientíficas y en la realización de acciones sociopolíticas. Está orientada por el enfoque CTSA, con los propósitos de mejorar en los estudiantes su aprendizaje conceptual y de aumentar sus niveles de participación ciudadana orientada hacia el cambio de hábitos alimentarios en la comunidad.

Esta propuesta didáctica se plantea a través de varias etapas: en primer lugar, se exponen las razones que explican la implementación de la perspectiva CTSA como marco referencial que circunscribe el trabajo académico. En segundo lugar, se justifica la aplicación de la resolución de problemas como proceso científico didáctico y potenciador de competencias investigativas en los estudiantes. En tercer lugar, se sustenta la aplicabilidad de las cuestiones sociocientíficas como modo de contextualizar los problemas que van a ser tratados. En cuarto lugar, se explican los pasos acerca de cómo se desarrolla la parte resolutiva de los problemas; y, finalmente, se detallan las actividades que los estudiantes realizarán como parte de las acciones sociopolíticas que emprendan entre la comunidad con la intención de transformar positivamente sus hábitos alimentarios.

Después de estas etapas que constituyen la fase que se podría llamar de aprestamiento, se presentan los problemas que se proponen para ser resueltos por los estudiantes. Los problemas se clasifican según los niveles propuestos por Hodson (2011 y 2013), llamados niveles de

sofisticación. Ellos forman los soportes sobre los cuales se construye la estrategia didáctica orientada al activismo social y sirven para que los estudiantes estén equipados con nociones sobre la comprensión de la ciencia, sus funciones interrelacionadas y sobre sus responsabilidades como sujetos informados en distintos contextos.

3.6 Implementación de la Estrategia Didáctica

La puesta en marcha de la estrategia didáctica está distribuida en las siguientes etapas:

3.6.1 Etapa sensibilizadora o inicial (primera semana, tres sesiones).

Consiste en la presentación al estudiantado de la estrategia didáctica a emplear, sus propósitos y la justificación de la contextualización de los compuestos bencénicos en una diversidad de productos de uso diario y personal, para el aprendizaje de sus propiedades y comportamiento; además, de hacer claridad en la necesidad de hacer útil el conocimiento en la construcción de una sociedad deseable.

Esta presentación se realiza a partir de la puesta en consideración de una historia real sobre los problemas a la salud ocasionados por el contacto o consumo de derivados bencénicos desde donde se puedan extraer, deducir o responder a los planteamientos con los elementos que se quieren dar a conocer, para que sean los mismos estudiantes los que lleguen a sus conclusiones, que propongan soluciones, tomen decisiones, sean críticos, reflexivos, éticos y morales, planeen acciones a seguir, reconozcan la necesidad de mejorar las condiciones de vida de los demás. Esta etapa sensibilizadora se reforzará con un componente teórico o de sustentación conceptual que justifique el enfoque CTSA y la resolución de problemas como CSC. También, se reafirma la posición natural de seres portadores de una moral y una ética intrínseca actuante en nuestra manera de pensar y actuar, y; se justifica la necesidad de emprender acciones sociopolíticas como contribución a proponer un mundo mejor.

En esta etapa inicial se propone también, un problema experimental representativo para la asimilación tangible, sensorial, conceptual y procedimental de algunas propiedades, y comportamientos de una sustancia aromática como una aproximación práctica y teórica.

3.6.2 Etapa diagnóstica (segunda semana, tres sesiones).

En esta etapa se lleva a cabo la aplicación inicial de instrumentos de investigación (test y entrevista) para identificar y caracterizar los saberes previos que poseen los estudiantes. Así en esta etapa se indaga en primer lugar, por los conocimientos conceptuales que presentan los estudiantes antes de comenzar propiamente la ejecución de la propuesta didáctica; además, se obtendrá información sobre los niveles de participación ciudadana.

Así mismo en esta etapa, se plantea a los estudiantes la importancia de reconocer los patrones de resolución de problemas, a través de la elaboración y orientación de un protocolo escrito y verbal, individual y del trabajo en equipo sobre los pasos que se utilizarían en la resolución de problemas. Esta actividad se lleva a realiza mediante la realización de un taller participativo o actividad lúdica que muestra la importancia de la sistematicidad del proceso y la posibilidad de plantear alternativas o cambios a los pasos o propuestas en proceso cuando sea necesario debido a singularidades o contextos aplicativos.

3.6.3 Etapa resolutive (tercera, cuarta y quinta semanas, nueve sesiones).

Se proponen a los estudiantes un conjunto de problemas relacionados con los inconvenientes que pueden ocasionar el consumo de productos fabricados con aditivos bencénicos. Los problemas diseñados están contextualizados en la vida cotidiana, son pertinentes y controversiales, por lo que resultan de interés e importancia vital para los estudiantes.

El diseño de cada problema está deliberadamente construido con relación directa a la estructura conceptual a aprender y abriendo la posibilidad de que se plantee un debate, juicio o reflexión crítica mediante la identificación y discusión de una cuestión sociocientífica generada en el problema. De esta forma, además de buscar aprendizaje, se busca formar carácter, destacar los principios éticos y motivar al estudiantado hacia la participación ciudadana.

Los problemas diseñados se clasificaron de acuerdo con la propuesta de Hodson (2011 y 2013), que consiste en un plan de estudios basado en cuestiones de activismo social que él nombra como "cuatro niveles de sofisticación":

Tabla 2. Niveles de sofisticación de los problemas (Hodson, 2010)

Nivel	Descripción
Nivel 1	Valorando el impacto social y ambiental del cambio científico y tecnológico, y reconociendo que la ciencia y la tecnología son construcciones sociales determinados culturalmente.
Nivel 2	Reconociendo que las decisiones sobre del 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 están inexorablemente vinculados con la distribución de la riqueza y el poder.
Nivel 3	Desarrollando las propias opiniones y apertura a posiciones discutibles.
Nivel 4	Preparando y realizando acciones sobre cuestiones tecnocientíficas de afectación social y ambiental.

Los estudiantes conforman equipos de cinco integrantes interesados por la clase de problemas a resolver por afinidad estudiantil. Cada equipo de estudiantes estará acompañado por una persona adulta voluntaria de la comunidad educativa (un familiar de algún miembro de la institución, exalumno, vecino o amigo de la institución), para garantizar que todos los estudiantes asuman su rol con responsabilidad. La persona voluntaria 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.

Posteriormente, se da lugar en cada grupo el desarrollo del proceso heurístico en la búsqueda de alternativas de solución a cada uno de los problemas planteados con sus respectivas hipótesis, formas de comprobación, síntesis, conclusiones y proposiciones. Para esto, los estudiantes disponen de las fuentes de información teórica y de los conceptos prerequisites suficientes y necesarios para abordar el problema. El método usado para el tratamiento de los problemas por parte de los estudiantes debe contener como mínimo los siguientes pasos:

- a. Comprensión del problema. Se evidenciará mediante la enunciación, representación y reformulación de la situación problémica.
- b. Consulta de fuentes de información para proceder a la formulación de hipótesis fundamentadas.
- c. Proposición de hipótesis y supuestos enmarcados en la teoría como alternativas de solución a la situación problémica.
- d. Implementación de las hipótesis bajo las condiciones del problema, registrando, estudiado e interpretando los fenómenos resultantes.
- e. Verificación de la efectividad de la solución y proposición de conclusiones.

3.6.4 Etapa de conocimiento en acción (sexta, séptima y octava semanas).

Consiste en la realización de acciones sociopolíticas por parte de los estudiantes en sus comunidades familiares, educativas, barriales, municipales y ciberespaciales. Dichas acciones sociopolíticas son a nivel informativo y formativo con un contenido referido a las probables consecuencias en la salud debido al consumo de compuestos bencénicos presentes en ciertos productos. Con en estas acciones sociopolíticas se quiere influir en la toma de decisiones frente a la elección de consumo, dirigidas en la promoción de modos de vida saludable. Dichas acciones sociopolíticas están apoyadas con argumentaciones, exposición de casos, planteamiento de opciones y recomendaciones de consumo. La implementación de estas acciones sociopolíticas tiene el objetivo de transformar el conocimiento conceptual construido en acción social. Estas acciones sociopolíticas se pueden concretar a partir de algunas actividades de intervención social como: representaciones teatrales formativas, campaña de lonchera saludable dirigida a la institución educativa y a los padres de familia, proposición de una política de alternativa de

ofrecimiento de la tienda escolar, producción de artículos para el periódico escolar, producción de videos en internet, campañas dirigidas a la comunidad barrial en centros comunales, iglesia y bibliotecas, implementación de grupos de discusión con la comunidad, campañas propositivas en el concejo de la ciudad, alfabetización científica a la comunidad, etc. En esta investigación se seleccionarán las siguientes 4 acciones sociopolíticas:

3.6.4.1 Representaciones teatrales.

El uso del teatro en la enseñanza de la ciencia y más particularmente en el campo de la enseñanza de la química, puede verse por ejemplo en la estrategia “Ciencia en Escena” de la facultad de Química de la UNAM, en la que se conforma un espacio académico para realizar representaciones teatrales en vivo sobre química. Las obras de teatro en esta propuesta están dirigidas a niños de primaria y a sus padres. Así en las distintas escenas se muestran experimentos que hacen divertida la ciencia y de aplicaciones emocionantes para la vida. Es importante decir que en esta estrategia la obra teatral no explica la ciencia, pero si motiva a las personas a interesarse por ella, a preguntarse y a sorprenderse (Chapela y Garritz, 2013). O sea, en la obra teatral los experimentos no son explicados desde las temáticas cognitivas sino que se presentan de forma lúdica para motivar a la ciudadanía hacia una educación no formal de descubrimientos científicos. De esta forma se combate el analfabetismo científico usando otras formas de comunicación científica como forma de generar cultura científica.

En esta estrategia didáctica, el entramado y desenlace del guion será de carácter comparativo. Los estudiantes podrían inicialmente representar escenas en que se muestren los resultados de los efectos del suministro diario de compuestos bencénicos a ratas y ratones en los laboratorios. Posteriormente, se pondrá en evidencia las tantas veces que se ingiere por vía oral, respiratoria o cutánea, compuestos bencénicos todos los días en la vida diaria. Finalmente, se propondrá el cuestionamiento sobre los riesgos a que se exponen las personas cuando se compara con las primeras escenas de experimentos con animales.

3.6.4.2 Campaña de intervención en espacio público.

Se trata de que los estudiantes comuniquen verbalmente a la gente de a pie sobre lo que contienen los comestibles y bebidas procesadas en fábricas, y los posibles daños que dichas sustancias puedan provocar a la salud. Además de conocer lo que la gente opina al respecto. La intención de esta acción sociopolítica será contribuir, mediante la difusión de contenidos de ciencia, al conocimiento informado que sirva para tomar decisiones respecto a los modos acostumbrados de consumo en un ejercicio de comparación entre lo que se sabe y los nuevos conocimientos.

3.6.4.3 Canción visión errónea

Las canciones son fenómenos de ocurrencia multivariada en tiempo, espacio y audiencia. Por medio de ellas puede accederse simultáneamente en muchos lugares y por muchas personas, y conllevan con ellas discursos ontológicos y epistemológicos. En esta estrategia, la canción creada por los estudiantes debería desarrollar el tema sobre los hábitos alimentarios de consumo de productos aditivados con compuestos aromáticos, como un hábito que es necesario cambiar para mejorar las condiciones de salud de las personas. La canción como acción sociopolítica trata el fenómeno social con el fin de comprenderlo y decidir sobre él; y además, es política porque promueve la comprensión sobre patrones culturales conductuales y, porque la crítica y reflexión sobre el sistema que funciona como sociedad de consumo hacen parte de ella.

3.6.4.4 Producción de videos publicados en YouTube.

Esta acción sociopolítica busca promover estilos de vida saludable en entornos escolarizados y no escolarizados y aportar en la construcción de saberes prácticos e importantes para la vida de todos. Con la elaboración del video de busca una transformación positiva bio-social que conduzca a a modos, condiciones y estilos de vida saludables; y al fortalecimiento de la capacidad de decisión sobre la salud pública.

Esta actividad también tendrá carácter de denuncia pública ante una mercadería y un consumo impuesto de alimentos con contenidos de aditivos perjudiciales para la salud, aditivos que la inmensa mayoría de las personas desconocen como potencialmente nocivos para el desarrollo de una vida sana. Con el video se busca hacer claridad y conciencia sobre lo que comemos y tomamos con sus consecuencias sobre el organismo cuando se consumen durante un tiempo prolongado.

El video puede hacerse en forma de una presentación dramatizada exponiendo los problemas de las sustancias benéficas, su enorme uso en los alimentos y cuestionamientos ante el tipo de vida que queremos para nosotros y las generaciones futuras.

3.6.5 Etapa culminatoria (novena y décima semana).

En esta etapa se lleva a cabo la aplicación de las pruebas post-test, la realización de entrevistas post estrategia y la aplicación de las rúbricas a las acciones sociopolíticas ejecutadas por los estudiantes.

Es importante decir, que para esta investigación se diseñaron 50 situaciones problemas como cuestiones socio-científicas (ver anexo 6) relacionadas con el consumo de compuestos benéficos, de las cuales sólo se seleccionaron 9 para ser solucionadas por los estudiantes. Esto se llevó a cabo teniendo en cuenta los periodos de clase disponibles para dedicarse a la solución de problemas, los cuales serán tratados de a uno por cada clase. Los nueve problemas seleccionados abarcan los tres primeros niveles de sofisticación según Hodson. Estos problemas se escogieron por pertenecer a la vida real, impactar a la salud y motivar la crítica, la reflexión y la decisión cambio (ver tabla 3).

Tabla 3. Selección de problemas propuestos a solucionar

ELEMENTOS CTSA	NÚMERO Y NIVEL DEL PROBLEMA	SUSTANCIA QUÍMICA CONTENIDA	NOMBRE DEL PROBLEMA Y CONTEXTO
Preservantes de uso masivo sin advertencias de su daño.	1 - N1	Benzoato de sodio en refrescos.	¿Alérgico y urticante una bebida refrescante? Referido a: dermatitis y daños hematológicos relacionados por el consumo de gaseosas.
	3 - 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.	22 - N1	Aspartamo en productos dietéticos.	Dulcemente impotente y enfermo. Referido a: disminución movilidad espermática por consumo de edulcorantes.
	25 - 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.	42 - 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 en carnes ahumadas y en cigarrillos.	49 - N2	Benzopirenos en carnes y pescados ahumados.	¡Qué calentura! Referido a: carcinógenos formados a partir de la combustión de la carne.
Anestésicos y antiinflamatorios causantes de enfermedades.	51 - N1	Paracetamol	¿Paracetamol o paraestarmal? Referido a: daños en el hígado por analgésicos.
	52 - N2	o acetaminofén	¡Un golpe sin dolor y al hígado! Referido a: causantes de problemas hepáticos de libre acceso.
Problemas de salud a partir del manejo de solventes industriales.	41 - N3	Xileno en el aire	Mejor en bici. Referido a: contaminación atmosférica propulsada por el comercio de automotores.

CAPÍTULO 4. ELABORACIÓN Y PUESTA A PUNTO DE LOS INSTRUMENTOS DE INFORMACIÓN

El primer documento que se presenta a los estudiantes participantes de la investigación es el protocolo ético para que ellos consientan lo que se va a hacer. En este protocolo ético se declara que, por parte del investigador, se hará uso adecuado y discrecional de la información producida y registrada en el marco de este estudio, con el único fin de lograr los objetivos propuestos para la investigación, y en la perspectiva de contribuir con aportes para el mejoramiento de la Educación en Ciencias de la Institución Educativa. Así mismo que se evitará la alusión a nombre propios, se valorarán los aportes con respeto y responsabilidad y, finalmente, los análisis y resultados serán compartidos en primera instancia con los participantes de la investigación. El modelo de protocolo ético se puede apreciar en el anexo 1.

Los instrumentos para determinar el desarrollo conceptual, referido a la construcción de conocimiento relevante y a la comprensión del comportamiento de la estructura química de los compuestos aromáticos; y también para determinar el nivel de participación social alcanzada por los estudiantes son siguientes:

- a) Pruebas sobre el aprendizaje conceptual de la Química del benceno. Dichas pruebas se aplicaran como pre y post test en el grupo muestra. No se usará grupo control.
- b) Entrevistas sobre el aprendizaje conceptual alcanzado por los estudiantes participantes de la investigación después de aplicada la estrategia didáctica.
- c) Rúbricas de aplicación sobre las acciones sociopolíticas realizadas por los estudiantes.

4.1 El Test sobre aprendizaje conceptual

Los tests que se aplicarán son sobre los conocimientos conceptuales que tienen los estudiantes acerca de las propiedades, estructura y comportamiento químico de los compuestos aromáticos. Se realizará el mismo test en dos momentos diferentes, antes y después de la ejecución de la estrategia didáctica basada en la resolución de problema y en el enfoque CTSA.

Para la evaluación de los contenidos referidos en la unidad didáctica del Benceno es necesario llevar a cabo un análisis epistemológico de sus contenidos, para poder identificar su estructura interna y separar los contenidos esenciales de los secundarios y un análisis de los tipos de razonamiento y de métodos de trabajo que exigirán la realización de las actividades propuestas.

La información recogida en el test está en forma de preguntas abiertas posibilitando a los estudiantes el planteamiento de cuestiones que faciliten la verbalización de las formas de interpretar el problema o fenómeno. Las situaciones propuestas son contextualizadas desde la vida real de los estudiantes y se prestan a ser estudiadas desde diferentes puntos de vista y además, de que animan a escribir ampliamente acerca de ellas. También son muy útiles las preguntas que invitan a usar lenguajes gráficos y simbólicos.

Los el test diseñados presentan preguntas, contextualizadas con situaciones cotidianas, se redactan de forma diferente a las de los exámenes para no direccionar las respuestas, requieran de explicaciones que usen razonamientos, creencias y puntos de vista y no incluyen un número muy grande de preguntas con el fin de evitar el tedio en los estudiantes para evitar la elaboración de respuestas superfluas y poco profundas. El mismo fue considerado en triangulación por pares de la Maestría y por profesores de la misma. El test cuenta con preguntas acerca de la estructura, las propiedades, la composición molecular y comportamiento de diversos compuestos bencénicos. El test entregado a los estudiantes para su desarrollo aparece en el anexo 2.

4.2 La Entrevista sobre aprendizaje conceptual

En esta entrevista se indaga sobre los conocimientos previos de los estudiantes acerca de las características y el comportamiento químico de los compuestos bencénicos. Esta técnica cualitativa semiestructurada por ser flexible ante el estudiante y por ser él mismo quien construye la respuesta, busca recoger información sobre acontecimientos y aspectos subjetivos de los estudiantes: creencias, actitudes, opiniones, valores o conocimiento que se pudiere expresar sobre una diversidad de productos de consumo masivo derivados del benceno.

En el diseño de la entrevista se tuvo en cuenta los objetivos, la naturaleza del tema, y el nivel de educación del informante. En esta se usan preguntas abiertas, de opinión, informales y de profundidad. La entrevista es dirigida para no omitir aspectos importantes, optimizar el tiempo y se hace de forma coloquial e informal.

La tipología de preguntas que se plantearon considera la experiencia del estudiante, sus opiniones y valores, sus sentimientos, su conocimiento y sus antecedentes cognoscitivos. La entrevista tiene una duración aproximada de 20 minutos y es grabada en un archivo de audio. El análisis de contenido se hace por categorización y tabulación de la información obtenida a través de entrevistas. La entrevista realizada a los estudiantes aparece en el anexo 3:

4.3 La rúbrica sobre las Acciones Sociopolíticas

A partir de la sensibilización y presentación de alternativas de acciones sociopolíticas a los estudiantes, se les propondrá que sean ellos mismos los que planeen la manera cómo van a participar mediante acciones sociopolíticas en la comunidad. La planeación de las acciones sociopolíticas deben incluir: objetivos, actividades a realizar, mecanismos de acción y posible evaluación.

En esta investigación se utiliza una rúbrica para caracterizar la variable participación ciudadana, referida al uso del conocimiento científico acerca del comportamiento y estructura química de los compuestos aromáticos en la realización de acciones sociopolíticas de intervención sobre la realidad social, para influir en la toma de decisiones referidas a elecciones alimentarias de los sujetos que conforman una comunidad. La rúbrica se utilizará para la medición de los niveles de participación en la intervención pública. Así, para medir la variable intervención ciudadana en el diseño de la rúbrica se tuvo en cuenta básicamente el nivel de participación alcanzado en las acciones sociopolíticas realizadas.

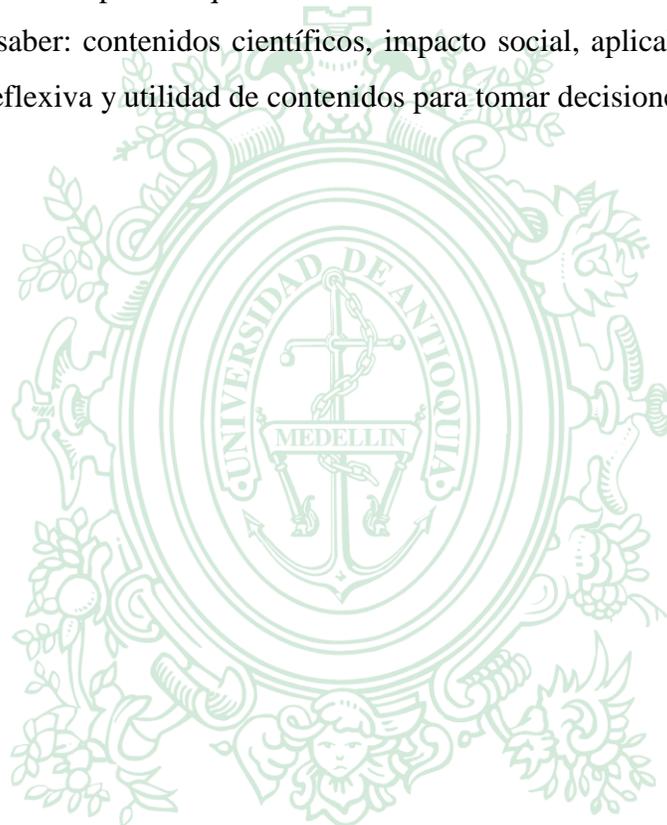
Entre las actividades propuestas a evaluar mediante la rúbrica aparecen:

- a) Representaciones teatrales.
- b) Campañas callejeras.
- c) Proposición de una política de alternativa de ofrecimiento de la tienda escolar.
- d) Publicaciones en el periódico escolar.
- e) Campañas a la comunidad barrial en centros comunales, iglesia y bibliotecas mediante foros o discusiones abiertas informativas, activas y propositivas.
- f) Producción de videos en internet, en Youtube, Twitter, Facebook etc.
- g) Campañas en el concejo de la ciudad.
- h) Cartas públicas denunciantes.
- i) Talleres para la elaboración de productos no bencénicos para la conservación de alimentos, el embellecimiento y aseo personal y del hogar.
- j) Vinculación a otros grupos de activistas para realizar acciones conjuntas.

Ejemplo *We Act*.

Con la rúbrica sobre participación ciudadana a partir de las acciones sociopolíticas realizadas por los participantes se pretende determinar los niveles de participación ciudadana alcanzados por los estudiantes a través de la realización de dichas acciones sociopolíticas que en este caso son: una obra te teatro, una canción, un video para YouTube y una campaña de divulgación en el espacio público.

En la rúbrica se van a determinar los niveles de participación: informativo, propositivo y consultivo presentados en las acciones sociopolíticas. Dichos niveles de participación serán establecidos también con respecto a cada uno de los elementos conceptuales significativos expresados en la acción sociopolítica que a han sido descritos en este trabajo como categorías del discurso, que son a saber: contenidos científicos, impacto social, aplicabilidad en la vida real, acción de criticidad reflexiva y utilidad de contenidos para tomar decisiones (ver anexo 4).



UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

CAPÍTULO 5. RESULTADOS

Aquí se presentarán los resultados del estudio, análisis e interpretación correspondiente al tratamiento de toda la información registrada a través del transcurso de la investigación. En este capítulo se resume, se explica, se sistematiza, se categoriza, se organiza, se compara, se tabulan y grafican, se relacionan los datos, registros e informaciones derivadas de la aplicación de los tests, las entrevistas y las rúbricas aplicadas a la obra de teatro, a la campaña de divulgación en el espacio público, a la canción y al video para YouTube.

5.1 Resultados sobre Aprendizaje Conceptual

Estos resultados se derivan de la aplicación del pre-test, del post-test y de las entrevistas acerca del conocimiento que tiene los estudiantes sobre las propiedades y el comportamiento de los compuestos bencénicos.

5.1.1 Resultados del pre y del post test.

Se ha establecido que la información significativa que se puede obtener a partir de las respuestas dadas por los estudiantes participantes tanto en el pre-test como en el post-test, son el porcentaje de respuestas correctas de cada estudiante y el porcentaje de estudiantes que respondieron correctamente las preguntas.

