





| | | | | | | | |
|---|---|----------------|----------|-----------------|-------------|---------------|---|
|  | GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS | | | | | |    |
| | CARTA DE AUTORIZACIÓN | | | | | | |
| CÓDIGO | AP-BIB-FO-06 | VERSIÓN | 1 | VIGENCIA | 2014 | PÁGINA | 1 de 1 |

Neiva, 23-01-2020

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

Mabel Tatiana Torrente Díaz, con C.C. No.1030595162, autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado titulado Una cuestión Sociocientífica para promover la comprensión de la naturaleza de la ciencia, presentado y aprobado en el año 2020 como requisito para optar al título de MAGISTER EN EDUCACIÓN; autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales “open access” y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.






- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.

- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ESTUDIANTE: Mabel Tatiana Torrente Díaz

Firma: 

| | | | | | | | |
|---|--|----------------|----------|-----------------|-------------|---|---------------|
|  | GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS | | | | |     | |
| | DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO | | | | | | |
| CÓDIGO | AP-BIB-FO-07 | VERSIÓN | 1 | VIGENCIA | 2014 | PÁGINA | 1 de 3 |

TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: UNA CUESTIÓN SOCIOCIENTÍFICA PARA PROMOVER LA COMPRENSIÓN DE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA

AUTOR O AUTORES:

| Primero y Segundo Apellido | Primero y Segundo Nombre |
|----------------------------|--------------------------|
| TORRENTE DÍAZ | MABEL TATIANA |

ASESOR (ES):

| Primero y Segundo Apellido | Primero y Segundo Nombre |
|----------------------------|--------------------------|
| TORRES MERCHAN | NIDIA YANETH |

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: MAGISTER EN EDUCACIÓN

FACULTAD: FACULTAD DE EDUCACIÓN

PROGRAMA O POSGRADO: MAESTRÍA EN EDUCACIÓN

CIUDAD: NEIVA

AÑO DE PRESENTACIÓN: 2020





NÚMERO DE PÁGINAS: 233

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Diagramas Fotografías Grabaciones en discos ___ Ilustraciones en general Grabados ___ Láminas ___
 Litografías ___ Mapas ___ Música impresa ___ Planos ___ Retratos ___ Sin ilustraciones ___ Tablas o Cuadros X

SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento:

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.

| | | | | | | | |
|---|--|----------------|----------|-----------------|-------------|---------------|---|
|  | GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS | | | | | |    |
| | DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO | | | | | | |
| CÓDIGO | AP-BIB-FO-07 | VERSIÓN | 1 | VIGENCIA | 2014 | PÁGINA | 2 de 3 |

MATERIAL ANEXO:

PREMIO O DISTINCIÓN (En caso de ser LAUREADAS o Meritoria):

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

| <u>Español</u> | <u>Inglés</u> |
|--------------------|-----------------|
| 1. Naturaleza | Nature |
| 2. Ciencia | Science |
| 3. Cuestión | SocioScientific |
| 4. Sociocientífico | Issue |
| 5. Secuencia | Sequense |
| 6. Didáctica | Didactic |

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

El presente proyecto expone el análisis de una cuestión Sociocientífica como la Fluorosis dental para promover la comprensión de la Naturaleza de la Ciencia, con estudiantes de grado Décimo de la Institución Educativa Cascajal Timaná-Huila, implementada durante los meses de Julio a Noviembre del 2019.

Para desarrollar este objetivo de investigación se utilizó un enfoque cualitativo- descriptivo. Como instrumentos se empleó un cuestionario pre-postest, el cuestionario de contextualización y la secuencia didáctica. Para el análisis de la información se utilizó el análisis de contenido y el software Atlas ti.

Las categorías de análisis que guiaron la investigación son: Imagen de Científico(a), construcción del conocimiento científico, naturaleza del conocimiento científico y relación CTSA. Es necesario mencionar que los análisis se hicieron teniendo en cuenta que la comprensión de la Naturaleza de la Ciencia se constituye según Torres y Solbes (2015) como una competencia de pensamiento crítico.