Puntaje Porcentual Estudiante: se mide como el porcentaje de respuestas correctas del estudiante. Los resultados de los test en puntajes porcentuales de los estudiantes se muestran en la siguiente gráfica:

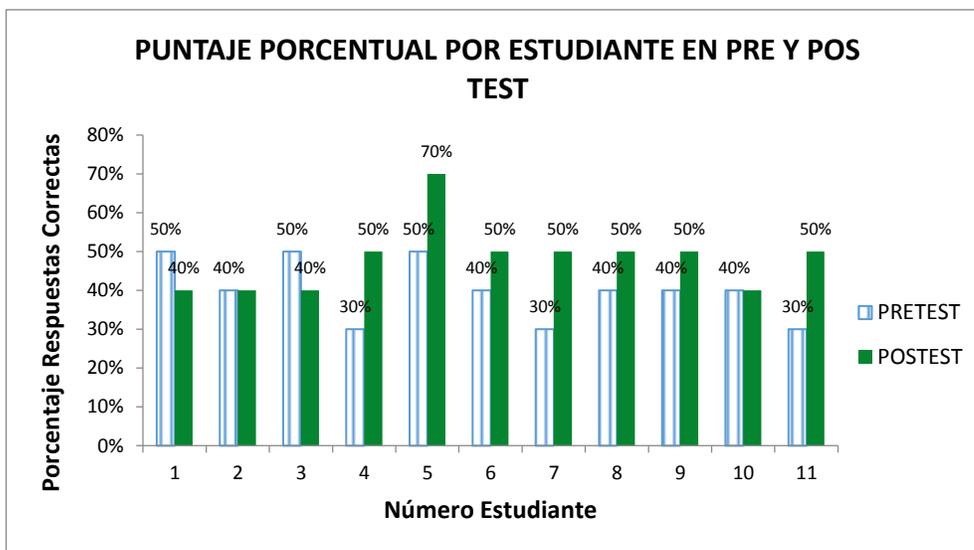


Figura 3: puntajes porcentuales por estudiante

A partir de estos datos se obtiene que los promedios de los porcentajes de las respuestas correctas de cada prueba son en el pre-test el 40% y en el post-test el 48%. Lo cual, corresponde a un aumento en el promedio porcentual del 8% en las respuestas correctas después de la ejecución de la parte de la investigación correspondiente a la resolución de problemas sociocientíficos. Comparando los resultados totales antes y después de la aplicación de la parte resolutiva de la estrategia didáctica CTSA, se puede decir que el post-test fue respondido con mayor eficacia por los estudiantes participantes.

Considerando el número de participantes, se observa que de once estudiantes, siete aumentaron el número de respuestas correctas en el post-test, mostrando así que mejoraron su comprensión de conceptos y teoría después de la ejecución de la parte resolutiva de problemáticas sociocientíficas. Además, se observa que dos estudiantes disminuyeron la asertividad en las

respuestas en el post-test. También, se presentó el caso de dos estudiantes que mantuvieron el mismo número de respuestas correctas en ambos test, con un 40% de respuestas correctas.

Se observa de la gráfica que la mayoría de los estudiantes, siete de once (el 63,6%), aumentaron el porcentaje de respuestas correctas en el post-test. A partir de este aumento se puede atribuir a la parte resolutiva aplicada un impacto positivo en cuanto a la asertividad para responder el mismo test antes y después de la resolución de problemas sociocientíficos. Pudiendo significar también, que con este ejercicio de la resolución de problemas de cuestiones sociocientíficas referidas al consumo de productos bencénicos, se consigue conceptualizar e interpretar mejor las teorías sobre fenómenos físicos y químicos acerca de los compuestos aromáticos.

Se puede ver que sólo un estudiante superó la mitad de las respuestas correctas en el post-test, También, es observable que en el post-test ningún estudiante obtuvo un puntaje inferior al 40% y la mayoría obtuvo un puntaje de 50%. Además, en el pre-test el puntaje mínimo fue de 30% y el máximo de 50%.

Porcentaje Estudiantes con Respuestas Correctas: se mide como el porcentaje de estudiantes que contestaron correctamente cada una de las preguntas. También, representa el índice de dificultad de cada preguntas, indica lo difícil que es contestar correctamente. Si la pregunta es difícil el porcentaje se acerca a cero y si es fácil se acerca a 100.

UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

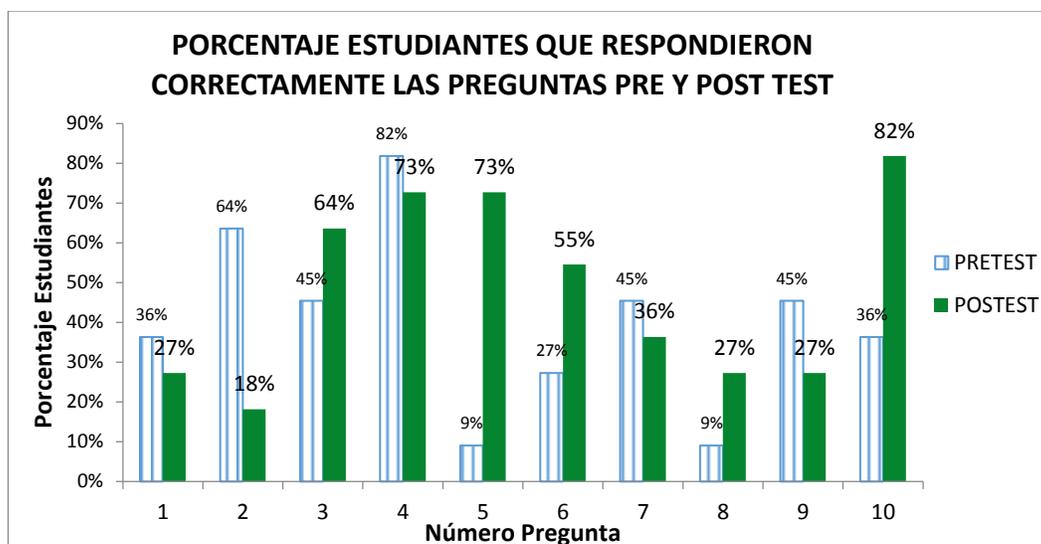


Figura 4: porcentaje de estudiantes con respuestas correctas

A partir de la gráfica de resultados del pre-test y post-test, se propondrá a continuación una explicación sobre el comportamiento observado de las respuestas de los estudiantes participantes en cada pregunta:

La pregunta 1 se refiere a la causa de la estabilidad química que los aditivos alimentarios le confieren a los productos, la razón es debida a la poca reactividad de los aditivos. Para contestar correctamente los estudiantes tendrían que haber asociado la estabilidad física y química de una sustancia con su poca capacidad para reaccionar con otras sustancias.

Y además, el que los aditivos alimentarios son las sustancias que no cambian con el tiempo y que se encuentran en las gaseosas, los refrescos, las golosinas, y en muchos medicamentos, y que la función de algunos aditivos es la impedir la proliferación de la vida a pequeña escala en alimentos empacados con la posibilidad de consumo a largo plazo. Lo importante, aquí es que la mayoría de los estudiantes no consideraron que los aditivos alimentarios sean compuestos aromáticos si no cicloalquenos. Esta inferencia fue contraria a la que precisamente se pretendía alcanzarse en los estudiantes con la aplicación de la resolución de

problemas. Aparentemente, los estudiantes no relacionaron la permanencia inalterada de algunas características organolépticas artificiales como sabor, textura, olor y color de los alimentos aditivados con la propiedad de estabilidad que tienen los compuestos aromáticos de reaccionar con pocas sustancias.

La mayoría de los estudiantes respondieron usando la definición de un preservante alimentario, dando a entender que han generalizado a los aditivos a una única función de sustancia antimicrobiana. Posiblemente, esta mayoría de estudiantes escogieron su respuesta por relacionarla con la parte de la pregunta que habla de que una de las funciones de los aditivos es la evitar la proliferación de microorganismos. Asunto que resulta atractivo a la primera impresión sin advertir que en la pregunta se presenta esta como una entre varias funciones de los aditivos.

Los resultados muestran que la proporción de estudiantes que respondieron correctamente esta pregunta en el pre-test fue del 36% y en el post-test fue del 27%. Esta disminución del 9% en la eficacia de los estudiantes muestra que no asociaron la versatilidad y multifuncionalidad de la diversidad de compuestos aromáticos que sirven como aditivos alimentarios con las propiedades de los aditivos. Vale la pena mencionar que mientras en el pre-test hubo una significativa inclinación por considerar, erróneamente, la estructura del aditivo aromático como si fuera un cicloalqueno, en el post-test la mayoría se inclinó a considerarlo como meramente sustancia antimicrobiana.

Es de advertir que en los problemas trabajados no se hizo hincapié sobre la composición cíclica insaturada resonante de los colorantes, saborizantes y fragancias; pero sí se presentó información para tratar el problema que relacionó la aparición de urticaria y alergias en la piel con el consumo del conservante benzoato de sodio presente en las gaseosas. En el documento entregado a los estudiantes que les sirve como soporte teórico para enfrentar los problemas, dice claramente respecto a los derivados bencénicos: “Estos compuestos están presentes en una amplísima variedad de alimentos bastante comunes en la dieta diaria, se encuentra en alimentos

con olor, color y sabor artificial; además, muchos se utilizan en preparaciones farmacéuticas de uso masivo, sin formulación, en anestésicos por ejemplo”.

Las respuestas a **la pregunta 2** mostraron un mayor acierto en el pre-test, el 64% de los estudiantes participantes; y sólo el 18 % de ellos en el post-test. Esta pregunta se refiere a la razón física por la cual el benceno tiene gran estabilidad química y la respuesta tiene que ver con su resonancia electrónica.

En el pre-test la mayoría de estudiantes no se dejaron persuadir por otra respuesta que pretendía confundir afirmando que la no formación de puentes de hidrógeno (de los que hasta entonces no se había hablado) es lo que hacía poco reactiva a la molécula de Benceno, muy estable. Aunque, en el post-test los estudiantes si escogieron dicha respuesta equivocada, tal vez por querer incorporar apresuradamente y darle importancia al nuevo concepto visto en la solución de los problemas, el enlace de hidrógeno. Esto puede ser debido a que en los soportes teóricos de los problemas sobre las reacciones del benzoato en las gaseosas y del acetaminofén, se indica que es mediante un enlace de puente de hidrógeno como se unen las estructuras resonantes oxidadas en el hígado a la guanina que forma parte de la estructura del ADN para formar el aducto cancerígeno. Es decir que, mediante la formación de puentes de hidrógeno entre un compuesto epóxido y la guanina se constituyen las mutaciones genéticas. Así, en general, son los compuestos aromáticos y no los cicloalquenos, los que se unen a otras sustancias mediante la construcción de puentes de hidrógeno.

Se nota que faltó hacer énfasis en la composición química del benceno en los problemas planteados a los estudiantes. Así, faltaron más detalles que mejoraran el conocimiento teórico sobre las propiedades de los compuestos aromáticos. Es decir, los problemas planteados en la estrategia no hicieron énfasis sobre las características que identifican al benceno como una estructura resonante; y tampoco, se enfatizó en la diferenciación entre los cicloalquenos y los aromáticos.

Esta pregunta pudo haber presentado dificultades debido a que implica la incorporación de nueva terminología como electrófilo, nucleófilo, alquilación, híbrido, entre otros; y el uso de símbolos novedosos (flechas, curvas y puntos de movimiento electrónico, carga iónica, representaciones de estructuras tridimensionales) lo puede representar una barrera de aprendizaje (Farré y Lorenzo, 2014).



Para el estudio de las propiedades moleculares se ha diseñado una estrategia didáctica para el estudio de la resonancia de sustancias químicas a partir de dos algoritmos de computador (Torrens y Castellano (2014), ayudando así a la comprensión del concepto de resonancia y de interacción de la radiación electromagnética. Ambas propiedades utilizadas para el conocimiento de la estructura interna de la materia y de sus propiedades. Los autores plantean una estrategia docente basada en el planteamiento de un caso y en el aprendizaje basado en problemas. La metodología de este trabajo incluyó moléculas diatómicas en las que se consideran a los átomos como partículas isótropas (presentan el mismo comportamiento independiente de la dirección de sus átomos).

En las respuestas a la **pregunta 3** se observa los participantes que respondieron esta pregunta correctamente pasaron del 45% en el pre-test al 64% en el post-test. Esta pregunta trata sobre la relación entre la representación gráfica del benceno por medio de un hexágono con una circunferencia adentro y su significado de movimiento sucesivo y continuo de los dobles enlaces de carbono en carbono.

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

Es de advertir que los problemas tratados durante la etapa de resolución no estuvieron relacionados con el desarrollo del concepto de resonancia electrónica estrictamente, pero dicho concepto si se presentó en el soporte teórico del problema “alérgico y urticante una bebida refrescante”, problema que trataba sobre las enfermedades producidas por el consumo de gaseosas en la que el benzoato de sodio es degradado en el hígado a compuestos fenoxílicos (radicales oxigenados) los que a su vez se unen mediante puentes de hidrógeno a la guanina del ADN formando así aductos (sustancias carcinogénicas). Estas reacciones se ilustraron

detalladamente en un mecanismo mostrando el cambio de posición de los dobles enlaces y cómo se iban acomodando los enlaces para sustituir elementos y unirse a otros. También, este concepto de enlace deslocalizados se presentó en los sustentos teóricos proporcionados a los estudiantes a través de gráficas de las moléculas bencénicas que estaban reaccionando y por ello variando la disposición espacial de las representaciones de los dobles enlaces.

Esos resultados se corresponden con los de otros investigadores que afirman que aunque para entender las características estructurales del benceno es necesario dedicar mucho más tiempo y recursos didácticos (Farré y Lorenzo, 2014), en las clases se hace mayor énfasis en la enseñanza del mecanismo de la sustitución electrofílica aromática.

También es necesario decir aquí que en los procesos de enseñanza aprendizaje de la Química el tema de los mecanismos de reacción es tratado con mayor frecuencia en las reacciones de cualquier compuesto orgánico, es más genérico; en cambio es poco lo que se trata con explicaciones sobre el fenómeno de aromaticidad en estructuras moleculares con resonancia electrónica.

La pregunta 4 es sobre la significancia de enlace híbrido en el benceno, el cual se refiere a la longitud de su enlace carbono-carbono consistente de un valor intermedio entre un enlace sencillo y uno doble. En el post-test se presentó una disminución del 9% en el porcentaje de estudiantes que contestaron correctamente en el pre-test (de 82% a 73%), aunque ambos valores se pueden considerar relativamente altos en cuanto a respuestas correctas. Este alto porcentaje puede deberse a que en la misma pregunta se dice que el concepto de híbrido se refiere a un valor de enlace intermedio. Tal vez, lo que induce a una contestación errónea; es que en el enunciado de la misma pregunta también se aluda al cambio de posición de los dobles enlaces dentro del ciclo bencénico provocando que los estudiantes relacionen el concepto de híbrido con el cambio posicional de los dobles enlaces y seleccionando la opción que un doble enlace “saltante” en lugar del concepto de enlace híbrido resonante.

Con respecto al indicador de esta pregunta es preciso decir que Fernández (2014) ha realizado una propuesta didáctica para entender el concepto de hibridación a partir de la manipulación de modelos moleculares. Esta investigadora afirma que en química orgánica es sumamente importante aprender a visualizar las formas estructurales de las moléculas en sus tres dimensiones y para este acercamiento a lo real, utilizan modelos moleculares con piezas que se ensamblan. Estos sirven además, para identificar los átomos que las conforman, los tipos de enlaces que los unen y como consecuencia, el tipo de hibridación que presentan.

Al mismo respecto Ferro, González-Jonte y Cruz (1995), argumentan que el problema de aprendizaje de la estructura de la sustancia se resuelve reconociendo la interacción entre las partículas como una forma propia del movimiento intra-atómico; idea que sustenta el estudio del enlace químico, en contraposición a la percepción generalizada de los estudiantes, del reposo y de la inercia respecto a la organización estructural estable en las especies moleculares. Es preciso decir también que puesto que usualmente es difícil la comprensión de los estudiantes de los conceptos de energía de enlace y energía química, es importante abordarlos en relación a la mecánica, la termodinámica, y la electrostática.

En las respuestas a **la pregunta 5** cuando se compara el pre-test con el post-test se ve un aumento del 9% al 73%. Esta pregunta se refiere a los grupos funcionales que están presentes en la molécula de aspartame: ácido, amina, éster. La respuesta a esta pregunta está ligada a la resolución del problema llamado “dulcemente impotente y enfermo” que se refiere secuelas en el hígado que generan las gaseosas dietéticas. Es importante decir que, en el material suministrado a los estudiantes se puede apreciar la estructura del aspartame y su transformación en el hígado a fenilalanina, al igual que su forma estructural, con los grupos funcionales señalados. Este aumento muestra como luego de la aplicación de la estrategia didáctica se consiguen identificar los grupos funcionales constitutivos de un compuesto aromático como el aspartame.

Este edulcorante ha sido utilizado para la enseñanza de Química universitaria usando métodos de resolución de problemas y de síntesis orgánica por Blanco, Hedrera, Dal Maso, y

Orelli (2008). Estos autores presentan el problema de utilización de aspartame degradado debido al tiempo de almacenamiento, ante lo cual sugieren consultar la literatura referida a su toxicidad, metabolismo, subproductos por degradación y, la utilización de posibles antioxidantes o conservantes para evitar su deterioro químico. El aprendizaje que se espera conseguir depende en gran parte de lo consultado por los estudiantes universitarios, aunque se menciona en el problema propuesto por los investigadores, que se utiliza en la fabricación de dulces dietéticos y que esta sustancia pertenece al tema de los compuestos bencénicos.

En este trabajo del que se hace referencia no se pregunta directamente por la composición de la aspirina, como si se hace en la pregunta 5 del test respecto al aspartame, pero si se informa de las materias primas con que se puede sintetizar la aspirina: benceno, tolueno, o-cresol, piridina, anilina, ácido acético, cloruro de acetilo, etc., de lo cual se puede deducir los grupos funcionales con que contará la composición final. O sea, que queda claro en dicho trabajo que una manera de saber la formulación de un compuesto es a partir de su síntesis, lo que es un caso diferente al análisis químico, que es como se presenta en la pregunta 5.

En la pregunta 6 solo el 27% de los participantes respondieron correctamente en el pre-test, mientras que en post-test lo hizo el 55% de ellos. Esta pregunta busca identificar si el estudiante diferencia entre las reacciones propias del benceno y las que no aplican a éste. En particular en la pregunta el estudiante debería descartar a las reacciones de adición como propias de los compuestos bencénicos, es decir reconocer a las reacciones en las que sucede una “sustitución” como reacciones típicas del benceno. Es importante decir que, en los soportes teóricos provistos a los estudiantes para que procedieran a la resolución de los problemas se presentaron varias reacciones químicas de sustitución en el “ciclo bencénico” acontecidas en el hígado y con los ácidos nucleicos; por lo que posiblemente, esto haya contribuido a afianzar el modelo de reacción química de los compuestos aromáticos.

Con respecto al tema al que se refiere la pregunta es decir a la comprensión de los enlaces inter-atómicos en una reacción química, Fernandes y Campos (2013) aducen que a través

dela “la resolución de problemas como actividad didáctica se alcanza resultados satisfactorios en el aprendizaje de dichos contenidos conceptuales” (p. 70). Ellos plantean que la abstracción asociada a la comprensión del concepto de los tipos de enlace existentes merece modelos y teorías alternativas que trasciendan lo tradicional. Por lo que, la construcción mental del concepto sobre el mecanismo de reacción química no se deriva de la exposición de ideas generales al respecto, requiere un mayor trabajo.

La pregunta 7 se refiere a los aditivos bencénicos presentes en una gaseosa. Esta pregunta se planteaba con el fin de conocer si los estudiantes identificaban a los edulcorantes, conservantes, colorantes y saborizantes como compuestos bencénicos. En el pre-test un poco menos de la mitad de los participantes (45%) respondieron correctamente; mientras que en el post-test el porcentaje de respuestas correctas disminuyó al 36%. Esto sucedió a pesar de haberse tratado durante la estrategia varios problemas sobre las gaseosas. Así al parecer, en el post-test los estudiantes a pesar de que reconocen que puede estar presentes compuestos bencénicos en las gaseosas como edulcorantes, colorantes y saborizantes, no reconocen que estos mismos compuestos bencénicos hacen parte de las gaseosas como conservantes y no como el gas que las caracteriza y no han distinguido que el dióxido de carbono no le confiere sus propiedades conservativas.

Con respecto al contenido de esta pregunta Blanco y otros (2008), proponen un problema de carácter socio-crítico en el que refieren la necesidad de uso de conservantes y edulcorantes presentes en diferentes productos alimentarios, proponiendo la síntesis de los antioxidantes butilhidroxitolueno (BHT) y butilhidroxianisol (BHA), a partir del benceno como insumo, ambos de carácter tóxico, y usados en la fabricación de conservas en la industria alimentaria,.

En la **pregunta 8** en el pre-test solo el 9 % de los estudiantes la contestaron correctamente en el pre- test y el 27% en el post-test. Tal vez este resultado se deba a que los estudiantes atienden sólo la primera parte del enunciado de la pregunta, seleccionando así una respuesta rápida y errónea en la que se dice que la propiedad de inmiscibilidad entre el benceno y el agua, es la razón por la cual entre es dos compuesto no se formen puentes de hidrógeno.

Además, ni en los problemas planteados a los estudiantes ni en sus soportes teóricos se expresó que los tumores se manifiestan en forma de una masa de grasa en el cuerpo, puesto que los compuestos bencénicos son liposolubles. Aunque sí se mencionó en los documentos teóricos dados a los estudiantes que los compuestos bencénicos son causantes de la generación de tumores en el cuerpo. Este es el caso de los problemas que hablan de las reacciones que ocurren entre los metabolitos del benzoato de sodio que viene en las gaseosas y el ADN; y también aquellos que hablan de los edulcorantes con su relación en la formación de tumores. Por otra parte es importante decir que culturalmente la acumulación de grasa no es relacionada con problemas de salud de las personas sino estéticos y que en muy pocas ocasiones se le relaciona a través de los medios de comunicación con la aparición de tumores cancerígenos. Así que es posible que este conocimiento cultural parcializado, hayan hecho que los estudiantes participantes de este estudio obviarán o no vieran el posible efecto de la bioacumulación de benceno en los compuestos grasos en la aparición de tumores cancerígenos.

Con respecto al resultado de esta pregunta, García y Garritz (2006), concluyeron que el ejercicio de entender el concepto de enlace químico es un tema complejo porque requiere de didácticas alternativas y de una cantidad significativa de conocimientos previos. Ellos encontraron que los estudiantes reconocen sólo dos tipos de enlace químicos, el covalente y el iónico. Además de determinar que ven al enlace por puente de hidrógeno como algo distinto a un verdadero enlace químico intermolecular. Estos mismos investigadores dicen que los estudiantes no dimensionan una razón electrostática significativa para explicar los distintos modelos del enlace químico, y que, los docentes no logran detectarlo a tiempo para intervenir en este sentido. Así mismo, agregan que es fundamental que la enseñanza de conceptos como es el de enlace, busque la comprensión del fenómeno en la vida, de modo que tenga sentido para los estudiantes al aprenderlo.

En la **pregunta 9** sólo el 35% de los estudiantes en el pre-test y el 27% de ellos en el post-test, contestaron correctamente, optando equivocadamente, por la respuesta que proponía que el producto final de la hidrogenación de un compuesto bencénico es una cadena carbonada abierta con enlaces sencillos. Esta pregunta pretendía saber si los estudiantes entendían que al

convertir un compuesto bencénico insaturado a otro saturado mediante la adición de hidrógenos, dicha hidrogenación no altera la forma cíclica de la molécula hexagonal, aunque si se convierte en un compuesto cíclico saturado. Es importante mencionar que estas respuestas se presentan a pesar de que en las muchas reacciones químicas presentadas como base teórica para que los estudiantes resolvieran los problemas planteados, no se presentó alguna reacción química que condujera al rompimiento de la estructura cíclica. Una explicación para este porcentaje de repuestas puede estar en que usualmente cuando hablamos de hidrocarburos saturados e insaturados en las clases de química nos referimos a hidrocarburos de cadena larga y los contextualizamos en el ámbito de las grasas saturadas e insaturadas y sus efectos para la salud humana. El resultado de este ítem puede ser debido a lo ya argumentado acerca de las dificultades que presentan los estudiantes la enfrentar terminología nueva como electrófilo, nucleófilo, alquilación, híbrido (Farré y Lorenzo, 2014).

En la pregunta 10 el 36% de los participantes dieron respuestas acertadas en el pre-test y el 82% lo hicieron en el post-test. Esta pregunta se relaciona con el fenómeno de la alquilación del benceno con cloropropano de cuya reacción resulta propilbenceno y ácido clorhídrico como productos. Estas respuestas se pueden deber a que en todos los problemas que involucraban reacciones químicas con los compuestos aromáticos, ya sea en forma de preservantes, edulcorantes, anestésicos o como toxinas formadas en la combustión, el soporte teórico suministrado a los estudiantes incluía los mecanismos de reacción de las reacciones de sustitución en los compuestos aromáticos, en los que se mostraba como un grupo de átomos se intercambiaba con el átomo de hidrógeno presente en el ciclo bencénico formando un nuevo compuesto bencénico alquilado (ciclo bencénico que ha sustituido al menos un hidrógeno por una cadena de carbonos).

Al respecto, López-Agudelo, Barragán, y Parra (2013) concluyen, que cuando los estudiantes estudian la reactividad química de las sustancias, lo hacen con dificultades porque lo ven como algo muy abstracto. Por ello, consideran conveniente que se haga una clara distinción entre el cómo y el por qué se lleva a cabo la reacción química. Entender el cómo va de la par con la interpretación de los mecanismos de reacción explicando la redistribución de los electrones en

la molécula con los cambios en los enlaces; y el por qué se resuelve a partir del entendimiento de la direccionalidad y espontaneidad de la reacción. Esta explicación se apoya el concepto termodinámico de energía de Gibbs, asunto complejiza la acción de comprensión. Los mismos autores afirman que el entendimiento sobre lo que sucede en una reacción química requiere que los estudiantes conozcan la manera como ocurre la redistribución de electrones después de la ruptura y formación de los enlaces químicos. Por ejemplo, en la cloración del benceno se debe considerar la formación de un electrófilo promovido por las repulsiones electrostáticas entre el cloro molecular y el ciclo aromático, de esta manera el enlace del cloro se rompe y el electrófilo entra al ciclo bencénico reemplazando un átomo de hidrógeno.

5.1.2 Resultados de la aplicación de las entrevistas.

Antes de realizar la parte de la estrategia dedicada a la resolución de los problemas planteados como CSC se realizaron entrevistas a los estudiantes participantes de la investigación, cuyos datos resultantes aparecen en la tabla 4 en forma de correlaciones entre las categorías rastreadas.

Tabla 4. Coocurrencia entre las categorías de las entrevistas previas.

Categorías Entrevistas previas							
	Acción sociopolítica	Consumo	Estilos de vida	Impacto salud	Organizaciones	Productos	Toma decisión
Acción sociopolítica	0	0.01	0.03	0.07	0.05	0.04	0.02
Consumo	0.01	0	0.14	0.06	0.13	0.18	0
Estilos de vida	0.03	0.14	0	0.08	0.04	0.06	0
Impacto salud	0.07	0.06	0.08	0	0.01	0.2	0
Organizaciones	0.05	0.13	0.04	0.01	0	0.03	0
Productos	0.04	0.18	0.06	0.2	0.03	0	0
Toma decisión	0.02	0	0	0	0	0	0

Llama la atención el hecho de no presentarse coocurrencia entre las categorías **toma de decisión** y las demás, excepto la referida a **acciones sociopolíticas**. Es decir, que los entrevistados no consideran que se puedan tomar decisiones frente a la elección de un estilo de vida respecto al tipo de productos que consumen, como si sintieran que no pueden decidir nada frente a las organizaciones reguladoras, productoras, comercializadoras y expendedoras, y sobre todo, no relacionan las consecuencias de la toma de decisiones sobre el impacto a la salud. Se presenta un mundo sin visualizaciones de autonomía, sin libre decisión, pareciera como si se estuviera en un mundo de pocas oportunidades de elección donde poco importa lo que piensa la gente y que de nada sirve opinar pues las cosas poco o nada cambian porque no se conocen medios o posibilidades de ser tenidos en cuenta en los procesos previos al consumo. Es como si se sintieran sujetos, condicionados a consumir lo que se ofrece del modo como lo hacen las organizaciones.

El valor de coocurrencia entre el **consumo** y las **organizaciones** da a entender que el consumismo está direccionado por las organizaciones más que por las personas que consumen. El consumismo no es una demanda por las necesidades insatisfechas, más bien parece ser una imposición de un modo de vida desde unos intereses particulares de las organizaciones. Los valores de la tabla muestran que el estilo de vida está muy marcado por el tipo de productos que se consuma y por la influencia que ejercen las organizaciones sobre el modo de vida de una sociedad.

Se ve que las intenciones de las **acciones sociopolíticas** están dedicadas a la preocupación sobre el **impacto a la salud**, como si el mayor mérito de intervenir socialmente fuera para mejorar las condiciones vitales de las personas, ya que se considera de manera general que la salud es el bien máspreciado. Por lo tanto, un estimado objetivo de las acciones sociopolíticas es que sirvan para contribuir significativamente a la preservación de la salud. También, se observa que las acciones sociopolíticas pueden conducir a que la población reciba medios útiles para tomar decisiones que tienen que ver mayoritariamente con su salud, el tipo de productos que consume y mejorar su estilo de vida.

Los entrevistados asocian ampliamente el **impacto a la salud** con el estilo de vida de las personas, el cual depende considerablemente de la clase de productos que se consuman, los cuales podrían resultar influenciados o cambiados a partir de la sensibilidad perceptiva que pudiere generar en las personas las acciones sociopolíticas recibidas. Los estudiantes ven que el modo de consumo de productos es decisivo dentro de las circunstancias que impactan la salud.

Las entrevistas posteriores a la ejecución de la estrategia didáctica alternativa arrojaron los resultados que aparecen en la tabla 6. En esta parte es necesario incluir otra serie de categorías de estudio como emergentes en la investigación, su definición aparece a continuación:

Crítico reflexivo: es un proceso mental con pensamientos racionales tendientes a analizar, evaluar y reconsiderar situaciones basándose en argumentos lógicos obtenidos a partir de las experiencias previas en conjunción con la nueva información recibida. Un pensamiento crítico reflexivo debe estar desprovisto de ocurrencias, intuición, prejuicios y preferencias. Este tipo de pensamiento tampoco acepta la opinión de la sociedad, proponiendo así ideas propias, emitiendo argumentos a favor y en contra y se tomando decisiones propias con respecto a lo que se considere verdadero o falso, provechoso o dañino.

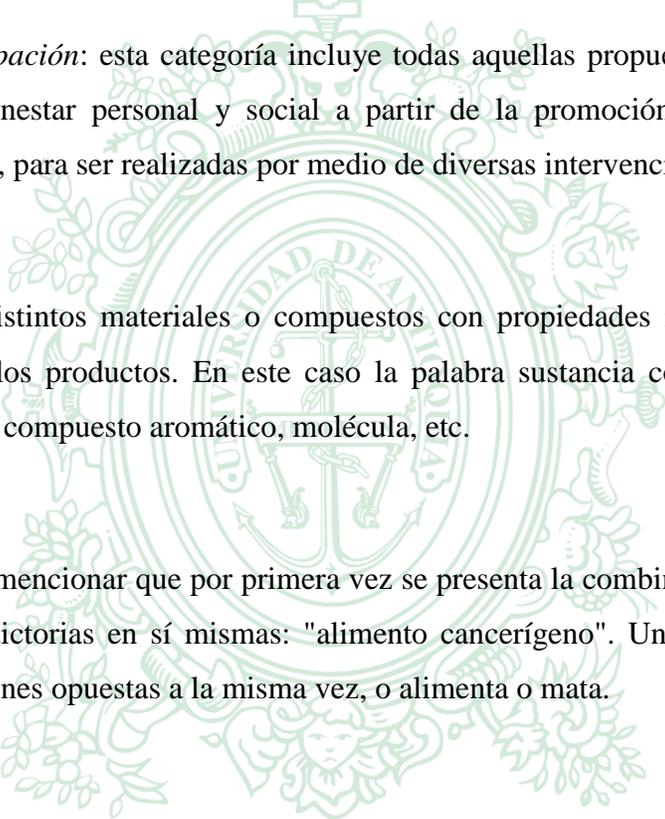
Enunciados de cambio: implica un acto de habla que consistente en una expresión consciente, congruente, clara, directa y equilibrada de demostrable asertividad por los beneficios que genera, en este caso, si se cambiara un determinado estilo de consumo habitual por otro más conveniente fundado en los resultados provechosos para la salud y en la proyección de una nueva imagen en que la persona se vea y se sienta mucho mejor. Esto puede motivar a los individuos previsualizando una nueva imagen más atractiva y saludable de sí mismo. El cambio que se propone impulsar es el resultado de una decisión consciente y argumentada y nunca porque se proponga bajo imposición, fuerza o conveniencia.

Productos aditivados: hace alusión a todo aquello que ha sido producido o fabricado de manera artificial con la adición de un material extra para mejorar el desempeño, las propiedades organolépticas o los atributos físicos como diseño, color, sabor, olor, calidad, coste, envasado, duración, peso, textura, rendimiento, consistencia, etc.

Propuestas de participación: esta categoría incluye todas aquellas propuestas realizadas con el fin de mejorar el bienestar personal y social a partir de la promoción de la salud y de la educación por la salud, para ser realizadas por medio de diversas intervenciones sociopolíticas.

Sustancias: son los distintos materiales o compuestos con propiedades identificables y hacen parte constitutiva de los productos. En este caso la palabra sustancia contiene acepciones de aditivo, medicamento, compuesto aromático, molécula, etc.

Es importante mencionar que por primera vez se presenta la combinación de dos palabras combinadas y contradictorias en sí mismas: "alimento cancerígeno". Una misma sustancia no puede tener dos funciones opuestas a la misma vez, o alimenta o mata.



UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

Tabla 5. Coocurrencia entre las categorías de las entrevistas posteriores

Categorías Entrevistas Posteriores												
	ADT	CA	COL	CON	EDU	NFM	ESVI	HBVI	IMPS	PRA	PROP	TOMD
		N		S	L					D		
ACS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.34	0.2
ADT	0.07	0.12	0.15	0.12	0.06	0.05	0	0	0.1	0.07	0	0.02
ALAD	0	0	0	0.08	0.08	0.03	0.11	0.17	0.05	0.13	0	0
BEN	0.17	0.17	0.25	0.31	0.17	0.05	0.13	0.08	0.11	0.07	0	0
CAN	0.15	0	0.23	0.1	0.1	0.04	0.06	0	0.11	0	0	0
COL	0.29	0.23	0	0.23	0.14	0.02	0.09	0	0	0.1	0	0
CONS	0.25	0.1	0.23	0	0.16	0.03	0.13	0.07	0.03	0.13	0	0
EDUL	0.15	0.1	0.14	0.16	0	0.08	0.13	0.07	0.07	0	0.02	0
ENFM	0.02	0.04	0.02	0.03	0.08	0	0.03	0.03	0.13	0.02	0.02	0.02
ESVI	0.1	0.06	0.09	0.13	0.13	0.03	0	0.1	0.08	0	0.02	0.05
HBVI	0	0	0	0.07	0.07	0.03	0.1	0	0.04	0.11	0.03	0.05
IMPS	0	0.11	0	0.03	0.07	0.13	0.08	0.04	0	0	0	0
PRAD	0	0	0.1	0.13	0	0.02	0	0.11	0	0	0.02	0.02
PROP	0	0	0	0	0.02	0.02	0.02	0.03	0	0.02	0	0.23
SUST	0.12	0.08	0.11	0.18	0.08	0.04	0.1	0.12	0.09	0.05	0.02	0.02
TOMD	0	0	0	0	0	0.02	0.05	0.05	0	0.02	0.23	0

Para la tabla sobre la coocurrencia entre las categorías de las entrevistas posteriores a la ejecución de la estrategia didáctica alternativa se han codificado los nombres de las categorías por asuntos de espacio en la misma tabla, los códigos de las categorías se muestran a continuación:

Acción Sociopolítica = ASP 1 8 0 3

Aditivos = ADT

Alimentos Aditivados =ALAD

Benceno = BEN

Cáncer	= CAN
Colorante	= COL
Conservantes	= CONS
Edulcorante	= EDUL
Enfermedades	= ENFM
Estilos De Vida	= ESVI
Hábitos De Vida	= HBVI
Impacto Salud	= IMPS
Productos Aditivados	= PRAD
Propuesta Participación	= PROP
Sustancias	= SUST
Toma Decisión	= TOMD

Se observa que los entrevistados establecen una relación directa entre el consumo de aditivos alimentarios benéficos y la formación de cáncer, siendo los colorantes los más mencionados. Además ellos identifican al consumo de las sustancias químicas artificiales que vienen en los alimentos como originadoras de enfermedades. Entre las sustancias más mencionadas utilizada como conservante aparece el benceno como el de mayor referencia, luego le siguen los aditivos que aparecen con mucha frecuencia refiriéndose a los productos alimentarios que consumen a diario, marcando de este modo un estilo de vida en la que predomina un alto consumo de conservantes, colorantes y edulcorantes.

La toma de decisión sigue siendo el aspecto de menor correlación con respecto al consumo de la gran diversidad de aditivos benéficos. Es como dijo un estudiante: “aquí en el colegio y donde uno vaya está supeditado al ofrecimiento de lo que tienen y no le dejan a uno

elección”. Las personas se sienten obligadas a consumir lo que las organizaciones han dispuesto para su ellas, poco o nada sirven sus preferencias a la hora de comprar. Subsecuente con esto, al no poder evitar las sustancias que vienen en los alimentos, tampoco se pueden librar de sus consecuencias.

Según los valores de coocurrencia los estudiantes asumen las acciones sociopolíticas y la toma de decisiones como parte de propuestas para actuar pero de manera limitada y solo por cierto tiempo, pero no como una forma de asumir la vida diaria, ni consideran que puede haber una afectación de las acciones sociopolíticas sobre los estilos de vida de la población. Esto se puede observar al no presentarse correlación entre la realización de dichas acciones sociopolíticas y la toma de decisiones con respecto a la afectación a la salud y los estilos de vida.

También se observa en las entrevistas que los estudiantes establecen una significativa correlación entre los hábitos de vida y el consumo de sustancias, alimentos aditivados y uso de productos con aditivos. Ellos reconocen que su vida está marcada por una fuerte influencia por la utilización de una diversidad de productos aditivados que consumen a diario y que esquematizan dicho estilo de vida. Como si los aditivos hicieran parte preeminente, de manera consuetudinaria en la cotidianidad de las personas, incidiendo considerablemente en los estilos de vida de una sociedad.

De la gráfica se puede ver que los estudiantes han establecido relación entre la presencia de enfermedades con todos los demás aspectos, principalmente reconocen a los edulcorantes como generadores de enfermedades como el cáncer, seguido por la presencia de sustancias aditivas como el benceno presente en conservantes y colorantes de tantos productos alimentarios que ofrece el mercado.

En síntesis, los estudiantes entrevistados tienen en común la idea generalizada que las causas atribuibles a la generación de enfermedades tienen que ver con todo lo que se consume y con los hábitos de vida de una persona.

Comparación entre los resultados de las entrevistas previas y las posteriores a la realización de la estrategia didáctica resolutoria:

En las entrevistas previas no aparecen tantas relaciones entre los productos y el impacto a la salud como si aparecen en las entrevistas posteriores. Esto significa, que no habían identificado que la salud se ve seriamente afectada a partir de los aditivos alimentarios consumidos. Es entendible por el hecho de los estudiantes haberse enfrentado a la búsqueda de alternativas de solución a los problemas presentados a la salud debido a diversas sustancias contenidas en los productos alimentarios.

Puesto que los problemas trabajados por los estudiantes también contemplaban la posibilidad de hacer, de proponer acciones personales y grupales que conlleven a que las personas se enteren de los riesgos que se corren por el consumo de ciertos productos y a prevenir posibles inconvenientes a la salud dependiendo de sus hábitos alimentarios, se observa que en las entrevistas posteriores ya varios estudiantes plantean diversas acciones sociopolíticas que buscan promover el bienestar social y despertar una reflexión crítica frente a los hábitos de consumo y frente al sistema que organiza el modo productivo y comercial de los productos.

Con el método resolutorio de problemas se consiguió la apertura a un mundo de posibilidades en que se logran hacer acciones que pueden ser tenidas en cuenta por otras instancias decisorias ya sea a nivel personal, comunitario o gubernamental, pero el caso es, poder proponer cambios alcanzables, viables, sentir que sirve de algo lo que se dice y hace por el bienestar común.

También se pueden comparar las frecuencias con que aparecen estas categorías en las entrevistas previas y posteriores como se muestra en la tabla 6:

Tabla 6. Frecuencias de las categorías de las entrevistas previas y posteriores a la ejecución de la estrategia didáctica.

CATEGORÍA	Entrevistas Previas	Entrevistas Posteriores
ACCIÓN SOCIOPOLÍTICA	51	75
BENCENO	2	10
CÁNCER	8	20
COLORANTE	0	5
CONSERVANTES	9	11
EDULCORANTE	16	11
ENFERMEDADES	22	59
ESTILOS DE VIDA	33	48
IMPACTO SALUD	89	107
PRODUCTOS	136	146
PRODUCTOS ADITIVADOS	18	6
PROPUESTA PARTICIPACIÓN	70	36
RESPONSABILIDAD SOCIAL	1	4
SUSTANCIAS	2	15
TOMA DECISIÓN	2	55

Otro modo de visualizar los resultados comparativos sobre la frecuencia con que los estudiantes se refieren a las categorías de estudio en las entrevistas antes y después de la estrategia didáctica, se presenta en forma gráfica en la figura 5.

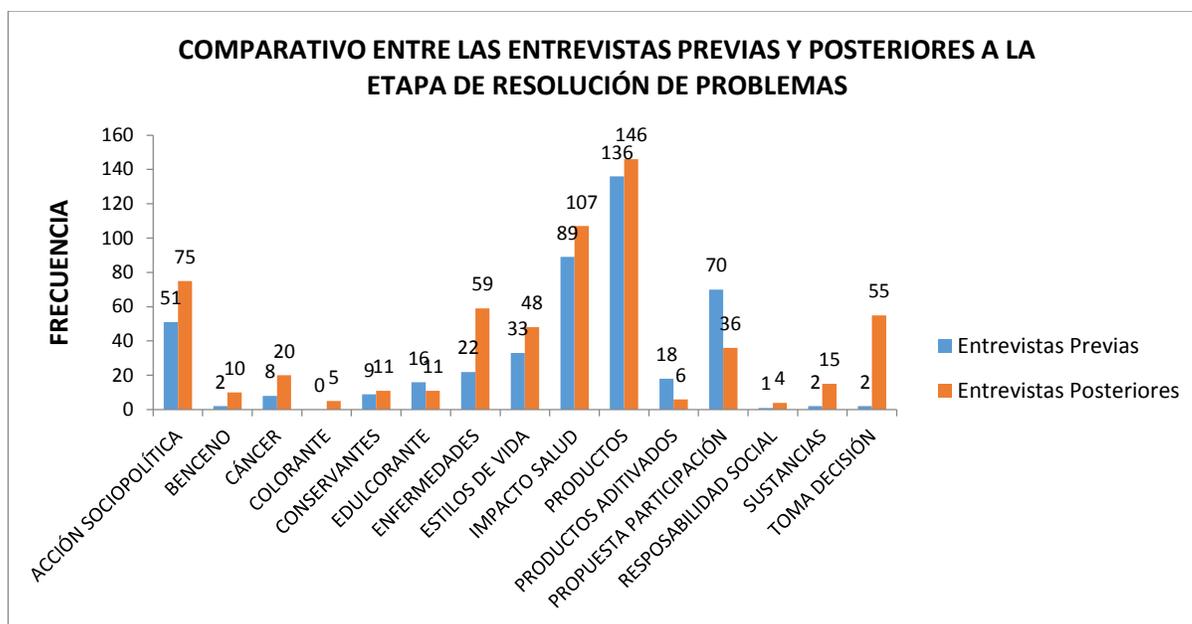


Figura 5. Frecuencias comparativas entre las categorías de las entrevistas

De la figura 5 se puede observar que la palabra benceno aparece 8 veces más que en las entrevistas previas, evidenciando mayor claridad sobre la sustancia participante en la producción de aditivos alimentarios y a su vez es identificada como la responsable de serios problemas a la salud por su consumo en diversas clases de productos alimentarios, de limpieza y cosméticos.

La palabra cáncer es muy recurrente en las entrevistas posteriores, se pronunció 20 veces entre los entrevistados, 12 veces más que en las entrevistas previas. Queriendo significar esta recurrencia que los estudiantes están más conscientes del gran daño que puede causarle el consumo de aditivos por medio de su ingestión directa o mediante su manipulación o uso cutáneo.

Es notorio que en las entrevistas previas nadie mencionó la palabra colorante, en cambio en las posteriores esta palabra es pronunciada 5 veces. Después de haber trabajado la parte resolutoria de la estrategia, los estudiantes identificaron que una masiva utilización de aditivos en los distintos productos se hace en su forma de colorante artificial.

También se ve un mayor empleo de la palabra conservante para referirse a una de las funciones que puede prestar los aditivos benéficos y es utilizado en múltiples clases de productos para hacerlos estables durante un buen tiempo de almacenamiento.

Lo que si sobrepasa por más del doble de veces en las entrevistas posteriores, es la recurrencia a la palabra enfermedad o términos que hacen alusión a tal impacto negativo a la salud. Parece ser que los entrevistados han establecido una relación directa entre el uso o consumo de productos aditivados con la consecuencia de contraer una enfermedad en el cuerpo. La idea general es que las sustancias artificiales son percibidas por el organismo como agentes extraños y aunque el cuerpo quiera defenderse de su presencia, los aditivos persisten en su metabolismo causando patologías fisiológicas.

Se observa una gran aseveración por la necesidad de tomar decisiones que conlleven a mejorar las condiciones de vida de las personas ante el ofrecimiento diario de sustancias dañinas que afectan a la sociedad o estilos de vida promovidas por un consumismo inescrupuloso que no tiene en cuenta la dignidad de la existencia humana. La toma de decisiones se promueve a nivel personal y como una propuesta de participación ciudadana para que las personas sean más libres de un sistema que busca imponer una forma de vida manipulada a través de lo sensorial y funcional.

En las entrevistas posteriores se exige con mayor ahínco la necesidad de la responsabilidad social y ambiental de distintas organizaciones privadas y gubernamentales frente al consumo de productos que significan riesgo para la salud individual, la sociedad y el ambiente. En general, la parte resolutiva de la estrategia contribuyó significativamente a que los estudiantes tuvieran mayor apropiación frente a los problemas causados, los nombres y funciones de los aditivos y despertaron mayormente su iniciativa por realizar acciones que divulguen y enseñen que mucho de lo que se come, se toma y se usa significa riesgo y peligro para la salud de todos.

La mayoría de los estudiantes creen que se puede hacer mucho y que la gente necesita esta información porque la diferencia, en este caso, entre el conocimiento y la ignorancia puede salvar la vida propia y de los demás. Los estudiantes creen firmemente que cuando una persona sepa lo que acarrearán estos aditivos tiene la libertad de elegir, pero mientras no lo sepa, no tiene posibilidad de elegir con argumentos.

5.2 Resultados sobre Participación Ciudadana.

Estos resultados se determinaron a partir de la implementación de la rúbrica sobre la realización de cuatro acciones sociopolíticas de intervención ciudadana: una obra de teatro, una campaña de divulgación en espacio público, una canción y un video para el sitio de internet YouTube.

Las acciones sociopolíticas se hacen principalmente para fomentar la actividad crítica y reflexiva de los ciudadanos, lo que podría impactar positivamente o sobre su bienestar individual y social.

5.2.1 Resultados sobre la obra de teatro *Cuidemos Nuestra Salud*.

Los estudiantes realizaron una obra de su propia inspiración llamada *Cuidemos nuestra salud*. La obra se presentó a niños del grado cuarto y quinto de primaria. El montaje realizado de la obra se puede visualizar en el sitio web <https://www.youtube.com/watch?v=yEsc8YpGTMQyfeature=youtu.be>

Los resultados después de aplicar la rúbrica sobre esta acción sociopolítica pueden observarse en la figura 6:

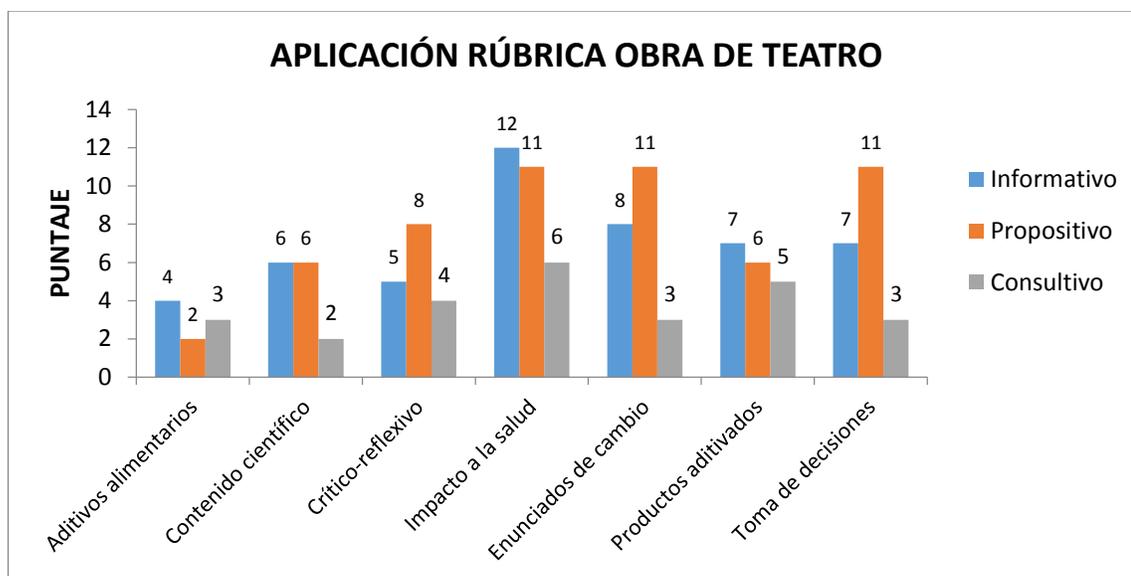


Figura 6: aspectos y niveles de participación ciudadana mediante la obra de teatro *Cuidemos Nuestra Salud*.