Al finalizar la intervención didáctica se pudo observar que los estudiantes conciben una imagen humanizada de la ciencia desde la provisionalidad, el dinamismo y la evolución del conocimiento científico. Con múltiples métodos y factores que se relacionan de diferentes maneras en la construcción de conocimiento.

ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

The present project exposes the analysis of a Socioscientific issue such as Dental Fluorosis to promote the understanding of the Nature of Science, with tenth grade students of the Cascajal Timaná-Huila Educational Institution, implemented during the months of July to November 2019.

To develop this research objective, a qualitative-descriptive approach was used. As instruments, a pre-posttest questionnaire, contextualization questionnaire and didactic sequence were used. For the analysis of



GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS

DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO



CÓDIGO

AP-BIB-FO-07

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

3 de 3

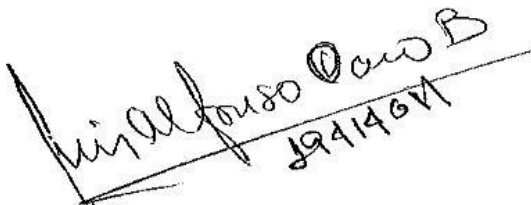
the information, the content analysis and the Atlas ti software were used.

The categories of analysis that were used are: Image of Scientist, construction of scientific knowledge, nature of scientific knowledge and CTSA relationship. It is necessary to mention that the analyzes were made taking into account that the understanding of the Nature of Science is constituted according to Torres and Solbes (2015) as a critical thinking competition. At the end of the didactic intervention it was observed that students conceive a humanized image of science from the provisional, dynamic and evolution of scientific knowledge. With multiple methods and factors that are related in different ways in the construction of knowledge.

APROBACION DE LA TESIS



Doctor, José Emilio Díaz Ballén
Profesor e Investigador
Universidad Pedagógica Nacional
jdiaz@pedagogica.edu.co
jedballen2011@gmail.co



Luis Alfonso Caro Bautista
19414671

Luis Alfonso Caro Bautista
Magister en investigación Educativa
Especialista en Docencia de la Biología
Profesional Licenciado en Biología y Química

UNA CUESTIÓN SOCIOCIENTÍFICA PARA PROMOVER LA COMPRESIÓN DE LA
NATURALEZA DE LA CIENCIA

Mabel Tatiana Torrente Díaz

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE EDUCACIÓN
MAESTRÍA EN EDUCACIÓN ÁREA DE PROFUNDIZACIÓN DOCENCIA E
INVESTIGACIÓN UNIVERSITARIA
NEIVA
2020

UNA CUESTIÓN SOCIOCIENTÍFICA PARA PROMOVER LA COMPRESIÓN DE LA
NATURALEZA DE LA CIENCIA

Mabel Tatiana Torrente Díaz

Asesora: Dra. Nidia Yaneth Torres Merchán

Tesis presentada para optar el Título de Magister en Educación

Línea de investigación: Educación y Pedagogías Críticas y Didácticas Alternativas

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

FACULTAD DE EDUCACIÓN

MAESTRÍA EN EDUCACIÓN ÁREA DE PROFUNDIZACIÓN DOCENCIA E

INVESTIGACIÓN UNIVERSITARIA

NEIVA

2020

Dedicado...

A mi familia por su inagotable amor y por sostener mi mano en los momentos de oscuridad y de luz.

A un fauno, por brindarme tranquilidad, música y amor, por compartir sueños y esperanzas de una sociedad más justa y humana.

Y a todos los estudiantes con quienes he compartido y construido este trabajo, como dos artesanos tejiendo la vida que cambia y se transforma.

Agradecimientos...

A la Doctora Nidia Torres por su conocimiento, fuerza, paciencia, dedicación y aportes a la investigación, que en la distancia me transmitió su amor y convicción por la docencia y la investigación. Y aún más, por su voz de aliento y lucha para continuar con el trabajo.