Sobresale el nivel de participación propositivo en todos los aspectos pero principalmente en aspectos como: el impacto a la salud, la toma de decisiones y las propuestas de cambio de hábitos. Así durante la obra se propone situaciones en reiteradas ocasiones para que los estudiantes sean críticos y reflexivos sobre contenidos científicos, situaciones que sirven como argumentos para tomar decisiones de cambio respecto al consumo de productos aditivados con el fin de conservar la salud y el bienestar.

El nivel informativo en esta obra teatral sobresale en el aspecto de impacto a la salud. Así durante la obra se informa de manera significativa sobre los posibles impactos en la salud para los sujetos que consumen productos aditivados que contienen compuestos benéficos.

El nivel consultivo de participación es el menos alcanzado en todas las categorías encontradas, aunque si es referido en la mayoría de ellas en forma significativa. Así durante la obra se hacen varias preguntas sobre el impacto en la salud que pueden ocasionar el consumo de

productos alimentarios aditivados para generar cuestionamiento y reflexión crítica sobre las propias decisiones de consumo.

Estos patrones de niveles de participación pueden deberse a la naturaleza misma de la actividad de intervención. Es decir, a que dicha intervención es un pequeña obra de teatro que no implica interacción con el público pero si generación de propuestas de acción y planteamiento de diversa información acerca el temas tratados, Así las cosas los aspectos con este formato vendrían a ser tratados de manera más propositiva e informativa que consultiva.

5.2.2 Resultados de la campaña de divulgación en espacio público.

Se realizaron conversaciones con transeúntes en el centro comercial *Premium Plaza* de la ciudad de Medellín sobre los inconvenientes para la salud que tiene el consumo de los alimentos dietéticos, los problemas que puede ocasionar el consumo de carnes ahumadas y sobre los conservantes presentes en diversos productos alimentarios. Estas conversaciones pueden visualizarse en el sitio web <https://www.youtube.com/watch?v=LHZ4KgxTO-syfeature=youtu.be> Luego de aplicada la rúbrica a dichas conversaciones, los resultados pueden verse en la gráfica 7.

UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

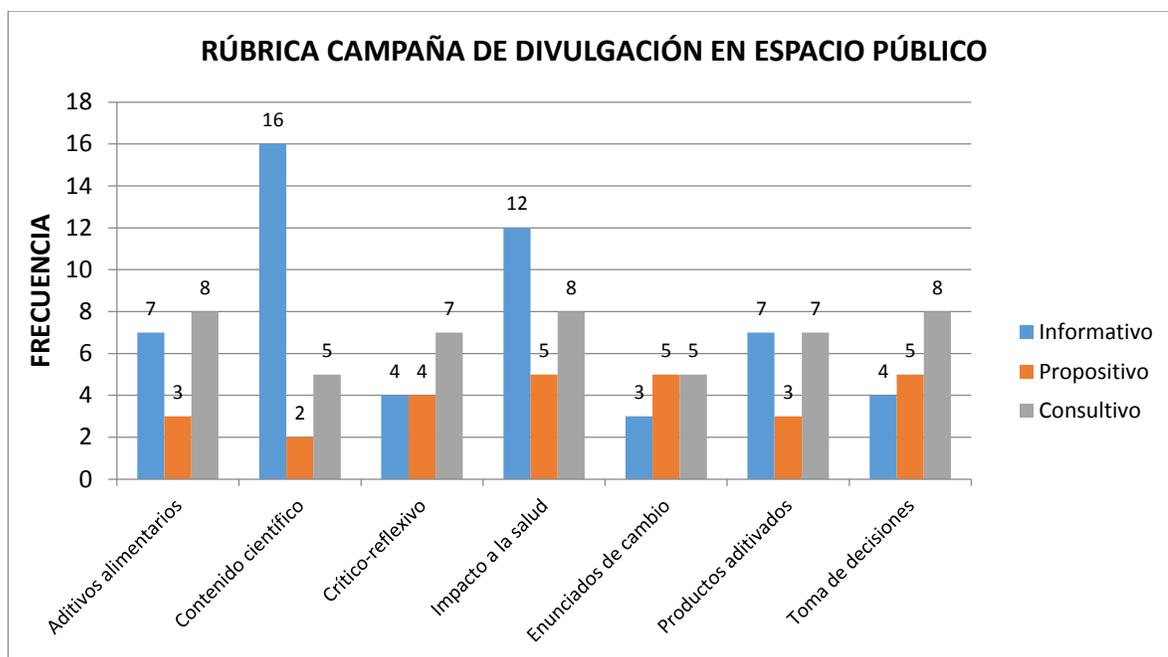


Figura 7: aspectos y niveles de participación ciudadana mediante la campaña de divulgación en el espacio público.

Se observa a partir de la gráfica que el nivel consultivo es el más referido en todas las categorías halladas sólo superado en dos de ellas por el nivel informativo contenido científico, e impacto para la salud, al parecer los estudiantes ofrecieron información suficiente sobre la teoría acerca del comportamiento de las sustancias benéficas en el cuerpo y, acerca de las repercusiones biológicas y químicas causadas por el consumo de dichas sustancias incorporadas en los alimentos, como el caso del aspartame en las gaseosas dietéticas, el benzoato de sodio en los productos alimentarios empacados de fábrica y el benzopireno formado en las carnes ahumadas. Esto se debe a que los estudiantes en sus charlas fueron enfáticos en relacionar el consumo de estas sustancias benéficas con la probable formación de enfermedades como el cáncer y los tumores.

Los resultados muestran que en segundo lugar en todas las categorías el nivel de participación consultivo fue el que más se pudo observar, así los estudiantes formularon muchos interrogantes a los transeúntes. Con los interrogantes se pretendía que las personas elaboraran

procesos de pensamiento de carácter crítico-reflexivo frente al consumo de productos que pueden resultar dañinos y que ellas mismas encontrasen motivos para tomar decisiones informadas ante sus estilos de vida.

En tercer lugar todas las categorías encontradas incluyeron el nivel de participación propositivo, aunque se puede observar que el uso de los contenidos científicos para realizar acciones y el establecimiento de relaciones entre la categoría productos aditivados y dichas acciones de intervención, o propuestas, no es lo común. Así el conocimiento sigue siendo para el conocimiento y no para la vida y, existe cierta resignación ante la sociedad del mercado con una actitud de “eso es lo que hay”. Igualmente, es de esperarse que en la calle pueda resultar no deseable por las personas que les propongan acciones a partir de contenidos científicos, por lo que este aspecto fue el de menor frecuencia en el nivel propositivo.

5.2.3 Resultados de la canción *Visión Errónea*.

La canción titulada *Visión Errónea* fue compuesta por dos estudiantes participantes de la investigación y fue cantada por uno de ellos ante el grupo de estudiantes del grado sexto. La letra de la canción aparece en el anexo 8 y puede verse su interpretación en el siguiente sitio de la web: https://www.youtube.com/watch?v=4Qcs4M_7qCs&feature=youtu.be

La gráfica resultado de la observación de sus categorías mediante la rúbrica presenta la siguiente información:

1 8 0 3

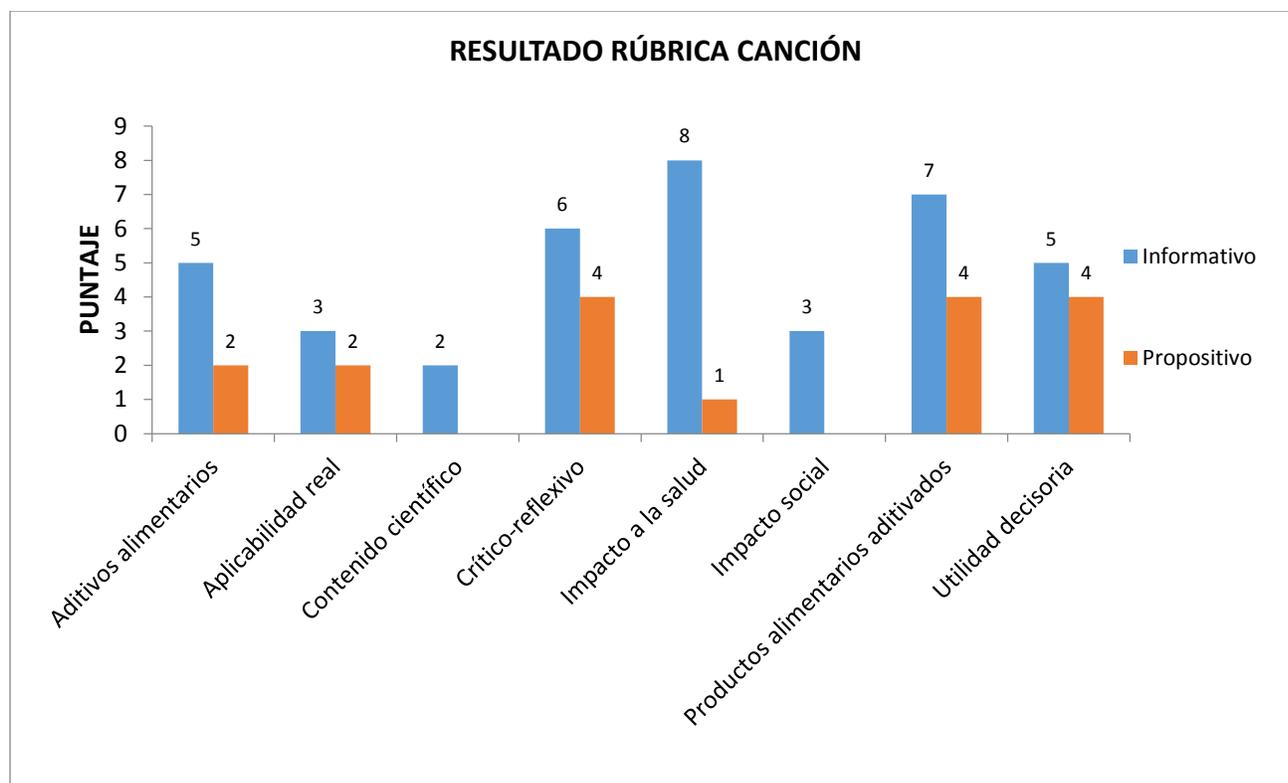


Figura 8: aspectos y niveles de participación ciudadana mediante la canción *Visión Errónea*.

Atendiendo a lo que dice la canción “*Visión Errónea*” se percibe que el aspecto más recurrente, es el contenido alusivo al impacto a la salud, con una frecuencia igual a 8 en el nivel informativo. Lo cual indica, que en la canción se ofrece en varias ocasiones información sobre prácticas alimentarias que afectan directamente a la salud y pueden percibirse como advertencias que pueden servir como argumentos ante una toma de decisiones informada; como por ejemplo: “*el daño real que te hace*” y “*pues son muy peligrosos*”.

El segundo aspecto con mayor frecuencia es productos alimentarios aditivados, este aspecto se nombra 7 veces durante la canción, en nivel informativo. En este aspecto se enseña al oyente a reconocer los productos alimentarios con aditivos dentro de lo que habitualmente consume: “*escucha, cada alimento tiene compuestos muy diferentes*” y “*te estoy hablando de la comida llamada chatarra*”. Vale la pena mencionar que en la canción se relaciona el consumo de productos alimenticios aditivados con la aparición de problemas a la salud. Igualmente, este

aspecto se hace presente en la canción en el nivel propositivo en 4 veces invitando a explorar el contenido de aditivos que contienen muchos productos alimenticios: “*detalladamente encuentras datos muy curiosos*”, “*ponte a pensar*”, “*si no quieres esto debes olvidarte... y ya no recordar más estos alimentos... ya debes actuar y tirarlos al cesto*”.

En la canción también además de informar, en 5 ocasiones, se hacen propuestas en 4 ocasiones de maneras significativas para que las personas tomen decisiones informadas frente al consumo teniendo en cuenta el cuidado de su salud y su autonomía: “*ya debes actuar*”, “*Simple, tú la pruebas y rapidito ella te amarra*”.

Se observa en la gráfica sobre el nivel de participación alcanzado, por las categorías encontradas en la canción que no todos los aspectos son tratados a nivel consultivo ni a nivel propositivo: aspectos conceptuales y de impacto social. Es decir, la canción no plantea al público oyente interrogantes sobre los que saben acerca de los aditivos alimentarios, no tampoco sobre cuál es su impacto social, además de no plantear formas en la cuales incidir a través del uso de conceptos científicos o de la generación de impacto social sobre el consumo de los ciudadanos. Esto puede deberse a que los aspectos conceptuales en la educación tradicional y en general, casi nunca son usados por los sujetos fuera de la escuela con el objeto de plantearse preguntas sobre el mundo y mucho menos de generar propuestas de intervención sobre el mismo.

De otro modo, los aspectos referidos al impacto social al ser solo de carácter informativo y no consultivo o propositivo, dejan al “*impacto social en el ámbito de la noticia*, es decir en un estado de inercia, incapaz de ofrecer interrogantes que movilicen conceptualmente y de proporcionar motivaciones para realizar acciones de intervención social con miras a cambiar los hábitos de consumo de los estudiante y de la comunidad en general.

5.2.4 Resultados del video YouTube sobre aditivos alimentarios.

Con el propósito de presentar un material didáctico sobre aditivos alimentarios benéficos en el portal de la internet Youtube, se realizó un video que aparece en el sitio web <https://youtu.be/N-zBRKHf8MM> y cuyos resultados después de aplicada la rúbrica son como aparecen en la figura 9:

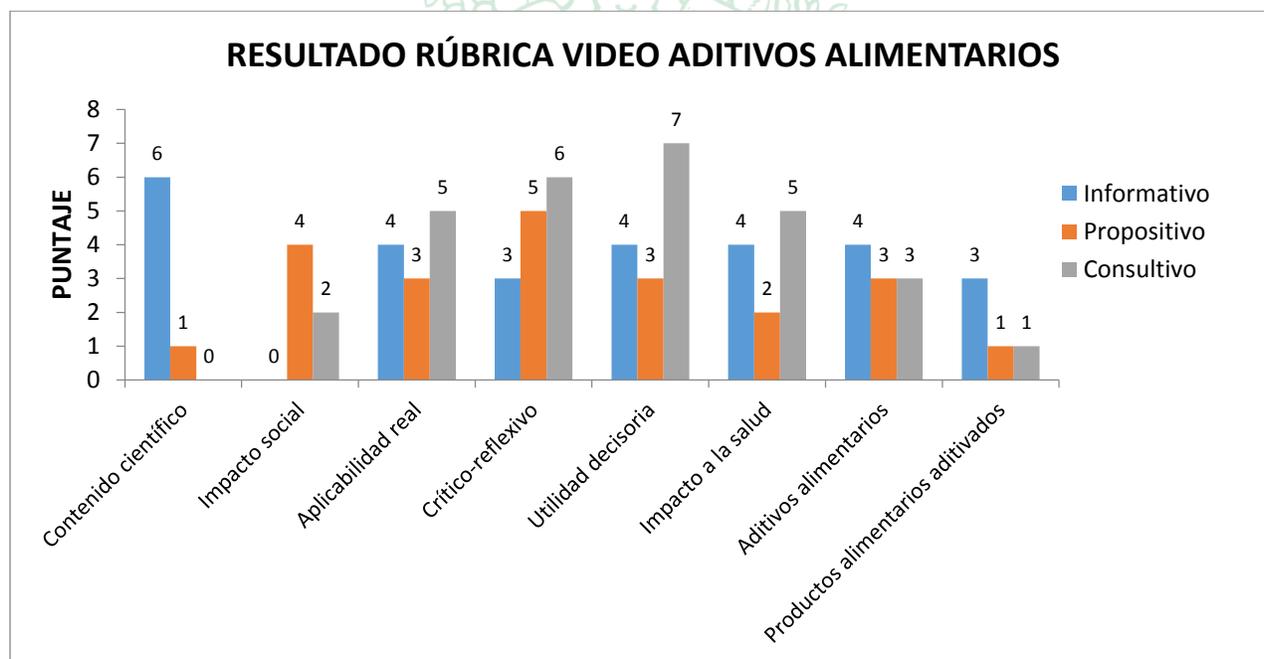


Figura 9: aspectos y niveles de participación ciudadana mediante el video para Youtube sobre aditivos alimentarios.

A partir de la categorización de lo expresado en el video *Aditivos Alimentarios* se realizó la figura 1 en la cual se observa que el contenido científico sólo ofrece participación en el nivel informativo, y en muy pequeña proporción en el nivel propositivo, pero no lo hace en el nivel un nivel consultivo de participación, es decir no plantea preguntas o interrogantes acerca de conceptos y teorías científicas relacionados con los aditivos benéficos presentes en los productos de alto consumo. Aquí se deja ver como los conceptos científicos si que sirviendo sólo

para informar pero que como suele suceder, no se relacionan con hacerse preguntas sobre el mundo ni con realizar acciones concretas sobre el mundo.

Respecto al contenido de la categoría impacto social, la participación sólo puede ser leída desde lo propositivo y lo consultivo, y no se presenta el nivel de participación informativo. Así en el video se alienta al público a realizar acciones que tengan incidencia positiva sobre la sociedad con respecto a su bienestar social y a solicitar información sobre el tema, pero no se le dice cómo hacerlo. Esto es lo que normalmente ocurre con la mayoría de los ciudadanos que son impelidos a dar sus opiniones y hacer sus propuestas pero no se les ofrece la información necesaria para hacerlo de manera efectiva.

En el vídeo se plantean principalmente contenidos referidos a la utilidad decisoria para quien lo ve y lo oye. Es decir, el video se centra en ofrecer opciones al público para seleccionar la que mejore su nivel de vida. La mayoría de los contenidos incluidos en el video se ocupan del nivel consultivo de participación, y en menor medida de proponer acciones, ocupándose de forma significativa sólo en el aspecto referido al contenido científico del nivel de participación informativo.

Estos resultados pueden deberse a la idiosincrasia juvenil más preocupada de proponer acciones y hacer preguntas que en justificar con información dichas preguntas o intervenciones, y además, a que en sus actuar diario y en el de nuestra cultura las consultas sobre los sucesos y las acciones que se realizan, en su mayoría no están lo suficientemente informadas y justificadas, lo que es notablemente visible en los medios televisivos y radiales.

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DEL ESTUDIO

El trabajo realizado puede permitir proponer las siguientes conclusiones:

1. A partir de los resultados de los test se puede decir certeramente que la aplicación de la estrategia didáctica con enfoque CTSA mediante el método de resolución de problemas como cuestiones sociocientíficas en el contexto del consumo de productos que contienen derivados bencénicos, posibilita a los estudiantes la construcción significativa de conocimientos conceptuales acerca de la estructura, las propiedades y el comportamiento químico de los compuestos bencénicos. Las razones para esgrimir esta conclusión son en primer lugar que el post-test fue respondido con mayor eficacia que el pre-test por los estudiantes, aumentando su puntaje promedio luego haber participado en la aplicación de la estrategia didáctica. En segundo lugar, esto también se evidenció al ser mayor el porcentaje de estudiantes que respondieron correctamente las preguntas cuando se aplicó el post-test. Así los estudiantes, tal vez logran con el uso de la estrategia propuesta una mayor y mejor construcción de significados, explicaciones e interpretaciones, acerca de sobre las propiedades, estructura y funcionamiento químico de los compuestos aromáticos.

Igualmente esta conclusión se apoya en los resultados de las entrevistas en lo que se puede observar una consolidación de aprendizaje conceptual en el contenido expresado en las entrevistas posteriores a la participación en la estrategia didáctica. Así en estas últimas se nombra una mayor cantidad de aditivos alimentarios relacionados con preservantes como el benzoato de sodio, edulcorantes como el aspartame o colorantes como la tartrazina, y en general.

También, en dichas entrevistas posteriores a la estrategia, los estudiantes realizan predicciones sobre las reacciones químicas adversas que ocasionan los aditivos alimentarios en el hígado y en los ácidos nucleicos al interactuar con el ADN, favoreciendo la aparición de enfermedades como tumores y cáncer, información que no se hace presente en las entrevistas pre-estrategia. También, se destacaron en estas entrevistas como las propiedades o funciones de los compuestos aromáticos están relacionadas con su uso como aditivos alimentarios.

2. A partir de la realización de las distintas acciones sociopolíticas enmarcadas en la estrategia didáctica propuesta, se pudo determinar que el nivel de participación ciudadana alcanzado por los estudiantes fue mayoritariamente el informativo. Este nivel informativo de participación ciudadana estuvo caracterizado por la transmisión de conocimientos científicos sobre la composición y comportamiento químico de los aditivos alimentarios. Este resultado fue debido tal vez a que no se establecieron significativas interlocuciones con los públicos a los que fueron dirigidas las acciones socio-políticas, lo que dificultó que se consiguieran mayores índices de participación en los niveles de consulta y de proposición. Es decir, que con la participación en la estrategia didáctica propuesta los estudiantes pudieron socializar en la comunidad sus conocimientos sobre las consecuencias negativas para la salud causadas por el consumo de productos que contiene aditivos tóxicos, posicionando argumentos frente a los hábitos de consumo, realizando juicios y elaborando reflexiones críticas acerca del papel de las instancias participativas en este entramado de producción, comercialización y consumo en el que estamos inmersos.

3. La realización de las acciones sociopolíticas por parte de los estudiantes les permitió poner en juego sus conocimientos en el marco de la democracia participativa, al posibilitarles expresar sus opiniones sobre alternativas reales de cambio social, y promover la toma de decisiones fundadas por parte de la comunidad. Con ello el acto educativo se pudo materializar como un acto político (Aikenhead, 2003) al usar la estrategia didáctica propuesta, que no solamente les preparó para la acción social si no que les dio la oportunidad de llevarla a cabo con el fin de transformar su sociedad al pretender aumentar los niveles de expectativas de salud y vida de las personas.

Por otra parte de este trabajo y de todas aquellas cosas que se pidieron hacer y no se hicieron por la limitantes temporales a las que se estuvo sujeto, surgen las siguientes recomendaciones:

1. Es recomendable realizar acciones sociopolíticas que involucren aún más a la comunidad educativa entre ellas se podrían encontrar en primer lugar una campaña de lonchera saludable, en la que los estudiantes consumiesen alimentos que además de aportar los nutrientes necesarios, no supongan riesgos para su salud. Dicha lonchera que no es reemplazo de ninguna de las tres comidas, incluiría más frutas y menos calorías vacías, enlatados y paquetes, caramelos, chupetines, chicles, grageas, gomitas, bebidas artificiales azucaradas, embutidos y salsas en exceso. El hábito de la lonchera saludable permitiría a las comunidades generar un nuevo estilo de vida en el que no estuvieran presentes los índices de prevalencia de desnutrición, sobrepeso u obesidad, que en las edades adultas desencadenan enfermedades crónicas; además de cubrir las necesidades nutricionales para mantener adecuados niveles de desempeño físico e intelectual y, poder desarrollar las potencialidades. La campaña podría ser dirigida a estudiantes y padres de familia por medio de sesiones de capacitación mediante actos lúdicos teatrales y musicales. Otra de las acciones sociopolíticas recomendadas podría ser la producción de artículos para el periódico escolar, para que la comunidad educativa reconozca e identifique los aditivos bencénicos en sus distintas formas y funciones en las que se utilizan en la mayoría de alimentos empacados, divulgando además los riesgos que implica la ingestión de compuestos bencénicos, las razones para su delimitación normativa en los alimentos, su característica de bioacumulación tumoral y sus implicaciones en la salud. Buscando también, la sensibilización al lector sobre alternativas sanas de alimentación y promocionando hábitos de vida saludable. Así mismo se podrían realizar campañas dirigidas a la comunidad barrial, en las cuales los estudiantes pueden participar desde escenarios públicos como la sede de la acción comunal del barrio, la biblioteca pública de la comunidad e inclusive desde la iglesia. En estos escenarios los estudiantes podrían mencionar los problemas de alimentación llamada de tienda o comúnmente comida chatarra y los beneficios de una alimentación casera apropiada y asequible a las posibilidades económicas de la comunidad. Estas acciones podrían estar acompañadas de foros abiertos donde se plantee la problemática de discusión, se conozca la opinión de las personas, las

intenciones de la producción de “alimentos” con compuestos bencénicos, el consumismo, las razones para llevar los hábitos alimenticios que se tienen y lo más importante se incentive a llevar a cabo una alimentación saludable. Dichos foros podrían generar la elevación de peticiones formales ante las instancias gubernamentales como las juntas administradoras locales y el consejo de la ciudad. Por otra parte con el objeto de mejorar el alcance de los diferentes niveles de participación ciudadana en dichas acciones sociopolíticas, se puede preestablecer que estas incluyan diversas instancias: de debate, de concertación, de decisión, y de control de las decisiones tomadas.

2. En el ámbito estrictamente investigativo podría ser recomendable considerar en el diseño de rúbricas para la medición del alcance del nivel de participación ciudadana otros aspectos que sirven de parámetros de investigación, como la estructura y calidad de los argumentos usados en las acciones sociopolíticas y el impacto que pueda tener la acción sociopolítica. Esto es porque la argumentación permite observar la relación entre el grado o nivel del conocimiento de contenidos científicos y la construcción de argumentos lógicos, convincentes y justificables. Así mismo el argumento implica razonamiento crítico y reflexivo, además de proporcionar un sustento para una eventual toma de decisiones; ya que este puede crear consenso, disonancia o desacuerdos entre posiciones encontradas, lo que es normal en las sociedades democráticas.

Estas argumentaciones podrían valorarse con criterios o categorías que expresaran si los mismos, son simples opiniones, pareceres u ocurrencias, o incluyen razones conceptuales y/o éticas con un nivel de claridad y precisión a determinar, además de alternativas de solución o de intervención. Así mismo el impacto de las acciones sociocientíficas podría determinarse estableciendo la calidad y presentación de la información ofrecida (veracidad, completitud y claridad), así como los posibles efectos logrados con la misma en la comunidad que podrán ser establecidos a través de índices como la aceptación, el incremento en el número de visitas al material virtual, así como la ejecución de manifestaciones de apoyo (cartas, mensajes, etc.).

CAPÍTULO 7. PERSPECTIVAS DE INVESTIGACIÓN

Se puede emprender investigaciones usando estrategias didácticas basadas en la resolución de problemas como cuestiones sociocientíficas sobre el aprendizaje de las propiedades, estructura y comportamiento de otros compuestos químicos presentes en productos de consumo masivo, como plásticos, estructuras metálicas, joyería, alimentos artificiales, perfumes, productos farmacéuticos, recubrimientos poliméricos, solventes, agroquímicos etc. Así mismo, dichas investigaciones podrían ampliar las posibilidades de uso de los conocimientos químicos como instrumento para mejorar la capacidad de los futuros ciudadanos para ejercer de una manera más eficaz y eficiente su intervención sobre el futuro de las sociedades a través de la realización de acciones sociopolíticas fundamentadas y sólidamente estructuradas.

En investigaciones futuras podría ser posible establecer correlaciones entre el aprendizaje conceptual de los estudiantes y sus alcances en la participación ciudadana lograda a partir de la intervención social. Dichas correlaciones podrían dar luces acerca de si el tipo de participación y el nivel de participación exhibido en las acciones sociopolíticas pueden estar relacionados con un mayor desempeño académico. Es decir, podrían aclarar dudas acerca de la eficacia o no de la educación en acción que busca hacer uso activo de los conocimientos científicos para promover cambios sociales tangibles.

La presente investigación puede ser asumida como insumo o punto de referencia para diversas instituciones que administran, regulan y verifican servicios y productos que se relacionan con la salud, como por ejemplo el área metropolitana, las corporaciones autónomas regionales, la secretaría de salud, el INVIMA, además de los sectores político, industrial, comercial y legislativo, para establecer políticas locales y nacionales, además de proyectos conjuntos que redunden en un bienestar social sostenible para todos.

REFERENCIAS

- Acevedo, J. A., Vázquez, Á., Martín, M., Oliva, J. M., Acevedo, P., Paixão, M. F., y Manassero, M. A. (2005). Naturaleza de la Ciencia y Educación Científica para la Participación Ciudadana. Una Revisión Crítica. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 2(2), 121–140.
- Afshar, M., Moallem, S. A., Khayatzadeh, J., y Shahsavan, 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. Recuperado desde <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3830752ytool=pmcentrezrendertype=abstract>
- Aguilar Martínez, R. C., Castillo del Valle, N. R., y Guzmán de Ascencio, L. M. (2004). Efecto de un producto de panificación elaborado con sucralosa y su influencia sobre el índice glicémico en pacientes diabéticos tipo 2. El Salvador.
- Aikenhead, G. (2003). Educación Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS): una buena idea como quiera que se le llame. *Educación Química*, 16(2), 114–124.
- Aikenhead, G. (2005). Research Into STS Science Education. *Educación Química*, 16(3), 384–396.
- Arango, James, Henao, B. y Romero, Ángel Enrique. (2012). Hacia una formación sociopolítica: propuesta pedagógica centrada en discusiones sobre un asunto sociocientífico, respaldadas en fuentes de divulgación. *Uni-Pluri/versidad*, 12, 51–56.
- Arias, I., y Frison, M. (2016). Abordaje de Cuestiones Sociocientíficas : una alternativa para trabajar la interdisciplinariedad y vivenciar interacciones CTSA, 1237–1248.
- Avellaneda, A., y Navarro, I. C. (2013). *Orientaciones para el diseño de una guía didáctica para la enseñanza de los aromáticos*. Tesis de grado. Universidad del Valle.

- Blanco, M. M., Hedrera, M. E., Dal Maso, M. R., y Orelli, L. R. (2008). Una Nueva Propuesta Didáctica para la Enseñanza Universitaria de Química Orgánica. *Formación Universitaria*, 1(3), 21–26. doi:10.4067/S0718-50062008000300004
- Borges, P., y Rogert, Esther. (2006). Sustitución parcial de sacarosa por edulcorantes en refrescos de naranja y cola, *16*(3), 50–53.
- Burg, J., y Gist, G. (1997). Benzene--a review of the literature from a health effects perspective. *Toxicol Ind Health*, 13(6), 661–714.
- Bybee, R. W. (1991). Science-Technology-Society in Science Curriculum: The Policy-Practice Gap. *Theory into Practice*, 30(4), 294–302.
- Chapela, A., y Garritz, A. (2013). Ciencia en Escena: tres acercamientos a la Química. *Educacion Quimica*, 24(3), 262–267. doi:10.1016/S0187-893X(13)72472-8
- Consumoteca consumidores bien informados. (2015). Estilo de Vida. Recuperado de <http://www.consumoteca.com/comercio/vending-y-maquinas-expendedoras/las-ventas-automaticas-al-detalle/>
- Cutcliffe, S. (2003). *Ideas, Máquinas y Valores: los Estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad*. (Anthropos, Ed.). México.
- Esfandiari, Z., Badiey, M., y Mahmoodian, P. (2013). Simultaneous Determination of Sodium Benzoate , Potassium Sorbate and Natamycin Content in Iranian Yoghurt Drink (Doogh) and the Associated Risk of Their Intake through Doogh Consumption, *42*(8), 915–920.
- Fabietti, F., Ambruzzi, A., Delise, M., y Sprechini, M. (2004). Monitoring of the benzene and toluene contents in human milk. *Environ International*, 30(3), 397–401.
- Fahmy, A. F. M., y Lagowski, J. J. (2013). Uses of SALT y Multiple Intelligences [MI] for Secondary and Tertiary Levels Part-I : Benzene Structure Activity, *3*(January), 60–73.
- Farré, A. S., y Lorenzo, G. M. (2014). Para no seguir reinventando la rueda : El conocimiento didáctico en uso sobre los compuestos aromáticos. *Educación Química*, 25(3), 304–311.
- Farré, A. S., y Lorenzo, M. G. (2012). De la construcción del conocimiento científico a su enseñanza . Distintas explicaciones sobre la estructura del benceno, *8404*(1113), 1–9.

- Farré, A. S., Zugbi, S., y Lorenzo, G. M. (2014). El significado de las fórmulas químicas para estudiantes universitarios . El lenguaje químico como instrumento para la construcción de conocimiento. *Educación Química*, 25(1), 14–20.
- Fernandes, L. dos S., y Campos, A. F. (2013). Situación-Problema (Sp) Como Estrategia Didáctica en la Enseñanza del Enlace Químico: contextos de una investigación. *Avances En Ciencias E Ingeniería*, 4(2), 69–77.
- Fernández, R. (2014). *Uso de los Modelos Moleculares en La Enseñanza de Química Orgánica en Bachillerato: Hibridación*. (U. de Valladolid, Ed.). Valladolid.
- Ferrer, I., y Thurman, E. M. (2010). Analysis of sucralose and other sweeteners in water and beverage samples by liquid chromatography/time-of-flight mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 1217(25), 4127–4134.
- Ferro, V. R., González-Jonte, R. H., y Cruz, Z. (1995). Una Reflexión Curricular sobre la Enseñanza de la Estructura de la Sustancia en la Formación de Profesores de Química. *Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación Y Experiencias Didácticas*, 13(3), 371–377.
- Fiorino, D. (1990). Citizen Participation and Environmental Risk: A Survey of Institutional Mechanisms. *Science, Technology & Human Values*, 15, 226-243.
- Gallopín, G. C., Funtowicz, S., Connor, M. O., y Ravetz, J. (2001). Una ciencia para el siglo XXI: del contrato social al núcleo científico. *International Social Science Journal*, 53(168), 219–229.
- García, A., y Garritz, A. (2006). Desarrollo de una Unidad Didáctica : el estudio del enlace químico en el bachillerato. *Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación Y Experiencias Didácticas*, 24(1), 111–124. Recuperado desde <http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/73536>
- García, E., González, J., López, J., Lujan, J., Gordillo, M., Osorio, C., y Valdés, C. (2001). *Ciencia, Tecnología y Sociedad: una aproximación conceptual*. (OEI, Ed.) (1st ed.).

- García, José Joaquín. (1998). *Didáctica de las Ciencias, Resolución de Problemas y Desarrollo de la Creatividad*. (F. de E. U. de A. Colciencias, Ed.) (Primera.). Medellín: Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia.
- García, José Joaquín. y Cauich, F. (2008). ¿Para qué enseñar ciencias en la actualidad? Una propuesta que articula la tecnología, la sociedad y el medio ambiente, *XX*, 111–122.
- Gil Pérez, D., Furió Más, C., Valdés, P., Salinas, J., Martínez-Torregrosa, J., Guisasola, J., ... Pessoa de Carvalho, A. M. (1999). ¿Tiene Sentido seguir Distinguiendo entre Aprendizaje de Conceptos, Resolución de Problemas de Lápiz y Papel y Realización de Prácticas de Laboratorio? *Enseñanza de Las Ciencias*, *17*(2), 311–320.
- Gilli, G., Schilirò, T., Traversi, D., Pignata, C., Cordara, S., y E., C. (2008). Formaldehyde adduct to human serum albumin with reference to aspartame intake. *Environ Toxicol Pharmacol*, *25*(1), 89–93.
- Goedhart, M., y van Duin, Y. (1999). Teaching Structural Formulas in Chemistry. In *How Students Relate Structural Formulas to the Solubility of Substances* (p. 19). Boston. Recuperado desde <http://aplicacionesbiblioteca.udea.edu.co:4055/fulltext/ED469871.pdf>
- Guerrero V, T., y Mora F., G. (2014). Posibles riesgos para la salud debido al consumo de aspartame, 1–13.
- Gutiérrez Moreno, P. L., y Carro Suárez, J. R. Estudio de Inteligencia Tecnológica sobre la síntesis de un edulcorante intensivo derivado del azúcar (2006).
- Hernández-Guijo, J. M. (2011). Aditivos alimentarios, 1–13.
- Hodson, D. (2003). Time for Action: science education for an alternative future. *International Journal Science Education*, *25*(6), 645–670.
- Hodson, D. (2004). Going Beyond STS : Towards a Curriculum for Sociopolitical Action. *The Science Education Review*, *3*(1), 2–7.
- Hodson, D. (2010). Science Education as a Call to Action. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, *10*(3), 197–206. doi:10.1080/14926156.2010.504478

- Hodson, D. (2011). Looking to the Future: Building a Curriculum for Social Activism. *Journal of Turkish Science Education*, 8(4), 215–226. Recuperado desde <http://tcp.sagepub.com/content/16/3/423.short>
- Jiménez Aleixandre, M. Pilar. (2010). *10 Ideas Clave: Competencias en Argumentación y Uso de Pruebas*. (Graó, Ed.) Editorial Graó (1era. ed.). Barcelona. Recuperado desde <http://84.88.0.227/record=b1819626#>
- Kolstø, S. D. (2001). Scientific Literacy for Citizenship: tools for dealing with the science dimension of controversial socioscientific issues. *Science Education*, 85(3), 291–310. doi:10.1002/sce.1011
- Kosheleva, O., y Kreinovich, V. (2014). Kekulé's Benzene Structure : A Case Study of Teaching Usefulness of Symmetry. *Digital Commons@UTEP*, (8), 1–11.
- Laird, F. N. (1993). Participatory Analysis, Democracy, and Technological Decision Making. *Science, Technology & Human Values*, 18(3), 341.
- López Cerezo, J. A. (2015). Ciencia , Tecnología y Sociedad : el estado de la cuestión en Europa Y Estados Unidos. *Revista Iberoamericana de Educación*, (18), 1–19.
- López-Agudelo, V. A., Barragán, D., y Parra, W. (2013). Un Método para Enseñar el por qué Suceden las Reacciones Químicas. *Química Nova*, 36(1), 177–180.
- 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. doi:10.1093/carcin/bgl112
- Martínez, Leonardo Fabio. (2014). Cuestiones sociocientíficas en la formación de profesores de ciencias: aportes y desafíos. *Tecné, Episteme Y Didacxis*, (36), 77–94. Recuperado desde <http://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/viewFile/2913/2634>
- Martínez, Leonardo Fabio. y Parga, D. L. (2013). La emergencia de las cuestiones sociocientíficas en el enfoque CTSA. *Revista Góndola*, 8(1), 23–35. Recuperado desde <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/GDLA/article/view/5021/6652>

- Medina, M. (2000). Ciencia, Tecnología y Sociedad en el siglo 21. Los retos de la tecnociencia y la cultura de CTS. In M. Medina y T. Kwiatkowska (Eds.), *Ciencia, tecnología /naturaleza, cultura en el siglo XXI*. (pp. 1–14). Barcelona: Anthropos.
- Medina, M. (2004). Prólogo. In S. H. Cutcliffe (Ed.), *Ideas, Maquinas Y Valores: los Estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad*. (p. 228). Barcelona: Anthropos.
- Mei, J. B., Reineccius, G. a, Knighton, W. B., y Grimsrud, E. P. (2004). Influence of strawberry yogurt composition on aroma release. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(20), 6267–70. doi:10.1021/jf049787t
- Mitcham, C. (1997). Justifying public participation in technical decision making. *IEEE Technology & Society Magazine*, 16(1), 40.
- Nyman, P. J., Diachenko, G. W., Perfetti, G. a, McNeal, T. P., Hiatt, M. H., y Morehouse, K. M. (2008). Survey results of benzene in soft drinks and other beverages by headspace gas chromatography/mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(2), 571–6. doi:10.1021/jf072479l
- Porcú Elida B., Valderrama E., Saldaño B., R. B. (2012). Evaluación de la presencia de benzoato de sodio en mermeladas industriales que se comercializaron en la ciudad de San Fernando del Valle de Catamarca. *Universidad Nacional de Catamarca – Secretaría de Ciencia Y Tecnología*, 1–4.
- Rahimipour, M., Talebi, A. R., Anvari, M., Abbasi Sarcheshmeh, A., y Omid, M. (2014). Saccharin consumption increases sperm DNA fragmentation and apoptosis in mice. *Iranian Journal of Reproductive Medicine*, 12(5), 307–12. Recuperado desde <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=4094655&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
- Ratcliffe, M. (2001). Science, Technology and Society in school science education. *School Science Review*, 82(300), 83–92.
- Ren, L., Meng, M., Wang, P., Xu, Z., Eremin, S. a, Zhao, J., ... Xi, R. (2014). Determination of sodium benzoate in food products by fluorescence polarization immunoassay. *Talanta*, 121, 136–43. doi:10.1016/j.talanta.2013.12.035

- Rodero, A. B., Rodero, L. de S., y Azoubel, R. (2009). Toxicity of Sucralose in Humans : A Review. *International Journal Morphology*, 27(1), 239–244.
- Rodríguez, M. J., y Nieto, S. (2010). *Investigación y Evaluación Educativa en la Sociedad del Conocimiento* (1a ed.). Salamanca: Universidad de Salamanca.
- Sadler, T. D. (2004). The Role of Content Knowledge for Socioscientific Argumentation. *Faculty.Education.Ufl.Edu*, 1–10. Recuperado desde <http://faculty.education.ufl.edu/tsadler/Sadler-ESERA-07.pdf>
- Schmid Neseet, T. S., Singer, H., Longrée, P., Bader, H.-P., Scheidegger, R., Wittmer, A., y Martin Andersson, J. C. (2010). Understanding consumption-related sucralose emissions. A conceptual approach combining substance-flow analysis with sampling analysis. *Science of the Total Environment*, 408(16), 3261–3269.
- Sinha, R., y Souza, D. 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. y G. D. (2001). Epílogo: El papel de las interacciones CTS en el futuro de la enseñanza de las ciencias. In P. Menbiela (Ed.), *Enseñanza de las Ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad*. (pp. 221–231). Madrid: Narcea.
- Solbes, J., y Vilches, A. (2005). Preparación para la Toma de Decisiones y Relaciones CTSA. *Enseñanza de Las Ciencias, Número Ext(VII Congreso)*, 1–5. Recuperado de https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2005nEXTRA/edlc_a2005nEXTRAp131prepar.pdf
- Spangenberg, J. H. (2004). Sustainability science : Which science and technology for sustainable development? *Ciencia, Tecnología Y Sustentabilidad*, 1–10. Recuperado desde http://garritz.com/andoni_garritz_ruiz/documentos/Lecturas.CS.Garritz/Ciencia.y.Sustentabilidad/Sustainnability.Escorial.pdf
- Tobares, L. (2003). EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA ESTRUCTURA MOLECULAR DEL BENCENO. *Problemas del Conocimiento en Ingeniería y Geología, I*, 130–147.
- Topal, G., Oral, B., y Özden, M. (2007). University and Secondary School Students Misconceptions about the Concept Of “ Aromaticity ” in Organic Chemistry. *International Journal of Environmental y Science Education*, 2(4), 135–143.

- Toro, B. J., Reyes, B. C., Martínez, R., Castelblanco, Y., Cárdenas, F., Granés, J., ... Córdoba, C. (2007). Fundamentación Conceptual Área de Ciencias Naturales. ICFES. Bogotá: ICFES.
- Torrens, F., y Castellano, G. (2014). Una nueva herramienta para el estudio de la resonancia en docencia química. *Avances En Ciencias E Ingeniería*, 5(1), 81–91.
- Torres Merchán, N. Y. (2011). Las Cuestiones Sociocientíficas: una alternativa de educación para la sostenibilidad. *Revista Luna Azul*, (32), 45–51. Recuperado desde <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eihyAN=85692718&lang=es&site=ehost-live>
- Tran, A. V. (2013). Do BHA and BHT Induce Morphological Changes and DNA Double-Strand Breaks in *Schizosaccharomyces pombe* ?
- Vilches, A. (1999). Ciencia, tecnología, sociedad: implicaciones en la educación científica para el siglo XXI. *Universitat de València, España*.
- Zeidler, D. L. (2013). Socioscientific Issues as a Socio-cultural Approach to Scientific Literacy.
- Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Simmons, M. L., y Howes, E. V. (2005). Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. *Science Education*, 89, 357–377. doi:10.1002/sce.20048
- Zengin, D., Yüzbaşıoğlu, F., Ünal, S., Yılmaz, y 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.i

UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

ANEXOS

Anexo 1. Protocolo ético

 <p>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA 1803</p> <p>FACULTAD DE EDUCACIÓN MAESTRÍA EN EDUCACIÓN EN CIENCIAS NATURALES</p> <p>PROTOCOLO DE COMPROMISO ÉTICO Y ACEPTACIÓN DE LOS Y LAS PARTICIPANTES EN LA INVESTIGACIÓN</p> <p>Nombre de la Investigación: “UNA DIDÁCTICA PARA EL ESTUDIO DEL BENCENO EN PRODUCTOS DE CONSUMO MASIVO: aprendizaje con participación ciudadana”.</p> <p>Investigador: Jhon Fredy Pulgarín Posada</p> <p>Como investigador presento mi compromiso ético con los y las estudiantes del grado once de la Institución Educativa Loma Linda de Itagüí de hacer uso adecuado y discrecional de la información producida y registrada en el marco de este trabajo, con el único fin de lograr los objetivos propuestos para la investigación, y en la perspectiva de contribuir con aportes para mejorar la educación en Ciencias Naturales en la institución educativa y en el municipio de Itagüí.</p> <p>El uso discrecional y adecuado de la información registrada y de su análisis implica que la misma solo será utilizada para los propósitos enunciados y que, en relación con ello, se evitará la alusión a nombre propios, se valorarán con respeto y responsabilidad los aportes y, finalmente; que los análisis y resultados serán compartidos en primera instancia a algunos de estos participantes para su evaluación.</p> <p>Desde esta perspectiva, las personas que firman este documento autorizan al investigador a registrar su participación en foros de discusión y debate, observaciones públicas, trabajo comunitario, entre otros; que podrán ser registradas en audio y video. También, se les solicita a los firmantes de este documento, escribir algunas recomendaciones o sugerencias que consideren pertinentes en relación con la autorización que otorgan al investigador.</p>		
<i>Estudiantes participantes de la investigación</i>		
Nombre	Firma	Sugerencia o recomendación

Anexo 2. Test acerca del aprendizaje conceptual de las teorías y conceptos
los compuestos bencénicos.

referidos a

INSTITUCIÓN EDUCATIVA LOMA LINDA
ÁREA DE CIENCIAS NATURALES Y EDUCACIÓN AMBIENTAL
POST-TEST DE QUÍMICA SOBRE LOS COMPUESTOS AROMÁTICOS
07 de septiembre de 2016

ESTUDIANTE:

Escoja una opción de respuesta y luego escriba su justificación:

1. Los aditivos alimentarios se agregan para que las propiedades físicas y químicas de los productos alimentarios se conserven en el tiempo, para cambiar la apariencia y agrandar a los sentidos. A los alimentos empacados industrialmente se le añaden compuestos químicos que no son comestibles pero sirven como inhibidores de reacciones químicas en los productos alimenticios o impiden la proliferación de microorganismos. Los aditivos le confieren a los productos alimentarios características estables. ¿A qué cree que se debe la gran estabilidad química de los aditivos alimentarios?
 - a) Por estar conformados por estructuras cerradas (cíclicas) y con enlaces energéticos múltiples (dobles o triples) de unión entre los átomos principales.
 - b) Debido a que los aditivos alimentarios tienen muy poca reactividad, es decir, reaccionan con muy pocas sustancias.
 - c) Por estar constituidos por estructuras moleculares básicas invariables.
 - d) Son sustancias antimicrobianas (impiden el crecimiento de bacterias, hongos y parásitos), evitando así la descomposición o putrefacción del alimento.
 - e) No sabe/no responde.
 - f) Otra respuesta:

Justificación: _____

2. Aunque el benceno tiene dobles enlaces entre carbonos, lo que es propio de los alquenos, no reacciona como un alqueno. No reacciona con permanganato de potasio para formar productos de ruptura de enlaces, ni con ácido acuoso para generar alcoholes, tampoco con HCl para producir halogenuros de alquilo (cadenas carbonadas con halógenos como el cloro), ni experimenta reacciones de adición tal como ocurre con los insaturados. A diferencia de esto, el benceno solo reacciona por sustitución de un hidrógeno por otro u otros elementos químicos sin cambiar su estructura básica hexagonal doblemente enlazada. Este comportamiento químico le confiere a la estructura del benceno gran estabilidad química. ¿A qué cree que se deba esto?
 - a) Los tres dobles enlaces que tienen sus átomos de carbono alternos, esto es; un enlace doble es seguido de uno sencillo y así sucesivamente.

- b) Resiste altas temperaturas sin cambiar su estructura organizacional entre átomos o la distribución espacial entre sus átomos.
- c) Los tres dobles enlaces del benceno están deslocalizados (no están en un punto fijo permanentemente), disociados (separados) y en resonancia (movimiento oscilatorio periódico).
- d) No reacciona con otras sustancias debido a su resonancia electrónica que le impide formar puentes de hidrógeno con otras moléculas polares o poco polares como el agua.
- e) No sabe / no responde.
- f) Otra respuesta:

Justificación: _____

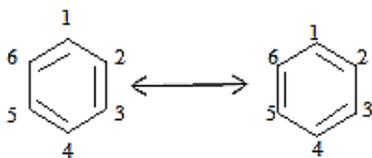
3. La resonancia (superposición electrónica vibrante) del benceno ha hecho que su molécula se represente como un hexágono con una circunferencia adentro. Esta representación significa que:



- a) El anillo bencénico tiene enlaces dobles y simples que están alternados uno seguido del otro.
- b) El enlace doble va cambiando de posición moviéndose de carbono en carbono de modo consecutivo.
- c) Sus enlaces entre los carbonos poseen una longitud promedia entre el enlace sencillo y el enlace doble.
- d) Su estructura tiene enlaces dobles en todas sus uniones entre carbono y carbono.
- e) No sabe / no responde.
- f) Otra respuesta:

Justificación: _____

4. Un modelo científico que busca explicar y formarse una idea sobre la resonancia de la estructura del benceno es el que presenta una combinación de dos estructuras alternas que solo difiere en la posición de los dobles enlaces: la estructura del 2,4,6 ciclohexatrieno (figura de la izquierda) y la del 1,3,5 ciclohexatrieno (figura de la derecha).