Al Doctor Elías Amórtegui por sus enseñanzas y su colaboración en el trabajo, pero sobre todo por la amistad y la confianza.

A los docentes Jeison Rosero, Jeisson Tobías y María Angélica Lasso por la colaboración con la validación del cuestionario. A Leiber Rodríguez por confiar en el proyecto y permitirme realizar la investigación con sus estudiantes.

A los estudiantes de la Institución Educativa Cascajal gracias por permitirme acercarme y construir junto a ustedes.

A Polimatía “Sabiduría que abarca conocimientos diversos”, mi segunda familia, por su apoyo y solidaridad incondicional.

A Jesús Rivera y Angie Guerrero por brindarme su amistad y energía vital en todo momento.

A Félix Otálora por las sugerencias y recomendaciones en la lectura y escritura del trabajo. A Germán Camacho por su aporte artístico.

Tabla de contenido

| | |
|---|----|
| Resumen..... | 6 |
| Introducción..... | 7 |
| 1. Planteamiento del problema y justificación..... | 10 |
| 1.1. Necesidad de abordar aspectos relacionados con la Naturaleza de la Ciencia..... | 10 |
| 1.2. Características de las ciencias que deberían abordarse en contextos escolares | 15 |
| 1.3. Necesidad de abordar Cuestiones Sociocientíficas para mejorar la comprensión de la naturaleza de la Ciencia..... | 16 |
| 2. Objetivos de investigación..... | 18 |
| 2.1. Objetivo general..... | 18 |
| 2.2. Objetivos específicos..... | 18 |
| 3. Antecedentes..... | 19 |
| 3.1. Internacionales..... | 19 |
| 3.2. Nacionales..... | 25 |
| 3.3. Regionales..... | 33 |
| 4. Marco teórico..... | 35 |
| 4.1. Enfoque Ciencia- Tecnología- Sociedad y Ambiente (CTSA)..... | 35 |
| 4.2. Cuestiones Sociocientíficas..... | 35 |
| 4.2.1. Características de las Cuestiones Sociocientíficas..... | 37 |
| 4.2.2. Estrategias para el uso de Cuestiones Sociocientíficas..... | 39 |
| 4.3. Pensamiento crítico..... | 40 |
| 4.3.1. Pensamiento crítico en la enseñanza de las Ciencias Naturales..... | 43 |
| 4.3.2. Pensamiento crítico y Cuestiones Sociocientíficas..... | 46 |
| 4.3.3. Competencias de pensamiento crítico..... | 47 |
| 4.4. Comprensión de la Naturaleza de la Ciencia como competencia crítica..... | 48 |
| 4.4.1. Naturaleza de la Ciencia..... | 48 |
| 4.4.2. Estrategias para la enseñanza de la comprensión de la NdC..... | 52 |
| 4.5. Enseñanza de las Ciencias Naturales en Colombia..... | 55 |
| 4.6. Fluorosis dental..... | 57 |
| 4.6.1. Historia del Flúor..... | 57 |
| 4.6.2. Química del Flúor..... | 59 |
| 4.6.3. Historia de la Fluorosis dental..... | 60 |
| 4.6.4. ¿Qué es la Fluorosis dental?..... | 62 |
| 4.6.5. Panorama de la Fluorosis dental en Colombia y el Huila..... | 63 |
| 5. Metodología..... | 66 |
| 5.1. Enfoque de investigación..... | 66 |
| 5.2. Fases de investigación..... | 67 |
| 5.3. Participantes y contexto del estudio..... | 68 |
| 5.4. Instrumentos..... | 73 |
| 5.4.1. Pretest y Postest..... | 73 |
| 5.4.2. Secuencia didáctica..... | 79 |
| 5.4.3. Sistematización de la información..... | 83 |
| 6. RESULTADOS Y ANÁLISIS..... | 85 |
| 6.1. Presentación y análisis de los resultados del pretest sobre la CNdC..... | 85 |
| 6.1.1. Concepciones acerca de Imagen de Científica(o)..... | 85 |
| 6.1.2. Concepciones acerca de construcción del conocimiento científico..... | 92 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 6.1.3. | Concepciones acerca de la Naturaleza del conocimiento científico | 99 |
| 6.1.4. | Concepciones acerca de las relaciones CTSA | 109 |
| 6.2. | Presentación y análisis de los resultados de la aplicación de la secuencia didáctica: Una cuestión Sociocientífica Fluorosis dental | 120 |
| 6.2.1. | <i>Primera sesión: Tras las huellas del Flúor</i> | 120 |
| 6.2.2. | <i>Segunda sesión: El omnívoro de la tabla periódica</i> | 129 |
| 6.2.3. | <i>Tercera sesión: El laberinto del Flúor</i> | 139 |
| 6.2.4. | <i>Cuarta Sesión: Bioquímica de la fluorosis dental</i> | 154 |
| 6.2.5. | <i>Quinta Sesión: Entre líneas y Entrelíneas</i> | 156 |
| 6.2.6. | <i>Sexta Sesión: Reflexionemos y Pensemos en nuestra comunidad</i> | 163 |
| 6.2.7. | <i>Séptima sesión: Foro “Fluorosis dental en el Huila”</i> | 166 |
| 6.3. | Análisis del pre al postest sobre la CNdC | 169 |
| 7. | Conclusiones y recomendaciones | 186 |
| 8. | Bibliografía | 193 |
| 9. | Anexos | 205 |

Resumen

El presente trabajo expone el análisis de una cuestión Sociocientífica como la Fluorosis dental para promover la comprensión de la Naturaleza de la Ciencia, con estudiantes de grado Décimo de la Institución Educativa Cascajal Timaná-Huila, implementada durante los meses de Julio a Noviembre del 2019.

Para desarrollar este objetivo de investigación se utilizó un enfoque cualitativo-descriptivo. Fue necesario identificar de manera inicial las concepciones que construyen los estudiantes acerca de la Comprensión de la Naturaleza de la Ciencia. Con esto y la contextualización de la población se continuó con el diseño, implementación y análisis de una secuencia didáctica basada en una Cuestión Sociocientífica como es la Fluorosis dental con los estudiantes de grado Décimo. Y Por último, se caracterizaron las concepciones al finalizar la intervención didáctica. Para el análisis de la información se utilizó el análisis de contenido y el software Atlas ti que permitió comparar y categorizar las concepciones de los estudiantes.

Las categorías de análisis que se utilizaron son: Imagen de Científico(a), construcción del conocimiento científico, naturaleza del conocimiento científico y relación CTSA. Es necesario mencionar que los análisis se hicieron teniendo en cuenta que la comprensión de la Naturaleza de la Ciencia se constituye según Torres y Solbes (2015) como una competencia de pensamiento crítico.

Al finalizar la intervención didáctica se pudo observar que los estudiantes conciben una imagen humanizada de la ciencia desde la provisionalidad, el dinamismo y la evolución del conocimiento científico. Con múltiples métodos y factores que se relacionan de diferentes maneras en la construcción de conocimiento

Palabras clave: Comprensión de la Naturaleza de la Ciencia, Cuestión Sociocientífica, Secuencia didáctica

Introducción

Este trabajo de investigación presenta el uso de una cuestión Sociocientífica sobre “Fluorosis dental” como mediación didáctica para comprender la Naturaleza de las Ciencias.

Dicha investigación se desarrolló al interior del grupo de investigación PACA, perteneciente a la Maestría en Educación área de profundización Docencia e Investigación universitaria de la Universidad Surcolombiana (Neiva-Huila). El grupo de investigación PACA, cuenta con cinco líneas de investigación: *Currículo y calidad de la educación, las TICs y el proceso de aprendizaje, Evaluación y gestión educativa, Educación y pedagógicas críticas y didácticas alternativas* y *Discurso pedagógico, créditos y flexibilidad curricular* (Grupo de Investigación PACA, 2013). La presente investigación se suscribe en la línea de investigación *Educación y pedagógicas críticas y didácticas alternativas*, por el hecho de reflexionar sobre nuevas alternativas didácticas para la enseñanza- aprendizaje de las Ciencias Naturales, en busca de darle sentido social y cultural al conocimiento científico, alejándose de los modelos tradicionales. En este escenario, las Cuestiones Sociocientíficas tienden a ser multidimensionales, por su naturaleza procuran situaciones contextuales de orden científico con impacto social, para el caso la Fluorosis Dental, se constituye en una Cuestión Sociocientífica.