Estos dos modelos son equivalentes teóricamente, sirviendo cualquiera de ellos para la representación del benceno. La realidad es que la estructura del benceno

6. El benceno presenta sus principales reacciones químicas mediante sustitución aromática. No es una reacción del benceno:

- a) Halogenación: reemplazar un hidrógeno por un halógeno(F, Cl, Br, I).
- b) Alquilación: cambiar un hidrógeno por un radical de hidrocarburo o cadena de carbonos.
- c) Combustión: se puede quemar y producir gas carbónico y agua.
- d) Adición: incorporar otro elemento químico en su estructura conformacional.
- e) No sabe / no responde.
- f) Otra respuesta:

Justificación: _____

7. El gran consumo de gaseosas se debe principalmente a la inmensa promoción que las industrias imponen en la sociedad y al desconocimiento por parte de esa sociedad de los efectos adversos que trae el consumo de estas bebidas para el organismo. Seleccione los aditivos bencénicos que puede contener una gaseosa.

- a) Gas, edulcorante, saborizante, colorante.
- b) Conservante, minerales, saborizante, colorante.
- c) Colorante, azúcar, aromatizante, conservante.
- d) Edulcorante, conservante, colorante, saborizante.
- e) No sabe / no responde.
- f) Otra respuesta:

Justificación: _____

8. Si se juntan benceno líquido y agua se ve que la mezcla es heterogénea, debido a que el benceno es un hidrocarburo, por lo tanto es no polar, en cambio el agua es polar. Por esto la bioacumulación de los derivados bencénicos se localizan en la fase lipídica, es decir, en los tejidos grasos de cuerpo. Esta bioacumulación explica que:

- a) El benceno por su menor densidad permanezca por encima del agua.
- b) El benceno no pueda ser diluido debido a sus dobles enlaces vibrantes.
- c) La polaridad del benceno y del agua sean distintas al no poder formar puentes de hidrógeno.
- d) Los tumores cancerígenos tengan una composición con aspecto de una masa de grasa.
- e) No sabe / no responde.
- f) Otra respuesta:

Justificación: _____

9. La hidrogenación (adición de hidrógenos a la estructura molecular) del benceno se logra a altas temperaturas y presiones con ayuda de un catalizador de níquel. El producto resultante es usado en la producción de Nylon, como disolvente en la industria del calzado y como agente químico intermedio. ¿Qué producto se obtiene a partir de la hidrogenación sucesiva del benceno?:

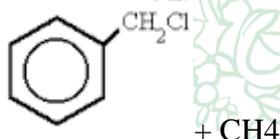
- a) Una cadena carbonada abierta con enlaces sencillos.
- b) Un hidrocarburo cíclico saturado, con enlaces sencillos.
- c) Dos productos en este caso Dióxido de carbono y agua.
- d) Dos sustancias diferentes que son Hidrógeno y benceno
- e) No sabe / no responde.
- f) f) Otra respuesta:

Justificación: _____

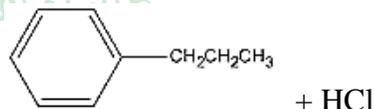
10. La alquilación del benceno consiste en sustituir un hidrógeno por una especie reactiva de hidrocarburo. Se usa en la producción de sustancias químicas industriales como disolventes, colorantes, saborizantes, etc. En 1877 Charles Friedel (francés) y James Craft (norteamericano) hicieron reaccionar por primera vez benceno con cloropropano ($C_6H_6 + CH_3CH_2CH_2Cl$) en presencia de cloruro de aluminio ($AlCl_3$) como catalizador.

Selecciona la opción que presenta los productos resultantes de esta reacción:

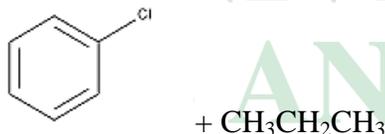
a)



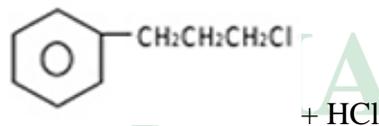
b)



c)



d)



e) No sabe / no responde.

f) Otra respuesta:

Justificación: _____

Anexo 3. Entrevista acerca de los conocimientos sobre el comportamiento y las propiedades de los compuestos bencénicos.

ENTREVISTA SOBRE CONSUMO DE PRODUCTOS CON COMPUESTOS BENCÉNICOS

Preguntas sobre productos alimentarios con aditivos:

1. Es común que diariamente consumamos alimentos producidos o empacados por fábricas. ¿Cuáles crees que pueden ser algunas diferencias entre alimentos naturales y artificiales? También, es frecuente ver que muchos alimentos naturales contienen sustancias químicas artificiales. ¿Qué puedes decirnos respecto a la incidencia de sustancias naturales y artificiales en el organismo?
2. ¿Cuáles productos alimenticios que contengan sustancias químicas artificiales puedes consumir en cualquier día en la casa y en la calle? ¿Qué razones crees que pueden explicar la presencia de aditivos químicos en los alimentos procesados industrialmente?
3. Es costumbre mirar la fecha de vencimiento de los productos alimenticios cuando los vamos a comprar, pues, sabemos que después de tal fecha en el alimento se empieza a dar la descomposición que hasta entonces estaba detenida por la acción de sustancias químicas específicas cuyo efecto conservante depende de su cantidad. ¿Cuándo miras en la etiqueta de un alimento en la parte de ingredientes, qué piensas de la presencia de conservantes y antioxidantes respecto al producto y al consumidor? ¿crees que los conservantes y antioxidantes que vienen en los alimentos pueden ocasionar problemas a la salud? Si/no ¿por qué y cuáles?
4. Es común ver en las etiquetas de diversos productos alimentarios la presencia de sabores, colores y olores artificiales, como un intento de copia de lo natural. Puesto que nadie cree que un vaso de agua con azúcar, colorante naranja, saborizante a naranja, con vitamina C sintética y con fragancia a naranja, sea un jugo de naranja aunque las características sensitivas sean muy semejantes; ¿crees que las sustancias químicas elaboradas en laboratorio tienen igual metabolismo que las producidas por la naturaleza, crees que la ingesta de estos productos artificiales son completamente inocuos y que el organismo en su funcionamiento no diferencia entre una sustancia artificial y una natural?
5. ¿Crees que los aditivos químicos son degradados metabólicamente a sustancias simples e inofensivas para el cuerpo? O ¿Qué los aditivos químicos son evacuados en su totalidad del cuerpo sin dejar trazas dañinas? ¿Cómo crees que se comportan los aditivos químicos en el cuerpo sabiendo que viajan a través de la sangre, atraviesan el hígado, el riñón, el corazón, etc.?
6. ¿Sabes de nombres de aditivos que acompañan tu comida o podrías decir en qué productos están? ¿En las etiquetas puedes reconocer los ingredientes que corresponden a aditivos químicos y las funciones que tienen?

7. ¿Qué sustancias de riesgo para la salud trae usualmente una gaseosa dietética?

Productos de belleza y aseo con componentes de riesgo:

8. Te has fijado que en las etiquetas del jabón, desodorante, gomina, perfume, maquillaje, tintura, esmalte y champú se encuentran componentes que pueden significar riesgo para la salud del que los usa. ¿Los reconoces por sus nombres o funciones? ¿Crees que por no entrar al cuerpo vía oral o venosa no representan daño alguno? ¿Crees que los poros y capilares son vías unidireccionales?
9. ¿Consideras que son pocos o muchos los productos cosméticos, de aseo personal y de hogar que usa a diario que tienen componentes de riesgo para las células sanguíneas y ADN? ¿Cuáles productos o cuáles sustancias? ¿Cómo podrían afectar la salud?

Medicamentos:

10. ¿Qué analgésicos o antipiréticos sueles tomar cuando tienes dolor o fiebre? ¿Si te dijera que casi todos ellos están fabricados con sustancias de riesgo para la salud, especialmente para el hígado; qué piensas del ofrecimiento de calmar un dolor momentáneo a cambio de afectaciones en cierto tiempo permanentes al hígado?

De opinión argumentada:

11. ¿Crees que la salud es uno de los bienes más preciados que podamos tener? ¿Crees que los daños deberían ser inmediatos para poder tomar decisiones definitivas frente al consumo de productos que contienen componentes perjudiciales para la salud? ¿Crees que los daños leves pero continuos y a largo plazo, no terminan volviéndose daños graves? ¿Por qué se hace caso omiso de las advertencias con repercusiones a largo plazo?
12. ¿Por qué crees que habiendo tantos productos dañinos de uso masivo el gobierno no regula su comercialización? ¿Por qué la gente sigue consumiéndolos?
13. En 2005 la Fundación Ramazzini en Italia, realizó pruebas con aspartame en 1800 ratas durante ocho años y concluyó que este edulcorante tiene efectos cancerígenos en ratas y ratones. Muchas empresas productoras de bebidas y comestibles light o dietéticos como por ejemplo la NutraSweet, alegan que a estos animales le suministraron demasiado aspartame, más de lo que una persona pudiera consumir en un día, 3.5 litros de gaseosa light diario. Y que además, arguyen las empresas, que no son comparables los efectos fisiológicos en las personas que en los animales. Puesto que no se han hecho experimentos con personas, entonces no se puede concluir certeramente que en las personas también les puede producir cáncer el consumo de edulcorantes. ¿Cuál es tu apreciación respecto a la defensa de las empresas productoras de edulcorantes para mantenerse en el comercio?
14. A partir de la investigación científica de la Fundación Ramazzini se estimó que el consumo máximo teórico de aspartame en los adultos es de 21,3 mg/kg de peso corporal por día. Mientras que la Autoridad Europea para la Seguridad Alimentaria recomienda como no

perjudicial una dosis de aspartame de 40 mg/kg al día y la Administración Americana de Drogas y Alimentos considera que la dosis aceptable de aspartame diaria para humanos son 50 mg/Kg día. ¿Tiene para usted alguna importancia estos valores o no se preocuparía por la cantidad de edulcorantes consumidos en las bebidas y comestibles dietéticos? ¿Por cuál cantidad se registraría usted para la conservación de una buena salud y por qué?

15. Hay varias razones por las cuales las personas consumen edulcorantes, por problemas de diabetes, por sobrepeso corporal o simplemente por no querer consumir calorías. ¿Crees que consumir bebidas o comestibles light es llevar una dieta saludable? ¿Comer simple de azúcar significa un sacrificio no asumible por las personas que endulzan con azúcares artificiales o es que desconocen el daño que se pueden causar con estos modos de consumo? ¿Crees que si la gente supiera de los riesgos a la salud que implican los edulcorantes, preferirían tomar o comer simple de azúcar?
16. Los niños y niñas son los clientes potenciales de dulces, confites y golosinas. La mayoría de estos productos tienen sabores, olores y colores los cuales son compuestos bencénicos que pueden afectar la salud. ¿Qué tanto estarías dispuesto a seleccionar para los niños lo que comen o permitirías que ellos elijan de acuerdo a la publicidad o presentación? ¿Crees que serviría de valor decisivo enseñarle a los niños las razones por las cuales estos productos deben ser rechazados por ellos mismos? ¿Si tuvieras hijos les permitirías que se gasten el dinero en estos productos perjudiciales? O ¿crees que les quitarías la posibilidad de disfrutar de su niñez?

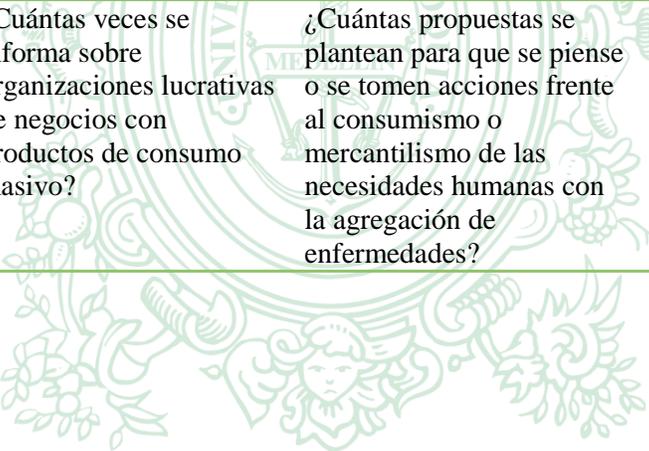
Participación ciudadana:

17. ¿Cómo te gustaría intervenir socialmente para contribuir a la comprensión de problemas sobre la salud acarreados por tantos productos de uso diario?
18. ¿Cree usted que habrán personas que cambien su estilo de consumo de alimentos aditivados con sustancias nocivas cuando sepan el daño que causan?
19. ¿A manera de participación ciudadana acerca de concientización sobre la salud y su perjuicio a partir de lo que se come y se usa, cree importante y necesario llevar propuestas hasta el ámbito político de bienestar común? ¿Cómo podría ser?
20. ¿Cuáles son sus expectativas sobre la acción social que promueva hábitos de vida saludable?

Anexo 4. Rúbrica para evaluar los niveles de participación en acciones de participación sociopolítica.

NIVELES	Informativo	Propositivo	Consultivo
ASPECTOS			
Contenido científico	¿Qué tanto se informa o se dan a conocer conceptos o teorías científicas o aplicaciones de ciencia y tecnología en la actividad realizada?	¿Durante la ejecución de la actividad con qué frecuencia se propone o recomienda aplicar métodos o conceptos científicos para resolver problemas de la vida diaria?	¿Qué tanto se pregunta o se solicita la opinión del público respecto asuntos de CyT?
Impacto social	¿En qué intensidad se informa sobre posibles impactos que se generan en las personas por el uso o aplicación de la CyT?	A través de la actividad, ¿en qué proporción se proponen acciones específicas que muestren los impactos que ocurren en la sociedad como consecuencia de ciertos estilos de vida?	¿En qué grado se pregunta o se pide la apreciación por parte del público por los impactos a las personas ocasionados por el uso o aplicación de la CyT?
Aplicabilidad real	¿Cuánta información ofrece la actividad que sea útil y de aplicación real en la vida de las personas?	¿En qué cantidad se propone a las personas usar o aplicar en sus vidas consejos o sugerencias que les mejore su calidad de vida?	¿Cuánto se pregunta o indaga en el público por su parecer o viabilidad sobre la aplicabilidad de acciones que procuran el bienestar? Ó ¿cuánto se pregunta por si se cree en la aplicabilidad de ciertos modos de consumo que le favorecen su vida?
Crítico-reflexivo	¿Qué tanto se brinda información que sirva para que las personas adopten posturas críticas y reflexivas frente a situaciones específicas?	¿En qué proporción se les propone a los espectadores que sean críticos y reflexivos frente a algún planteamiento?	¿Con que intensidad se les plantea al público su intervención con sus argumentos u opiniones frente a un concepto o situación para que ellos sean críticos y reflexivos?
Utilidad decisoria	¿Con qué frecuencia se ofrece información que sirva para tomar decisiones en la cotidianidad?	¿Cuánto se les propone a los espectadores que tomen decisiones a partir de lo que se plantea en la actividad?	¿Qué tanto se le pregunta al público por la utilidad en sus vidas de conceptos o hechos presentados?

Estilos de vida	¿Cuántas veces se da información que sirva para aumentar el bienestar personal a partir del modo de vida?	¿Cuántas veces se propone mejorar los hábitos de consumo o modos de vida?	¿Cuántas veces se consulta sobre los hábitos o estilos de vida?
Impacto a la salud	¿Cuántas veces se presenta información sobre aspectos de consumo que impactan la salud negativamente?	¿Cuántas veces se hacen proposiciones para dejar de consumir o usar productos que afectan la salud?	¿Cuántas veces se hacen consultas sobre aspectos de consumo que impactan la salud negativamente?
Aditivos alimentarios	¿Cuántas veces se ofrece información relativa a los aditivos alimentarios?	¿Cuántas veces se propone la verificación u observación del consumo de aditivos alimentarios?	¿Cuántas veces se consulta sobre el conocimiento de aditivos alimentarios?
Productos alimentarios aditivados	¿Cuántas veces se da información relacionada sobre productos alimentarios aditivados?	¿Cuántas veces se hacen propuestas para diferenciar entre alimentos artificiales y naturales?	¿Cuántas veces se consulta sobre el consumo de productos con aditivos alimentarios?
Unidades de negocio	¿Cuántas veces se informa sobre organizaciones lucrativas de negocios con productos de consumo masivo?	¿Cuántas propuestas se plantean para que se piense o se tomen acciones frente al consumismo o mercantilismo de las necesidades humanas con la agregación de enfermedades?	¿Cuántas veces se consulta sobre el conocimiento de organizaciones lucrativas de negocios con productos de consumo masivo?



UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

Anexo 5. Clasificación de los problemas según sus elementos CTSA

ELEMENTOS CTSA	NÚMERO Y NIVEL DEL PROBLEMA	COMPUESTO QUÍMICO	NOMBRE DEL PROBLEMA
Preservantes de uso masivo sin advertencias de su daño.	1 - N1	Benzoato de sodio en refrescos.	¿Alérgico y urticante una bebida refrescante?
	3 - N3		¿Qué te tomas? Agua, una gaseosita...
	7 - N2	Benzoato de sodio en confites, helados y energizantes.	Alimentos momificados.
Edulcorantes en productos alimenticios "dietéticos" o <i>light</i> .	22 - N1	Aspartamo en alimentos y bebidas dietéticas.	Dulcemente impotente y enfermo.
	25 - N3	Sacarina en alimentos y bebidas light.	Maldita dulzura ¿solo una canción de rock?
Productos cosméticos y para el aseo con tóxicos para la salud.	11 - N1	Bisfenol-A en champús y jabones.	¿Limpios como ratas?
	45 - N1	Dibutilftalato en productos de manicure.	¡Bebés cosmetika-mente defectuosos o una belleza peligrosa!
	42 - N2	Naftilamina en salas de belleza.	¡Quedaste tan bella, como para morir de la envidia!
	18 - N3	Alquil bencen sulfonatos en detergentes y limpiapisos.	¡Mejor dicho lavas el piso conmigo!
Formación de tóxicos peligrosos en carnes ahumadas y en cigarrillos.	48 - N1	Benzopirenos en carnes y pescados ahumados.	Abrasando genes.
	49 - N2		¡Que calentura!
	20 - N1	Fenol en cigarrillos	Fumando espero... a ver cuándo me muerdo
	21 - N3		¿Pertener al grupo o mantenerse vivo? He ahí la cuestión.
Analgésicos y antiinflamatorios causantes de enfermedades.	51 - N1	Paracetamol o acetaminofén	¿Paracetamol o paraestarmal?
	52 - N2		¡Un golpe sin dolor y al hígado!
	53 - N3		Ya me tome la pasta ahora si perezco sano.
	54 - N1	Ibuprofeno	¡Este dolor no me va a matar!
Problemas de salud a partir del manejo de solventes industriales.	37 - N1	Tolueno en fábricas de pinturas	Huele a recién pintado.
	13 - N1	Xileno en solventes y reveladores.	Que pinta de enfermo tenés.
	38 - N2	Tolueno	¿Máscaras? ¿Más caras? o ¿más tos? y ¿a quién le interesa?
	41 - N3	Xileno	Mejor en bici.

Anexo 6. Problemas diseñados

P1

Conceptos de aprendizaje: solubilidad, polaridad, reacciones químicas.

¿ALÉRGICO Y URTICANTE UNA BEBIDA REFRESCANTE?

En un estudio en salud con personas con una sintomatología propia de dermatitis alérgica de contacto, convulsiones, urticaria (erupciones alérgicas), daños en las células de la sangre y tumores cancerígenos, se encontró que este grupo de personas se caracterizaban por tener un gusto o preferencia por el consumo de gaseosas y refrescos en su dieta habitual y que este 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 en la genética de las personas, en el ADN?. NIVEL 1. DE HODSON.

P2**¿PREFIERES FRESCO O FRESCO QUE ESTA CONSERVADO?**

A los productos alimentarios que se les quiera prevenir su degradación en el tiempo causada por microorganismos, se le adiciona algún preservante, ellos tienen la capacidad de inhibir la actividad de hongos, levaduras, mohos y bacterias. Está demostrado que el consumo excesivo de estos conservantes resulta perjudicial para la salud del consumidor y son contaminantes ambientales. Por estas razones, los conservantes se utilizan de manera limitada en algunos productos alimentarios. En Estados Unidos los investigadores Nyman y otros (2008) determinaron la presencia de conservantes en una muestra de 199 refrescos y gaseosas. Encontraron que las bebidas tenían un conservante por encima de los valores permitidos por la ley. ¿Por qué crees que sucede esto? ¿A quién beneficia y por qué? NIVEL 2. DE HODSON.

P3**¿QUE TE TOMAS? AGUA, UNA GASEOSITA...**

De acuerdo con los resultados de muchas investigaciones está demostrado que la salud pública se ve seriamente afectada por el consumo de productos alimentarios que incluyen conservantes, como refrescos empacados y gaseosas, ¿Qué actitud tomarías tu como consumidor de estos productos? ¿Los seguirías consumiendo? ¿Dejarías de consumirlos? ¿Promoverías su prohibición en el mercado? Si - No ¿por qué? NIVEL 3. DE HODSON

P4

Conceptos de aprendizaje: solubilidad, polaridad, reacciones químicas.

EL YOGURT ILEGAL

Muchos preservantes químicos propician condiciones ácidas en los alimentos para evitar de este modo la proliferación de microorganismos, haciendo que por ejemplo, el yogurt no se descomponga biológicamente. En Irán, los investigadores Esfandiari y otros (2013) determinaron la presencia de cierta cantidad de un preservante en los yogures a pesar de no estar permitido usar preservativos en los yogures en Irán. Todas las muestras revelaron contener un preservante sin haber sido añadido. ¿Por qué crees que sucedió esto? ¿Qué pudo haber fallado en la fabricación del Yogur? ¿Qué proceso pudo haber ocasionado la aparición del preservante prohibido? Este proceso de formación del conservante pudo haber sido accidental o pudiera ser provocado ¿por qué? NIVEL 2. DE HODSON.

P5**YO GURT O NO GURT**

En un estudio de salud con personas con una sintomatología de dermatitis alérgica de contacto, convulsiones, urticaria (erupciones alérgicas), daño en las células de la sangre y tumores cancerígenos, se encontró en todos ellos que tenían como costumbre habitual consumir yogures empacados de fábrica. ¿Crees que dicho consumo este asociado con la aparición de las enfermedades que sufren aquellas personas? ¿Cómo crees que están relacionados los aditivos presentes en los yogures con la aparición de dichas enfermedades? ¿Qué reacciones químicas estaría involucradas en la generación de dichos efectos negativos sobre las células sanguíneas (leucocitos y eritrocitos). NIVEL 1. DE HODSON

P6**¿LO COMPRO O LO PREPARO? QUE PEREZA**

Si usted tuviese que decidir sobre tomar o no tomar yogures de fábrica, cuál, sería su decisión, arguméntela. ¿Estaría a dispuesto a plantear alternativas de preparación de yogures y modos de conservación diferentes a los empleados por las fábricas? ¿Cuáles procedimientos utilizaría? NIVEL 3. DE HODSON

P7

Conceptos de aprendizaje: solubilidad, polaridad, reacciones químicas.

ALIMENTOS MOMIFICADOS

Investigadores chinos determinaron la cantidad de un preservante en confites, helados y bebidas energizantes (Redbull) que fueron comprados en el supermercado, hallando que por cada kilogramo de producto alimentario se encuentran en promedio 160 miligramos de preservante. La FDA (Administración de Alimentos y Medicamentos), de los Estados Unidos designa al benzoato de sodio como «generalmente considerado seguro». El Programa Internacional sobre la Seguridad Química no encontró ningún efecto nocivo en seres humanos para dosis de 647-825 mg/Kg de masa corporal por día. La concentración máxima estimada para el consumo humano es de 600 miligramos por kilogramo. ¿Por qué crees que se encuentren tales concentraciones en estos alimentos y bebidas? ¿Qué intereses crees que existan en los fabricantes de estos productos? Argumenta tu respuesta. ¿Quién gana y quién pierde en el consumo de estos productos?, ¿Qué se gana y qué se pierde? NIVEL 2. DE HODSON

P8**DULCEMENTE AMARGOS**

En un estudio de salud se determina los hábitos alimenticios de personas que padecían dermatitis alérgica de contacto, convulsiones, urticaria (ronchas alérgicas), daño en las células de la sangre o tumores. Como resultado se observó que dicha personas tenían una gran afinidad por el consumo de confites, helados y bebidas energizantes. ¿Crees que dicho consumo este asociado con la aparición de las enfermedades que sufren aquellas personas?

¿Cómo crees que están relacionados los aditivos presentes en los confites, helados y bebidas energizantes con la aparición de dichas enfermedades? Que reacciones químicas estaría involucrada en la generación de dichos efectos negativos sobre las células sanguíneas (leucocitos y eritrocitos). NIVEL 1. DE HODSON

P9

TRIKI TRIKI HALLOWEN ¿TRUCO O TRATO?

¿Limitaría usted o no el consumo de confites a los niños, prohibiría el consumo de helados?
¿Diría usted no al consumo de bebidas energizantes aunque estuviese muy cansado, si ó no? Argumente su decisión. NIVEL 3. DE HODSON

P10

Conceptos de aprendizaje: composición másica, solubilidad.