La propuesta responde a la experiencia de práctica docente en diferentes municipios del Departamento del Huila, donde se pudo reconocer la necesidad de enseñar y aprender Ciencias Naturales desde el contexto, construyendo un puente entre el conocimiento científico y el conocimiento escolar, formando personas capaces de comprender el funcionamiento de las ciencias y de la comunidad científica para actuar de manera reflexiva, crítica y sensata.

Pese a lo anterior, es evidente la predominación del modelo instruccional en la enseñanza de las Ciencias Naturales; donde se presenta la ciencia en la escuela, *como una verdad sin fisuras*

se olvida que su origen está basado en la creación y no en lo incuestionable; se enfoca más en las teorías, ecuaciones, leyes o postulados y pasa al olvido el proceso, a las dificultades encontradas o a las implicaciones sociales; y se sobreestima el conocimiento que se *desnaturaliza* al tratarlo como si no fuera fruto de una actividad humana, con todas las características y limitaciones (Pro, 2012; Solbes, 2013)

En consecuencia la mayoría de las personas no están preparadas para cuestionar, corroborar, contrastar, tomar decisiones fundamentales acerca de las acciones de la Ciencia y la Tecnología en la Sociedad y tampoco participar en la resolución de conflictos del contexto. Es por esto que se propone un estudio acerca del uso de una Cuestión Sociocientífica como la fluorosis dental - enfermedad que aqueja a estas comunidades por el consumo excesivo y prolongado de Flúor que perturba su salud y autoestima- (Beltrán, et al., 2005)- para que los habitantes de los Municipios del Departamento del Huila comprendan las implicaciones y conozcan las afectaciones de la Fluorosis dental. Dado que, para el departamento del Huila y en Colombia presenta alta predominancia (IQEN, 2017).

De acuerdo a lo anterior se plantea que las Cuestiones Sociocientíficas podrían promover en estas comunidades el pensamiento crítico específicamente en la competencia crítica *comprensión de la Naturaleza de las Ciencias* (Torres y Solbes, 2015). Debido a que las Cuestiones Sociocientíficas (CSC) son motivadoras porque estimulan la curiosidad, le permiten a los estudiantes construir un conocimiento integral desde la actividad humana, asumir roles y posturas de pensamiento independiente, cuestionar información, buscar la verdad de las cosas, argumentar sus puntos de vista y considerar distintas dimensiones para emitir juicios sobre responsabilidad social (Reis y Galvão, 2004; Torres, 2014).

La *metodología* del presente trabajo de investigación se enmarcó en un enfoque

cuantitativo- descriptivo; cuyo fin fue analizar cómo una cuestión Sociocientífica como la Fluorosis dental promueve la comprensión de la naturaleza de la Ciencia con estudiantes de grado Décimo de la Institución Educativa Cascajal Timaná-Huila. Para ello se utilizó el diseño y aplicación de un cuestionario para la contextualización y un cuestionario pre-postest para conocer las progresiones de las concepciones iniciales y finales de los estudiantes. También se utilizó el diseño e implementación de una secuencia didáctica basada en una cuestión Sociocientífica: Fluorosis dental.

Como *conclusiones* se promovió la comprensión de la Naturaleza de la Ciencia desde el abordaje de una Cuestión Sociocientífica como es la Fluorosis dental en los estudiantes de grado décimo de la IE Cascajal y de esta manera se contribuyó a una de las competencias pensamiento crítico propuestas por Solbes y Torres (2015).

1. Planteamiento del problema y Justificación

A continuación se presentan aspectos que sustentan esta investigación. En primer lugar se hace referencia a la necesidad de abordar aspectos relacionados con la naturaleza de la Ciencia, en segundo lugar a las características de las Ciencia que deberían abordarse en contextos escolares articuladas con aspectos críticos de la misma y en tercer lugar a la necesidad de abordar Cuestiones Sociocientíficas como la Fluorosis dental para mejorar la comprensión de la Naturaleza de la ciencia.

1.1.Necesidad de abordar aspectos relacionados con la Naturaleza de la Ciencia

La tecnología que hoy facilita el acceso a cualquier tipo de información, permite que se divulguen en fuentes informales cualquier noticia, informe, nota, afirmación; y los ciudadanos los aceptan en su mayoría con un alto grado de credibilidad, pues no se cuestionan y los aprueban fácilmente. Como por ejemplo *el efecto “milagroso” de los productos cosméticos o adelgazantes y los artefactos tecnológicos* (Torres, 2014). Dejando de lado preguntas importantes: el cómo y el porqué de las cosas, cuestiones que los conducirían a comparar y valorar la credibilidad de algunos, ya que no se evidencian análisis basados en estudios científicos, aspecto que puede ser superado con la comprensión de la Naturaleza de la Ciencia.

Como lo afirma Quintanilla (2006) sin la habilidad de pensar crítica e independientemente, los ciudadanos son atacados y manipulados por cualquier divulgación, esto hace que den soluciones simples a problemas complejos, que no estén preparados para cuestionarse, valorar argumentos, solucionar diversos problemas de la vida cotidiana y tampoco tomar decisiones, por ende dichos aspectos deberían ocupar un lugar en la enseñanza de las ciencias como lo afirma Torres (2014).

Solbes (2013) afirma que el *pensador crítico* no debe limitarse a los discursos dominantes, más bien requiere conocer posturas alternativas bien argumentadas y para ello ser capaz de analizar las pruebas que sustentan las diferentes posturas. Además propone que se debe analizar no solo desde lo científico sino también desde lo social, económico, ambiental, político, cultural y ético.

En el contexto colombiano la situación no parece diferente, a manera de ejemplo el observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología en el 2014 consultó a 6.113 personas en 11 ciudades del país acerca de la percepción de Ciencia. En la encuesta realizada, el al argumentar por qué valorar la ciencia, mayoritariamente dijeron: “*Colombia sería más desarrollada*” y “*Colombia dependería menos de otros países*”; y aún más preocupante, que no logren definir la ciencia, pues al indagar acerca del concepto, el 18% no respondió ni una palabra y el 82% restante utilizó desviaciones del concepto por falta de conocimiento. Al parecer en la cultura colombiana se reconoce que la ciencia es importante, pero no se tiene claro para qué.

En los medios masivos de comunicación

Sumado a lo anterior, en los medios de comunicación hay escasa presencia de la ciencia- en especial la televisión- y se proyecta una visión deformada de ciencia, que no contribuye a mostrar por ejemplo el trabajo colectivo de científicos (semilleros de investigación, comunidades científicas), por el contrario, la individualiza y la jerarquiza (Solbes, 2011).

Además algunos noticieros y programas de televisión muestran ideas sin justificación científica y en otros casos personas que hablan en términos imposibles de entender, incluso muestran personajes estereotipados; esto desmotiva a las personas y hace que los estudiantes no les interese saber sobre las ciencias (Torrente y Guevara, 2014). En este sentido dichos aspectos favorecen una ciencia abstracta que ha creado representaciones lineales en los estudiantes y que

les impide ver la ciencia como una construcción social. (Torres & Cristancho, 2018).

En la escuela

En cuanto a la enseñanza de las Ciencias se puede afirmar que predomina lo que ha sido llamado *retórica de las conclusiones* o *ciencia definitiva* (Malagón, Sandoval y Ayala, 2013) perspectiva desde la cual se enseñan los productos del conocimiento ya mencionados, sin profundizar en la génesis del cual se ha formado este conocimiento.