LIMPIO POR FUERA SUCIO POR DENTRO

De acuerdo con las investigaciones, los adultos usamos un promedio de 9 productos de cuidado personal al día; lo que se traduce en la exposición de unos 126 químicos distintos, la mayoría de los cuales no han sido probados en profundidad o se desconocen sus efectos. Los productos de cuidado personal más usados son los como jabones y champús, Mirando la etiqueta de estos productos, ¿qué cantidad de estos componentes aparecen? ¿Cuál es la función de cada uno ¿puede alguno de estos componentes dañar el organismo? ¿Si esto es así porque se sigue añadiendo a la fórmula de dichos productos de aseo? ¿Crees que hay algún interés particular en ello? Argumenta tus respuestas. NIVEL 2. DE HODSON

P11

¿LIMPIOS COMO RATAS?

En investigaciones se probaron jabones, y champús de uso corriente en el mercado, con ratas y ratones en cautiverio para conocer sus efectos sobre su organismo después haber sido parte del metabolismo corporal. Los resultados de estas investigaciones han demostrado que los jabones y champús causaron alteraciones en la formación celular en los organismos de las ratas y ratones, formando tumores y generando en ellos aberraciones cromosómicas. ¿Qué componentes de estos productos de aseo pueden relacionarse con

los daños orgánicos presentados en las ratas y los ratones? ¿Cómo incidirían estos componentes en los procesos de reproducción celular en estos animales? ¿Qué transformaciones causarían los componentes de estos productos en el metabolismo de las sustancias? Si estos productos causaron daños graves a las ratas y los ratones ¿podrían causar un daño equivalente a los seres humanos quien es a diferencia de los ratones de laboratorio los usan todos los días? NIVEL 1. DE HODSON

P12

POBRES PERO ASEADOS

Teniendo en cuenta que en las etiquetas de los productos dice que contienen componentes que pueden ser nocivos para la salud por su exceso de uso, a veces sin cumplir la norma de advertir al consumidor que se está exponiendo a sustancias peligrosas, seguiría usted usando estos productos, promovería otras alternativas más naturales para el aseo y el lavado del cabello, trataría de prohibir su uso a toda costa? Si no por qué? NIVEL 3. DE HODSON

P13

Conceptos de aprendizaje: estructura molecular y reacciones químicas.

QUE PINTA DE ENFERMO TENÉS

En una investigación publicada en la revista *American Journal Industry of Medicine* se estudia el posible riesgo de padecimiento de leucemia (cáncer en la sangre) en trabajadores de una fábrica de disolventes y reveladores fotográficos. La investigación se hizo con un grupo de trabajadores de esta fábrica y se detectaron 72 casos de leucemia. La leucemia empezó con una serie de metabolitos que se formaron en el hígado produciendo efectos genotóxicos que van desde simples mutaciones puntuales hasta recombinaciones y aberraciones cromosómicas. ¿Qué razones habría para que estos trabajadores hayan desarrollado leucemia? ¿De qué están compuestas las pinturas? ¿A qué compuestos químicos se exponen usualmente los trabajadores de una fábrica de pinturas? ¿Estarían relacionados dichos componentes químicos con los problemas de salud de los trabajadores? ¿Qué clase de metabolitos afectaron la sangre? Cómo se formarían radicales libres de estos metabolitos? Argumenta sus respuestas. NIVEL 1 HODSON

P14**¿DEJO ASI O LE HECHAMOS OTRA MANITO?**

Es cierto que las empresas de disolventes tienen normatividad que busca evitar las enfermedades profesionales en los trabajadores, pero es sabido que las máscaras con filtro de carbón activado no impiden completamente la inhalación de vapores tóxicos, pero con esta medida la empresa se libra de culpa alguna. ¿Estaría usted dispuesto(a) a laborar en una fábrica como ésta a sabiendas del riesgo que corre? ¿Qué opciones tiene un trabajador en estas circunstancias? ¿Limitaría usted el número de veces que se deba pintar las casas para que el uso de pinturas no se convierta en algo masivo? ¿Prohibiría la pintura de las casas y en su lugar promovería otros medios más naturales de embellecerlas? NIVEL 3.

HODSON

P15

Conceptos de aprendizaje: mecanismos de reacciones químicas, solubilidad.

LO LAVO HASTA QUE SE CAIGA DEL MUGRE

Un estudio en EE. UU. mostró que de todas las personas que participaron en una investigación, el 90% tenía un compuesto químico tóxico en su cuerpo que resultó ser un ingrediente de la formulación de productos de limpieza como detergentes y limpiapisos. Así lo revelaron los análisis en la sangre y en la orina de más de 2.500 estadounidenses de diferentes ciudades, sexos y edades. Existe consenso científico en que esta sustancia encontrada ejerce efectos nocivos en la salud humana. Por tales razones en California y Canadá hay un intenso debate para prohibir el uso de estos componentes en los productos de consumo. ¿Cuáles sustancias nocivas para la salud se encuentran en los anteriores productos de limpieza? ¿Por qué crees que las razones para prohibir estos productos no fueron consideradas por los productores en un principio? Si los organismos de control no hicieran la prohibición por solicitud de los consumidores ¿los productores, sabiendo los daños a la salud, tomarían la iniciativa aplicar medidas preventivas o cambios en su formulación por respeto al consumidor? O ¿cuál es el interés del productor? NIVEL 2.

HODSON

P16**MATARATONES Y LIMPIAPISOS DOS EN UNO Y AUN HAY MÁS**

En la etiqueta de muchos detergentes y limpiapisos aparecen compuestos que como ingredientes de preparación de tales productos se han ensayado en investigaciones con ratones, demostrando que intervienen con el ciclo hormonal natural, afectan la fertilidad, aumentan el número de adipocitos (células de grasa), inducen alteraciones precancerosas en las células, etc. ¿Cuáles son las sustancias presentes en estos productos responsables del daño al organismo? ¿Cómo intervienen estas sustancias peligrosas en la afectación a la salud? ¿Es probable que los problemas presentados en ratas y ratones debido a estos productos, se presenten en las personas expuestas diariamente durante años a estas clases de detergentes y limpiapisos? Plantee la reacción química de formación de estos compuestos peligrosos a partir del originario. Explique los mecanismos de reacción. ¿Qué alternativas existen para utilizar productos de aseo inocuos? NIVEL 1. HODSON

P17**QUITO LA MUGRE Y LA VIDA TAMBIÉN**

El comercio nos ofrece una amplia variedad en productos de limpieza casera que en su formulación de preparación incluyen sustancias que cumplen diversas funciones como conservar las características del producto, quitar la mugre, darle consistencia al producto, darle apariencia, etc. El *Journal of Applied Toxicology* reveló en un estudio de 2004 que se habían detectado unas sustancias químicas que vienen en los jabones, detergentes y limpiapisos en ciertos tumores mamarios. Pero lo que no se llegó a confirmar es si estas sustancias tenían relación en la formación del cáncer de mama. ¿Cómo puede llegar una sustancia que está presente en la composición de jabones, detergentes y limpiapisos a formar parte de un tumor mamario? ¿Qué relación existe entre la actividad química de tales sustancias y la generación de tumores? NIVEL 1. HODSON

P18**¿MEJOR DICHO LAVAS EL PISO CONMIGO;**

Debido a la amplitud del uso de los productos para la limpieza personal y doméstica, como lava platos y lava pisos, productos que contienen componentes peligrosos conviene evaluar los riesgos sobre la salud humana. El nivel para el que no se observan efectos adversos es de 85 mg/kg de peso corporal y el margen de exposición a estas sustancias no debería superar el 1% de ese valor. Los productores de estos materiales alegan que en la mayoría de las actividades humanas en las que estamos expuestos a estas sustancias tóxicas no se superan esos niveles de seguridad y que considerando todas las actividades conjuntamente, aún se obtiene un valor muy alejado de los niveles de seguridad por lo que estos productos se considera que tienen un nivel de confianza aceptable para uso doméstico. Sin embargo, aclaran que debe evitarse el contacto, inhalación o ingestión del producto puro o muy concentrado, ya que pueden causar irritación en ojos y mucosas, además concentraciones superiores al 65% son tóxicas por ingestión o inhalación. ¿Qué se puede decir respecto a lo que alegan los productores? ¿Crees que es poco lo que usamos de lavaplatos y lavapisos en un día como para no preocuparse sabiendo que las sustancias nocivas que contienen, tienen la propiedad de acumularse en el tejido graso del cuerpo? ¿Si te dieras la oportunidad de elegir entre productos de limpieza que ofrecen las tiendas y supermercados y productos caseros naturales de limpieza, cuál elegirías y por qué razones? NIVEL 3. HODSON

P19

Conceptos de aprendizaje: solubilidad, reacciones químicas.

UNA CALADITA O UNA CALETITA ¿PARA QUIÉN?

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 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 “sólo el diablo podía dar a un hombre el poder de sacar humo por la boca”. (<https://exopolis.wordpress.com/tag/estereotipo/>). ¿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 las consecuencias mortales de sus consumidores. ¿Es esta una posición ética y de respeto frente a la sociedad? ¿Qué es el consumidor para la industria y comercio de cigarrillos? En Colombia está prohibido vender cigarrillos a menores de edad. ¿Por qué crees que hay tantos(as) jóvenes fumando hoy en día? NIVEL 2. HODSON

P20

FUMANDO ESPERO... A VER CUANDO ME MUERO

La Sociedad Americana del Cáncer dice que “El hábito de fumar es responsable de casi nueve de diez muertes por cáncer de pulmón. La buena noticia es que el riesgo de padecer cáncer de pulmón y otras enfermedades relacionadas con el fumar puede ser reducido si deja de fumar”. Seis millones de personas mueren cada año por causa del cigarrillo, lo que equivale, a una muerte cada 5 segundos. Este dramático pronóstico es de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Se prevé para el 2015 que 2'120.000 fumadores morirán por cáncer, 1'870.000 por enfermedades respiratorias y 1'860.000 por enfermedades cardiovasculares. ¿Cuáles sustancias químicas contenidas en el cigarrillo crees que están asociadas a la generación del cáncer? ¿Cómo crees que actúan estas sustancias carcinogénicas dentro del cuerpo y por qué? ¿Cuánta cantidad de sustancias carcinogénicas ha incorporado en el cuerpo una persona que fuma un paquete de cigarrillos al día durante 20 años? Explique la formación de radicales libres a partir de las sustancias carcinogénicas presentes en el cigarrillo. ¿Cuáles son las implicaciones de estas sustancias en las células hemáticas? NIVEL 1. HODSON

P21

¿PERTENECER AL GRUPO O MANTENERSE VIVO? HE AHÍ LA CUESTIÓN

Estamos inmersos en una cultura supremamente influenciada conscientemente y sugestionada inconscientemente por la industria tabacalera. El problema es que la inmensa mayoría de los fumadores probaron su primer cigarrillo en la infancia para verse como otros chicos que lo hacen o como los adultos fumadores que están a su alrededor. Casi todas las personas que nunca fumaron en la adolescencia y lo prueban en la edad adulta dicen no gustarle y les parece horrible. El primer cigarrillo para los adolescentes se da por

la imagen que se crean de él, muchos ven el fumar como una forma de independencia y rebeldía; creen que fumar los hace grandes. Los medios de comunicación refuerzan estas falsas ideas dándoles el estereotipo a las mujeres y hombres que fuman como atractivos y seguros de sí mismos. Muchos adolescentes se sienten presionados por ellos mismos a ser aceptados por grupos de amigos que promueven la desobediencia en valores y cambio en principios morales, admirando al fumador como autónomo y con decisiones propias. Plantee una confrontación entre el hábito del cigarrillo como condición socialmente aceptada y promocionada contra el problema de salud pública que significa para fumadores y no fumadores. ¿Por qué crees que los jóvenes buscan estas clases de grupos sociales como refugio? ¿Fumar o no fumar, estarías de acuerdo a adquirir una dependencia perjudicial a cambio de ser aceptado por un grupo de personas? Plantea algunas razones. ¿Quién saca provecho del hábito de fumar?, ¿quién o quiénes llevan la peor parte, por qué?

NIVEL 3. HODSON

P22

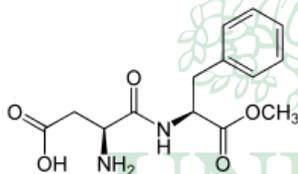
DULCEMENTE IMPOTENTE Y ENFERMO

En una universidad de Irán, algunos investigadores suministraron inyecciones a ratones adultos durante un mes dosis de un edulcorante muy popular en restaurantes y cafeterías, con una concentración de 2% en masa por volumen de agua destilada (0,2 mg de edulcorante por cada 100 ml de agua destilada). Las consecuencias observadas en los ratones fueron una significativa disminución de la movilidad de los espermatozoides y daños del ADN. ¿Por qué crees que sucedió esto? Algunos productos alimentarios que contienen el mismo edulcorante son: coca cola zero, bebidas light, alimentos light, Pepsi diet, Red bull, chicles sin azúcar, galletas dietéticas, snacks diet, etc. ¿Por qué crees que el consumo de este edulcorante en personas puede ocasionar problemas parecidos con los ratones? ¿Cómo actúan los edulcorantes en el organismo, qué metabolitos se generan en el hígado? ¿Por qué cree que el edulcorante altera la formación del ADN en las células, cuál es el componente responsable? NIVEL 1. HODSON

P23**NO ERES UN RATÓN, PERO COMO SI LO FUERAS**

La compañía Nutra Sweet defiende el consumo de sus productos con edulcorante no azucarado en bebidas sin calorías. Diciendo que los experimentos en ratones exageran demasiado en las dosis que suministran a los ratones para que en ellos se manifiesten problemas de cáncer. El consumo máximo de edulcorante recomendado por la Organización Mundial para la Salud (OMS) para no considerarse tóxico es de 50 mg/Kg/día (50 mg por cada kilogramo de masa corporal del individuo por cada día) y esto equivale a tomarse unas 10 latas de coca cola light en un día. Esto es mucho más de lo habitual. En realidad, el consumo medio se sitúa en unas 10 mg/Kg/día, unas dos latas, siendo USA el país que más consume con unos 43.000 millones de latas al año. Algunos productos alimentarios no calóricos de consumo diario o habitual que contienen este edulcorante son: coca cola zero, bebidas light, alimentos light, Pepsi diet, Red bull, chicles sin azúcar, galletas dietéticas, snacks diet, etc. ¿Crees que los argumentos de la compañía Nutra Sweet son válidos para garantizar la salud pública? ¿Crees que esto asegura que los edulcorantes no le harán daño a las personas que lo consumen diariamente, es decir 365 días al año? ¿si ó no, por qué? NIVEL 2. HODSON

La fórmula estructural del edulcorante es:

**P24****LAS CICATRICES DE TU DULCE VENENO QUE NUNCA CERRARAN**

La industria productora de alimentos dulces ha dicho que se preocupa por la salud de la sociedad y por ello ha pensado en las personas con diabetes y en las personas con sobrepeso para quienes ha producido endulzantes artificiales cientos de veces más dulce que el azúcar normal (sacarosa) para que puedan disfrutar de los alimentos azucarados pero sin aportar calorías significativas al cuerpo. En la Universidad Nacional de Tucumán (Argentina), investigaron la influencia del primer edulcorante que ha sido usado en la

historia, sobre la cantidad de células caliciformes del intestino delgado de ratones, se les inyectaba diariamente una dosis de 1mg/ml de un edulcorante. Los resultados mostraron que hubo disminución del número de células caliciformes en un 20%, que son glándulas que secretan una mucosa que recubre el intestino delgado para protegerlo contra alimentos con pH extremos. Este edulcorante produjo una disminución del número de células glandulares del duodeno del ratón, este hecho hace vulnerable al duodeno (parte donde termina el estómago y empieza el intestino delgado) a la formación de llagas o úlceras que no cicatrizan. ¿Por qué crees que este edulcorante es causante de úlceras en el duodeno de los ratones? ¿Con qué argumentos se podría hacer una transposición del problema de los ratones a las personas? ¿De qué manera el consumo habitual de edulcorantes podría inducir cáncer en el intestino? NIVEL 1. HODSON

P25

MALDITA DULZURA ¿SOLO UNA CANCIÓN DE ROCK?

En la Universidad Latinoamericana de Ciencia y Tecnología de Costa Rica titularon una investigación como “Edulcorantes Naturales y Artificiales: ¿Una Bendición o una Maldición?”. En ella se dice que el papel de los edulcorantes en relación con el cáncer en el organismo humano ha sido debatido por años y más de 50 estudios han sido publicados de edulcorantes aprobados por el FDA (Administración de Drogas y Medicamentos de EE. UU.); algunos han mostrado una conexión y otros han mostrado que no. No se ha podido llegar a una decisión concluyente y definitiva, con argumentos convincentes a la comunidad científica. Se demostró en los 1970's mediante investigaciones que un edulcorante causó cáncer de vejiga en ratones de laboratorio. Un congreso en Estados Unidos precisó la importancia de más estudios y mencionaron la necesidad de publicar en toda comida con este edulcorante la siguiente advertencia: “*Use of this product may be hazardous to your health. This product contains un sweetener, which has been determined to cause cancer in laboratory animals.*” (El uso de este producto puede ser peligroso para su salud. Este producto contiene edulcorante, el cual se ha determinado que causa cáncer en animales de laboratorio). Estudios de epidemiología humana no han demostrado ninguna evidencia consistente que este edulcorante se asocia a la incidencia de cáncer de vejiga en los humanos. ¿Por qué cree que la comunidad científica no se ha puesto de acuerdo con

respecto a la atribución del edulcorante a la formación de cáncer? ¿Crees que por el hecho de no poder hacer experimentos con personas se pueda decir que es indemostrable que el consumo de edulcorantes causa cáncer en la vejiga de las personas? Debido a que este edulcorante no se prohíbe porque no hay comprobación directa de los daños que puede causar en las personas, el comercio invadió el ofrecimiento de alimentos dietéticos utilizando este edulcorante. ¿Cuál es su opinión al respecto y su actitud ante tal ofrecimiento? Se encuentra en productos de panadería, confitería, bebidas, snacks, etc. ¿Seguiría comprando esta clase de productos dietéticos para usted y su familia o los excluiría de su selección, por qué? ¿Plantee varias maneras de endulzar los alimentos de manera natural y con beneficios a la salud. Sustenta su respuesta a la pregunta del título de la investigación universitaria “Edulcorantes Naturales y Artificiales: ¿Una Bendición o una Maldición?” NIVEL 3. HODSON

P26

Conceptos de aprendizaje: solubilidad, reacciones químicas.

HUELES BIEN COMO A RATA MUERTA

Está comprobado que productos de tocador como desodorantes (Arden for Men) y perfumes, contienen en su composición sustancias cancerígenas, generadoras de tumores y translocación de los genes ADN. Esto se ha demostrado a través de experimentos con ratas y ratones a los que se aplicaron sustancias que se encuentran presentes en desodorantes y perfumes. ¿Por qué crees que sucede esto? ¿Qué sustancias están en estos productos mencionados y son responsables de producir estos efectos? ¿Crees que estos problemas podrían presentarse de manera similar en las personas? ¿Qué marcas de estos productos de tocador podrían contener sustancias dañinas para el metabolismo celular en la sangre y en qué concentraciones están? ¿Cómo intervienen estas sustancias carcinógenas en la reproducción celular? NIVEL 1. HODSON

P27

AFEITAITO Y LIMPIECITO, TE DEJAMOS MATAITO

Según la organización mundial de la salud, el cáncer es uno de las principales causas de muerte en el mundo, en el 2012 murieron 8,5 millones de personas por cáncer. Se ha

demostrado científicamente que jabones (por ejemplo Palmolive y Lux) y cremas de afeitar (por ejemplo Troax y Brut), contienen en su composición sustancias carcinogénicas. ¿Por qué en las etiquetas de tales productos no dice a lo que se expone el consumidor con su uso habitual? ¿Son conscientes los productores del daño que incorpora día a día toda la vida el consumidor a su organismo y por qué se ofrecen? ¿Cuáles son sus intereses? NIVEL 2. HODSON

P28

VIVO AUNQUE FEÍTO O ME A-FEITO

Después de saberse que cuando se usan productos como jabones y cremas de afeitar de marcas muy populares se añade a la sangre un poco de toxicidad que conlleva malformación celular, ¿qué actitud sería la más recomendable a tomar a nivel personal y socialmente? ¿Qué opciones tienes como consumidor ante la necesidad de utilizar esta clase de productos que se haya frente al ofrecimiento de tantos productos de uso diario y masivo que contienen sustancias tóxicas? NIVEL 3. HODSON

P29

Conceptos de aprendizaje: composición másica, solubilidad.

SOMOS DULCES PERO NO MELOSOS

Las personas en condición de obesidad o de diabetes (hiperglucemia) optan en el comercio por alimentos que no contengan calorías, pero sin renunciar al sabor dulce del alimento o bebida. Algunos productos alimentarios que contienen edulcorante autorizado por la FDA para alimentos y bebidas son: Productos horneados y mezclas para hornear, bebidas y bases para bebidas, goma de mascar, café y té, confituras y coberturas para pasteles dulces, postres lácteos congelados y mezclas para prepararlos, helados de fruta y de agua, gelatinas, flanes y rellenos, mermeladas y jaleas, productos lácteos, sustitutos del azúcar, salsas, coberturas y jarabes dulces, etc Ferrer y Thurman (2010) afirman a partir de su investigación, gracias a datos toxicológicos, que algunos de estos edulcorantes sintéticos pueden causar enfermedades debido a su consumo, por ejemplo, tumores en ciertos animales. El uso de edulcorantes está siendo controlado en algunos países como Estados Unidos, Reino Unido y Japón. ¿Porque crees que en nuestro país no? ¿Qué intereses crees

que hay para ello? ¿Crees que se puede llegar a ser adicto a estos edulcorantes al igual que se lo puede llegar a ser de la cocaína o la marihuana? NIVEL 2 DE HODSON

P30

ZERO AZUCAR, ¿ZERO RIESGOS?

Según estudios de la Organización Mundial de la Salud 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». (tomado de: http://es.wikipedia.org/wiki/Coca-Cola_Zero). ¿Crees que la organización mundial de la salud tiene razón? ¿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? ¿Si – No, por qué, que alternativas propones con productos naturales? NIVEL 3. HODSON

P31

Conceptos claves de aprendizaje: presión de vapor, estados de agregación, solubilidad, usos y toxicidad de sustancias derivadas de benceno como el tolueno, xilol y varsol.

TU PINTA ME MAREA

Juan va pintar la puerta garaje de su casa que va de pared a pared y es de lámina de hierro, también aprovechará las vacaciones de verano para pintar las rejas del patio, de las ventanas y del antejardín. Para ello compra pintura base aceite y lleva adicionalmente un tarro de un líquido disolvente que el vendedor le dijo que le servía para adelgazar la

pintura, hacerla rendir y fácil de aplicar. A Juan le advierten que la porción de aire que se halla por encima del recipiente con solvente puede arder, entrar en ignición si una chispa o llama toca el aire próximo al tarro de disolvente. ¿Por qué no sucede lo mismo en el aire común y corriente sin presencia de solventes? ¿Qué tipo de materia elemental componen estas sustancias?, ¿cómo podría representar tales moléculas compuestas de átomos y energía? Juan compró por cuartos la pintura que necesitaba. Destapó el tarro de disolvente y quiso preparar de una sola vez las porciones de pintura para cada parte de la casa. Se puso entonces a revolver la pintura mientras le iba adicionando el disolvente. Juan respiraba encima de lo que hacía y de pronto sintió mareo y cayó privado al suelo, de inmediato su familia lo llevó al hospital y Juan se reanimó prontamente. ¿Por qué le sucedió esto a Juan? ¿Qué cosa son los disolventes de pinturas? ¿Cómo funcionan estos solventes para generar tal situación en el cuerpo? Siguiendo el principio químico de “semejante disuelve semejante”, prediga el resultado de las mezclas pintura base aceite-solvente orgánico, pintura base aceite-agua y solvente orgánico- agua. Explique a partir del concepto de solubilidad y clases de enlaces. En qué se diferencian los estado líquido y gaseoso de una sustancia y cómo se da el tránsito de un estado en otro? Porqué le recomendaron a Juan en la ferretería no envasar el disolvente en tarros plásticos llenos al tope, ni exponerlos al calor, ni mucho menos al fuego? Explicar el fenómeno de la difusividad de los solventes.

NIVEL 1 HODSON

P32

Conceptos relacionados: reacciones químicas, bioacumulación, daños por benzoato de sodio.