Es decir que desde la escuela se presenta la ciencia como lo afirma Pro (2012) una verdad sin fisuras, se olvida que su origen está basado en la creación y no en lo incuestionable. Se enfoca más en los contenidos conceptuales: las teorías, ecuaciones, leyes o postulados y pasa al olvido la formación sobre la ciencia misma, su funcionamiento interno y externo, cómo se construye, cómo desarrolla el conocimiento que produce, los métodos que usa para validar este conocimiento, las dificultades encontradas y las implicaciones sociales, culturales y políticas (Daza, Arrieta y Muñoz, 2014). Se sobreestima el conocimiento que se desnaturaliza al tratarlo como si no fuera fruto de una actividad humana, con todas las características y limitaciones. Se ha formado una visión global, distorsionada, reducida de la ciencia y de los conocimientos científicos.

En la formación docente

De acuerdo a Fernández, Gil, Carrascosa, Cachapuz y Praia (2002), la mayoría de los docentes en formación comparten elementos de una concepción de ciencia rígida en la cual la única forma de producción de conocimiento científico es la experimentación, con tintes elitistas, en la cual el estudio de los fenómenos naturales es exclusividad de los científicos sin tener ninguna relación con el ciudadano del común y como consecuencia podrían transferir a sus estudiantes estas visiones lejanas de la ciencia, descontextualizada, caracterizada por la

discriminación social y por supuesto de género, además de una percepción de formación como científico imposible para la mayoría.

En las pruebas saber 11

Si se hace un análisis de la evaluación estandarizada en Colombia prueba Saber 11. Se puede decir que esta evalúa el Componente CTS en un (10%) que implica las siguientes temáticas:

Las temáticas interdisciplinarias relacionadas con las Ciencias naturales. Algunas son globales, como la deforestación, el efecto de invernadero y la producción de transgénicos, y otras son locales, como la explotación de recursos y el tratamiento de basuras. No se exige un conocimiento previo de las temáticas. El objetivo —en consonancia con los Estándares— es estimular en los jóvenes el desarrollo de un pensamiento crítico y de un sentido de responsabilidad cívica frente a la ciencia y la tecnología, en la medida en que estas tienen efecto sobre sus vidas, la de su comunidad y la de la humanidad en general.

(p.89)

Las Instituciones Educativas no presentan un área o asignatura llamada CTS, porque para el MEN Ministerio de Educación Nacional este componente debe ser enseñado de manera transdisciplinar. Pero lo que se evidencia es una desarticulación y en muchos casos se releva la enseñanza del componente a la asignatura únicamente de Biología (deforestación, alimentos transgénicos, efecto invernadero, entre otros). Esta situación podría ser una razón por la cual estos contenidos no son tratados en la mayoría de los colegios.

En el currículo

Algunos currículos escolares han incluido aspectos relacionados con la comprensión de la Naturaleza de la Ciencia, pero se reducen exclusivamente a la indagación; es decir, a la

enseñanza de los procesos científicos y las destrezas relacionadas con la aplicación de la metodología científica (saber hacer). García, Vásquez y Manassero (2012) consideran que es importante el aspecto de la indagación pero que es insuficiente cuando no se incluyen otros aspectos como la comprensión del funcionamiento interno y externo de la ciencia, su construcción, interacción y valores implicados.

Las editoriales de mayor circulación en Colombia organizan los contenidos según los *Estándares básicos de competencias en Ciencias Naturales (2006)* pero la generalidad de estos textos descontextualiza las problemáticas puntuales de cada región o municipio del territorio Colombiano, presentan pocas metodologías innovadoras y particularmente dejan de lado las relaciones ciencia-tecnología y sociedad CTS.

Esto implica que en la escuela y en los libros de texto se tiende a presentar la ciencia como un producto acabado y perfecto, y así mismo comunicarla utilizando un lenguaje abstracto, que además contiene mucha información (Pipitone, Sardá y Sanmartí, 2008).