EL COMLOT DE LOS RATONES ARABES ENVENENADOS

El masivo uso de las sustancias preservantes se aplica a casi todo tipo de alimentos empacados con fines de conservación sin deterioro biológico. Podría decirse sin temor a equivocarse que la inmensa mayoría de la sociedad consume a diario cantidades apreciables de preservantes en su dieta alimentaria habitual. En una universidad árabe, para estudiar los efectos por consumo de un preservante, los investigadores aplicaron a ratonas en embarazo inyecciones de un conocido preservante en una cantidad de 250 mg por cada kg de peso corporal del animal, mientras ellas estaban en gestación. El resultado fue que los

ratones que les nacieron desarrollaron tumores en los ojos, garganta y oídos. ¿Porque crees que sucedió esto? NIVEL 1 DE HODSON

P33

QUÉ ES LEGAL, EMBARAZOSO O PROHIBIDO - O - TODO LO QUE NO MATA ENGORDA

Según la FDA (Food Drug Agency: agencia de alimentos y medicamentos americana) se permite legalmente el uso del preservante más usado en alimentos hasta una relación de 1 mg de preservante por 1 g de producto alimentario (0,1%). Suponiendo que los fabricantes para asegurar la preservación de los productos y para no incurrir en ilegalidades normativas, usan la dosis máxima permisible. Supongamos que una mujer en embarazo de masa 60 Kg, en un día consume los siguientes alimentos que contienen un preservante: Un yogurt (250g), una porción de cereal o galletas de fibra (200 g), Un juguito en caja (200g), un pastel de fábrica (300 g), Una gaseosa (350 g), fríjoles enlatados (350 g), arepa de fábrica (200 g), un chorizo de fábrica (350 g), Una malta (300 g), un paquete de mekato (200 g), un helado (400 g), Una gaseosa (350g), una porción de atún o sardina (300g), papas o patacones precocidos (350g), salsa o mayonesa (60g), [Total alimentos con preservante = 4160 g]. ¿Por qué es tóxico el preservante? ¿Cómo actúa en el organismo? ¿Crees que este nivel de consumo podría ocasionar daños al bebe? ¿Cómo actúan estas sustancias en su acción preservante de alimentos? Represente la molécula del preservante aludido y su reacción química de formación. ¿Cuál es la relación entre la cantidad de preservante consumido y el peso corporal de la mujer (mg/g)? NIVEL 1. HODSON

P34

Conceptos relacionados: densidad, inmiscibilidad, polaridad, solubilidad del benceno.

JUNTOS PERO NO REVUELTOS

Juan en su casa quiso hacer un experimento: dentro de una botella echó agua y benceno líquido. Juan recordando las clases de química del bachillerato evoca el dicho que dice que lo semejante disuelve lo semejante Vio que las sustancias no se mezclaron, ni se disolvieron una en otra a pesar de haberse sacudido y agitado la botella. Juan exclamó

“juntos pero no revueltos”. Compare las densidades del agua y el benceno. ¿Qué relación hay entre la densidad y la miscibilidad? ¿Por qué el agua y el benceno no se mezclan? ¿Cómo son las polaridades de estas dos sustancias? ¿Qué relación hay entre polaridad y solubilidad? ¿Cuál es más polar y por qué? ¿Qué tipo de fuerzas actúan entre los átomos que conforman cada sustancia? ¿Qué clase de fuerzas actúan entre las moléculas de ambas sustancias que están en contacto en la interface? NIVEL 1 HODSON

P35

¿EN ACEITE O EN AGUA? ¿CÓMO TE LO QUIERES COMER?

Juan acostumbraba consumir todos los días alimentos y bebidas con conservantes, colorantes, saborizantes, aromatizantes y endulzantes artificiales. Además, tenía como habitual de todos los días bañarse con jabón Lux o Palmolive y un champú muy popular del supermercado, usaba una loción tipo splash y su crema de afeitar era Gillet. Todos estos productos contienen componentes tóxicos y son bioacumulables. A Juan recientemente se le formó un tumor benigno de 2 cm de diámetro en la parte posterior de su cabeza. Un médico le dijo coloquialmente que era una masa de grasa. Pensando en los antecedentes del problema, se relacionó la formación del tumor con los hábitos de vida de Juan, con el consumo de sustancias tóxicas que consumía todos los días a través de alimentos y productos de aseo. Juan recordando las clases de Ciencias del bachillerato recuerda que estos compuestos tóxicos en parte se eliminan, pero otra parte se va acumulando en el cuerpo. ¿Qué compuestos existentes en estos productos son considerados tóxicos, por qué? ¿En qué lugares del cuerpo se acumulan estos compuestos tóxicos? ¿Qué causas podrían atribuirse a la formación del tumor, por qué? NIVEL 1 HODSON

P36

REEFRESCO, REELIMPIO, REEDULCE, REESHICK PERO REFRITO

¿Tienes hábitos de consumo parecidos a los de Juan? Si es así estarías dispuesto a transformar tus hábitos de consumo? ¿Cuáles cambiarías? ¿Por qué? Plantee otras alternativas para estos productos no dañinas a la salud humana. NIVEL 3 DE HODSON

P37

Conceptos de aprendizaje: composición porcentual y másica, presión de vapor, reacciones químicas.

HUELE A RECIEN PINTADO

Después de evaluar la salud de las células sanguíneas de 97 trabajadores de una fábrica de pinturas mediante una biometría hemática, se encontró que el 61% de los trabajadores presentaron alteraciones en la forma, función y composición de las células sanguíneas (hipocromía, macrocitosis, leucopenia, linfocitopenia y trombocitopenia). Además, estas personas mostraron cambios en todos los componentes citohemáticos analizados, que podrían estar asociados con la exposición a la mezcla de solventes orgánicos. Por lo que se recomienda que tales manifestaciones defectuosas en la sangre de los trabajadores deban ser vigiladas para tomar acciones. ¿Porque sucedió esto? ¿Cómo puede explicarse científicamente lo acontecido con la salud de los trabajadores de la fábrica de pinturas? ¿Qué solventes pueden ser usados en la fábrica de pinturas? Explique el significado de la presión de vapor de estos solventes y compárela con la del alcohol y el agua. Compare la molécula de los solventes, en términos de densidad, estructura molecular, grupos funcionales, reacciones químicas que involucran su formación. ¿Cómo pueden ocurrir las reacciones químicas entre los metabolitos de los solventes y las células sanguíneas como leucocitos, linfocitos y con los genes del ADN? NIVEL 1 DE HODSON

P38**¿MÁSCARAS? ¿MÁS CARAS? O ¿MÁS TOS? Y ¿A QUIÉN LE INTERESA?**

Se sabe que existe una normatividad de seguridad laboral sobre el uso de máscaras para protección respiratoria. En las fábricas de pinturas ¿Será posible que éstas máscaras para gases tóxicos logran evitar la enfermedad del personal que labora a diario con este tipo de sustancias inflamables?, ¿Cuál es la intención de la empresa con este requerimiento, cuidar el trabajador o cuidarse ella sobre responsabilidades económicas por enfermedad profesional? NIVEL 2 DE HODSON.

P39

CONCEPTOS DE APRENDIZAJE: mecanismos de reacciones químicas.

¿ANDAS COMO EN LA NUBES? ¿VOLANDO BAJO? O ¿TE DIÓ UN BABIAO?

Varios investigadores de universidades de Canadá queriendo demostrar el daño que causan las fugas de gases de la industria petrolera sobre las aves tipo halcón que viven de las regiones de explotación de hidrocarburos; hicieron experimentos con halcones en el laboratorio exponiéndolos a inhalación de dosis de 0.1 ppm de benceno y 0.8 ppm de tolueno (1 ppm = 1 µg/L), dosis ambientalmente relevantes. Los resultados mostraron que todas las variables hematológicas medidas en las aves, el número de eritrocitos (glóbulos rojos) inmaduros (polychromatophils) en circulación, los números relativos de los diferentes tipos de leucocitos (glóbulos blancos), y la función inmune innata de esos leucocitos, fueron alteradas. ¿Porque sucedió esto? ¿Estos resultados en aves se pueden o no extrapolar a las personas? Compare entre aves y personas los sistemas respiratorios, las fisiologías, las respuestas tóxicas de los organismos, etc NIVEL 1 DE HODSON.

P40**VOY A SALIR A RESPIRAR ALGO DE AIRE PURO ¿SI, QUE VA;**

Las instalaciones de petróleo y gas producen emisiones gaseosas que liberan al aire compuestos orgánicos volátiles (COV), lo que resulta en la exposición de toda la biota a favor del viento a estos compuestos orgánicos volátiles. En los mamíferos, estos disolventes son tóxicos para la sangre, los sistemas inmunológico y nervioso, además de ser cancerígenos. Las personas que se movilizan en la ciudad, en la que todos los lugares están expuestos al influjo de este tipo de contaminantes expelidos por los medios de transporte, se exponen permanentemente a hidrocarburos no quemados de los automotores. Un automotor bien calibrado arrojan al aire en una combustión (accionar una vez el acelerador) entre 100 ppm y 500 ppm de hidrocarburos no quemados. ¿Qué efectos crees que tiene esto sobre la salud humana? ¿Qué tipo de interacción crees que se presenta entre los metabolitos de estos COV procesados por el hígado en relación al funcionamiento de los leucocitos y eritrocitos? Explique químicamente tal interacción paso a paso. NIVEL 1 DE HODSON.

P41**MEJOR EN BICI**

¿Por qué crees que el comercio de automóviles hoy es un gran negocio a pesar de la contaminación producida a gran escala en el aire? Si todos pudiéramos, todos tendríamos carro, porque todos queremos tener un carro. Estás de acuerdo con esta afirmación, ¿si no porque? ¿Este modo de consumir es compatible con un desarrollo sustentable, y está en armonía con una salud pública sana? ¿Por qué no se usan las tecnologías limpias diferentes a los hidrocarburos para la fabricación masiva de automóviles y así disminuir la carga contaminante sobre el planeta? ¿Qué intereses crees que existan para esto? NIVEL 3 DE HODSON

P42**QUEDASTE TAN BELLA, COMO PARA MORIRSE DE LA ENVIDIA**

El color del cabello puede mejorar la imagen y así levantar el ánimo de una persona frente a sí misma y ante las demás personas. Aunque esto es verdad, los productos para teñir el cabello se consideran como uno de los mayores riesgos de salud para las personas. Según los expertos en color, aplicar el color y hacer que dure depende de la capacidad del producto para "abrir" la cutícula del cabello. Sin esta acción, el color se lava tan pronto como el pelo se lava con champú. Las toxinas que poseen los tintes para el cabello pueden entrar al cuerpo de tres maneras principales: el consumo, la inhalación de vapores y la absorción por la piel. Luego, pasan al torrente sanguíneo para luego generar daños al hígado y a la médula ósea. A pesar de esto la FDA no regula los productos para el cabello, pero John Bailey, director de la agencia y el programa de cosméticos, advierte a los consumidores a "considerar la falta de seguridad demostrada" al utilizar un tinte capilar. ¿Por qué crees que sobre estos productos no se haya demostrado oficialmente su falta de seguridad a la salud pública y no se acepte normativamente que causan daños a las personas? ¿Qué razones pueden haber para no declararse oficialmente que los tintes capilares son peligrosos para salud humana? ¿Quiénes se benefician de que no haya controles en los productos para el cabello para que no lleven carga tóxica al cuerpo de las personas? NIVEL 2. HODSON

P43**SIN CANAS, PERO SIN GANAS, PERO QUE LI HACE... CIERTO**

En estudios con ratas y ratones de laboratorio, al aplicarles tintes para el cabello estas mostraron la aparición de cáncer en el hígado. Además cuando se suministraron las sustancias presentes en los tintes a personas con enfermedad hepática crónica, estas sufrieron muerte de sus células hepáticas que podría cicatrizar el hígado, que de hacerse permanente podría generar fibrosis, cirrosis o cáncer hepático. Es importante decir que el hígado se encarga de filtrar las toxinas que lleva la sangre. ¿Qué sustancias tóxicas son las que traen los tintes para el cabello? ¿Cómo se comportan químicamente estas sustancias para afectar de esta manera al hígado? ¿Qué metabolitos se forman en el hígado y qué implicaciones tiene para la salud y por qué? NIVEL 1 DE HODSON.

P44**APARENTEMENTE NATURAL O NATURALMENTE SANO**

Después de sopesar los beneficios y los perjuicios que puede traer para cualquier persona tinturarse el cabello ¿Estarías dispuesto a cambiar tus hábitos de manejo del cabello para hacerte menos propenso a padecer enfermedades del hígado Si - No o por qué? ¿Cambiarías la periodicidad de tinturar el cabello o se lo recomendarías a alguien? ¿Usarías formas alternativas de embellecer o dar color al cabello de manera natural sin perjuicio para tu salud? NIVEL 3. HODSON

P45**BEBES COSMETIKA - MENTE DEFECTUOSOS O UNA BELLEZA PELIGROSA**

Algunos esmaltes de uñas hallados comúnmente en salones de belleza y anunciados como libres de un llamado "trío de sustancias tóxicas" tienen altos niveles de estos agentes químicos. Dichos agentes químicos están vinculados con defectos de nacimiento, según los reguladores estatales de productos químicos en California. Un informe del Departamento de Control de Sustancias Tóxicas, determinó que muchos productos para uñas en cuyas etiquetas no dice que contienen sustancias tóxicas, presentan un trío de sustancias con el potencial de perjudicar a miles de mujeres que trabajan en más de 48.000 salones de manicura en California, como también a sus clientes. Los reguladores estatales dijeron que

la exposición a grandes cantidades de dichas sustancias se ha asociado a problemas de nacimiento y desarrollo, asma y enfermedades de la sangre. ¿Cuáles son los compuestos químicos que conforman el llamado trío tóxico y qué función cumplen en los productos para uñas? ¿Por qué son tóxicas estas sustancias? ¿Cuál es el comportamiento químico de estas sustancias para que generen las enfermedades mencionadas? NIVEL 1. HODSON

P46

¿TE VAS A DEJAR SACAR LAS UÑAS?

Los investigadores escogieron 25 marcas al azar, incluso varios productos que dicen estar libres de tres sustancias químicas que vienen juntas en los esmaltes para uñas. Los investigadores hallaron que 10 de 12 productos que decían no contener el trío tóxico lo tenían, cuatro de ellos a niveles peligrosamente elevados. La agencia dijo no tener datos suficientes como para calcular cuánta gente estuvo expuesta a las sustancias por medio de dichos productos. ¿Por qué crees que las empresas fabricantes de estos productos no lo reportan en sus etiquetas? ¿Por qué la ley no actúa en contra de las marcas que dicen que no tienen tóxicos y si los tienen, de parte de quién están? ¿Crees que aunque en las etiquetas digan el nombre de las sustancias tóxicas que contienen estos productos, es suficiente para validar el comercio de estos productos como lo hace la ley en California? ¿Cuál es el interés de los productores de sustancias para embellecimiento con compuestos tóxicos?, ¿Crees que estos productores respetan al consumidor y los ven como seres dignos de bienestar? ¿qué representan los consumidores para ellos? NIVEL 2. HODSON

P47

ANTES MUERTA QUE SENCILLA

A las mujeres les encanta tener las uñas bien limadas, con esmaltes de diversos colores, geles, pegantes, lacas y otras novedosas opciones, pero todos estos químicos pudieran no ser muy buenos para la salud de quien los usa. La retirada de la cutícula permite la absorción en la sangre de químicos a través de la piel. Cuando a la uña se le lima demasiado se vuelven débiles y quebradizas. La agencia americana de control estatal sobre sustancias químicas dice que las sustancias tóxicas que traen los productos para manicure son tres y están asociadas a problemas crónicos de salud al inhalarlas y absorberlas por la

piel, y que las 121.000 técnicas licenciadas en manicura de California, muchas de ellas jóvenes asiáticas-estadounidenses, corren un gran riesgo, además de sus clientes. Aunque el uso de sustancias químicas en estos productos no es ilegal si están etiquetadas, bien podría serlo las afirmaciones falsas en las etiquetas. ¿Qué actitud pensarías que se debiera asumir frente a esta clase de productos tóxicos usados en la manicura? ¿Crees que vale la pena seguir usando estos productos? ¿Dejarías que te suministren tóxicos a través de las uñas? ¿Consentirías que se les aplicasen a otras personas que así se ven más bonitas o aseadas? ¿Plantearías otras alternativas para limpiar y embellecer las uñas? NIVEL 3.
HODSON

P48

CONCEPTOS DE APRENDIZAJE: mecanismos de reacciones químicas.

ABRASANDO GENES

En las parrilladas es común que se agreguen a la carne asada: salchichas, queso flameado con chorizo, papas con tocino y tortillas empacadas. El aumento de diversos tipos de cáncer de estómago, páncreas, colon y recto en los últimos años está en relación directa con el alto consumo de carnes y la baja ingesta de frutas, verduras y cereales. Se estima que durante la cocción al carbón a altas temperaturas las gotas de grasa de un kilo de carne o de embutidos cuando caen sobre las brasas se queman y expelen los compuestos químicos presentes en el humo de 600 cigarrillos, (treinta paquetes de cigarrillos); Dicho humo sube y se adhiere a la carne, de manera similar ocurre en todos los procesos de combustión incompleta de materia orgánica (carbón, petróleo, basuras, tabaco, carne asada y pescado ahumado). Así su presencia es directamente proporcional a la temperatura y al tiempo de cocción. Estos compuestos químicos también se pueden formar durante el curado de alimentos. Un bistec asado puede tener hasta 50 microgramos de estas sustancias y en experimentos con animales de laboratorio se ha provocado cáncer inyectando solo 2 miligramos de esta sustancia a cada animal. Se han desarrollado procedimientos de biomonitorio para evaluar la exposición humana a estos químicos, en los cuales se ha indicado que la dieta con base en las carnes es una fuente importante de exposición. ¿Cuáles son y cómo se forman estas sustancias tóxicas a partir de asar carne y pescado sobre un llama? Plantee las reacciones químicas de formación a partir de las fórmulas

estructurales indicando los mecanismos de reacción química. ¿Cómo alteran estas sustancias tóxicas el metabolismo celular y su reproducción causando tumores y cáncer?

NIVEL 1. HODSON

P49

¡QUE CALENTURA!

Cada año se gastan miles de millones en publicidad para promover el consumo de carne y sus derivados. Es una imagen muy difundida: adolescentes con caras risueñas, comiendo hot dog y familias felices reunidas alrededor de un asado. La publicidad, en ese sentido, jamás relaciona la carne con la atmósfera macabra de los mataderos. El mensaje que se desea transmitir es que consumir carne es una actividad natural, sana y divertida. Cuando hay una dieta a base de carnes, el contenido graso de la ración alimenticia aumenta. Esto sucede a pesar de que se sabe como al someter al calor algunos alimentos se generan sustancias químicas tóxicas, alimentos como granos, cereales secados en horno de combustión, pescados y mariscos ahumados, carnes y pescado a la parrilla, etc. Estas sustancias que al incorporarse al cuerpo por vías dérmica, oral o inhalación han demostrado ser carcinogénicas en animales por ser genotóxicas y mutagénicas, produciendo en ellos tumores en diferentes órganos y tejidos. ¿Crees que los productores industriales de este tipo de alimentos tienen la verdadera intención de satisfacer a la sociedad de la necesidad de sostener la vida mediante la alimentación? ¿Qué atributos quieren conferir los productores a los alimentos procesados mediante combustión? ¿Cuáles crees que son sus verdaderos intereses? NIVEL 2. HODSON

P50

¿MUY ASADO? NOOOO NI YO NI MIS AMIGOS

En los procesos de combustión incompleta llevados a cabo en la cocción o deshidratación de alimentos a altas temperaturas como frutos secos, algunas especias, salchichas, chorizo, café tostado, carnes y pescado a la parrilla, pizzas, pan de horno de leña, arepas asadas, se forman sustancias químicas carcinogénicas que afectan la secuencia genética en el ADN humano. A pesar de que se diga que estas prácticas alimentarias son poco frecuentes, tú estarías dispuesto a cambiar tus hábitos alimenticios, dejar de comer carne asada, alternar

la carne al vapor con pollo sin la piel y pescado no asados ni ahumado, eliminar las salchichas y embutidos. Y consumir ensalada además de algunos alimentos crudos, frutas, verduras, semillas y cereales, si, no porque ¿cómo harías estos cambios en tu vida y en tu hogar? ¿Qué tan traumático puede significar cambiar las formas de preparación de los alimentos respecto a las convencionales? ¿Si fueras invitado a un asado, propondrías, con argumentos, otra forma de cocer los alimentos? ¿Si, cómo? ¿No, por qué? Plantee formas alternativas de cocinar carne y pescado sin formación de sustancias químicas carcinogénicas. NIVEL 3. HODSON

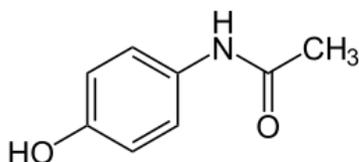
LO QUE SE OCULTA TRAS LA CARNE ASADA

La mayor parte de las personas no tiene idea que detrás de una parrillada se esconden las nitrosaminas y los benzopirenos. Las nitrosaminas son sustancias que se originan de los nitratos y nitritos, componentes que se agregan a algunos alimentos para darles un agradable color cárnico y para conservarlos frescos, es decir dan a los alimentos una mejor apariencia y los hacen duraderos. Por eso es común encontrarlos en los embutidos como las salchichas, tocino, chorizo, jamón, jamón de pavo, salami, etcétera. Los benzopirenos en cambio son hidrocarburos aromáticos policíclicos que se producen en el proceso de ahumado de las carnes y los quesos. A las nitrosaminas y los benzopirenos se les ha relacionado con el aumento de algunos tipos de cáncer del aparato digestivo, especialmente en el cáncer También existen estudios que señalan a las nitrosaminas como cancerígenos en relación con tumores pulmonares, de hígado, riñones, páncreas, estómago, esófago, cerebro y de vejiga.

P51

¿PARACETAMOL O PARAESTARMAL?

N-(4-hidroxifenil) etanamida



Conceptos de aprendizaje: reacciones químicas y mecanismos de reacción.

El paracetamol o acetaminofén es una droga analgésica (impide el dolor) y antipirética (impide la fiebre) que se comercializa libremente sin necesidad de prescripción médica. La popularidad del paracetamol como antipirético y analgésico seguro y eficaz ha aumentado en el último tiempo. Su uso ha subido rápidamente y el incremento en la disponibilidad lo ha transformado en uno de los agentes más comunes en las sobredosis tanto accidentales como intencionales. El paracetamol (acetaminofén) presenta efectos tóxicos cuya gravedad depende de la dosis, causando necrosis de los hepatocitos (células que forman el hígado) ¿Cómo crees que actúan estas sustancias para impedir el dolor y la fiebre? ¿Cómo está constituido el hígado y cómo puede quedar afectado por estas sustancias? ¿De qué modo interactúan estas sustancias con el hígado? Plantea las posibles reacciones químicas involucradas en estas interacciones. El acetaminofén es recomendado para su uso como analgésico a los consumidores de alcohol por causar menos gastritis que la aspirina, por lo cual lo consumen más y esto empeora la toxicidad hepática. ¿Cuál sería la posible razón para ello? NIVEL 1. HODSON

P52

UN GOLPE SIN DOLOR Y A LOS HÍGADOS

El paracetamol es tóxico ya que produce lesión del hígado, lesión que ha pasado a ser en los países desarrollados la primera causa de insuficiencia hepática. A pesar de esto dicho fármaco se halla en más de 200 presentaciones en nuestro mercado. En Colombia las ventas de acetaminofén durante el período 2012-2014 representaron más de un billón de pesos (Observamed: Observatorio del Medicamento de la Federación Médica Colombiana), lo cual, reafirma que es uno de los medicamentos más vendidos en el país. Indaga acerca de las varias formas de presentación del acetaminofén y sobre sus casas fabricantes. ¿Crees que los fabricantes de acetaminofén desconocen sus efectos secundarios tóxicos? ¿Por qué no escriben en la etiqueta que este fármaco causa enfermedades y no aparece ninguna advertencia para su consumo? ¿Crees que estos comportamientos tengan que ver con que la industria farmacéutica es una de las más ricas del mundo? ¿Crees que es necesario que aparezca en la etiqueta de estos productos información sobre los riesgos para la salud por sus efectos secundarios? NIVEL 2. HODSON

P53**YA ME TOME LA PASTA AHORA SI PEREZCO SANO**

Cuando se abusa del acetaminofén fármaco se vende de manera libre y es consumido bajo la premisa de ser inofensivo, se generan problemas hepáticos, dificultad respiratoria, alergias, hinchazón. Además se cree que se puede ingerir en cualquier cantidad y que entre más tome más intensamente funciona. Por otra parte el paracetamol “sólo sirve para eliminar síntomas, no sirve para tratar enfermedades”, siendo contraindicado en personas medicadas para el hígado o con disfunciones renales, mujeres embarazadas y por periodos prolongados (El Tiempo del 16 de junio del 2015) ¿has consumido paracetamol o acetaminofén y te ha aliviado el dolor de cabeza lo seguirías consumiendo? ¿Qué escogerías entre el dolor o dañar las células hepáticas? ¿Qué alternativas para calmar el dolor se podrías emplear sin perjuicio para tu salud integral?

NIVEL 3. HODSON

P54**¡ESTE DOLOR NO ME VA A MATAR!**

El ibuprofeno es un analgésico y antiinflamatorio no esteroideo de uso masivo porque no requieren prescripción médica. El consumo prolongado de ibuprofeno ha demostrado causar alteraciones cardíacas, lesiones cerebrovasculares, infartos y enfermedades coronarias (El Tiempo 14 de abril de 2015). Según el Comité de Farmacovigilancia de la Agencia Europea del Medicamento (EMA por sus siglas en inglés), más de dos gramos de ibuprofeno al día, genera problemas de tipo cardiovascular. Cuando una persona toma una pastilla de ibuprofeno de 800 mg cada 8 horas, ya se ha tomado 2,4 g de ibuprofeno, dosis superior a la máxima recomendada. ¿Por qué crees que el ibuprofeno afecta el corazón? ¿Cómo influye el ibuprofeno en la coagulación de la sangre? ¿Cómo actúa para impedir la inflamación? ¿Químicamente como altera el sistema circulatorio? NIVEL 1. HODSON