Además, los libros escolares se convierten en los “intérpretes del currículo” (Solbes, 2011) pues la mayoría de los docentes lo toman como puntos de referencia para abordar sus clases, dejando en segundo plano el conocimiento profesional docente. Estos textos en muchos casos “facilitan” llevar a la escuela la información, pero debilitan la conexión entre el conocimiento científico y el proceso enseñanza-aprendizaje. Así en algunos casos el docente desatiende los problemas científicos del contexto escolar, puesto que éstos exigen una participación más activa del profesor en la elección del conocimiento a enseñar, en el diseño de las actividades de aprendizaje y requiere sin duda del trabajo en equipo de los docentes (Pro, 2012).

En resumen, unas de las dificultades de enseñanza de las Ciencias Naturales es la falta de

Comprensión de la Naturaleza de la Ciencia (Solbes, 2011). La mayoría de las clases de Ciencias Naturales se realizan de forma magistral donde predomina el tradicionalismo y los libros escolares. Donde se presenta una Ciencia acabada, objetiva, exclusivamente experimental, dogmática, radical y ajena a los contextos sociales, políticos, económicos y culturales. La construcción y validación del conocimiento se considera elitista, individualista, machista, instrumentalista, cuya finalidad es descubrir verdades inmutables e incuestionables. El aprendizaje solo se centra en los conceptos.

Por consiguiente, se reduce las Ciencias a enseñar lo teórico y luego aplicar unos ejercicios disfrazados como problemas; por esta razón las Ciencias Naturales como asignatura dejan de ser importantes para la vida de los estudiantes como futuros ciudadanos y profesionales en diversos campos (Torres, 2014). Estas dificultades dejan de lado las interacciones que caracterizan hoy los vínculos entre el contexto y el conocimiento científico, pues el contexto forma parte de dicho conocimiento porque le da sentido, utilidad, valor, transferibilidad y legitimidad (Pro, 2012).

1.2. Características de las ciencias que deberían abordarse en contextos escolares

La alfabetización científica implica enseñar desde la visión constructivista de la ciencia, como actividad humana y social, subjetiva, mutable, provisional y plural. Tiene una relación multidireccional entre la sociedad, la cultura, la política y la economía. En donde la construcción y validación del conocimiento se concibe en comunidades, se fundamenta en una variedad de métodos y experiencias producto de inferencias y del intelecto, pero también de la imaginación y la creatividad. No tiene exclusión de género y tiene en cuenta los valores propios de la ciencia y su interacción interna y externa (Pro, 2012).

Autores como Fernandes, Pires y Villamañán (2014) afirman que “la cultura científica es entendida esencialmente como el dominio del conocimiento científico y la capacidad del pensamiento crítico sobre una determinada situación; así como la capacidad de aplicar este conocimiento para resolver problemas” (p.29). Además sugieren que para promover una cultura científica se debe implementar el enfoque CTSA (Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente). Se puede decir que si se enseña a los estudiantes utilizando estrategias que integren el componente CTS como las Cuestiones Sociocientíficas se desarrollarán en ellos capacidades para cuestionar las ideas y las posturas dominantes.

1.3. Necesidad de abordar Cuestiones Sociocientíficas para mejorar la comprensión de la naturaleza de la Ciencia.

Lo presentado hasta aquí pone de manifiesto la necesidad de abordar mediaciones didácticas que por un lado aborden la contextualización y superen visiones desnaturalizadas de las ciencias y por otro que permitan formar puntos de vista críticos en los estudiantes. En este sentido una controversia que puede ejemplificar las situaciones Sociocientíficas anteriormente descritas es la Fluorosis dental, enfermedad que fue reconocida en Colombia por primera vez en el año 1998, en el Tercer Estudio Nacional de Salud Bucal (ENSAB III), el cual pone en manifiesto varios aspectos que inciden en el proceso de salud.

Para el año 2014 el Cuarto Estudio Nacional de Salud Bucal (ENSAB IV) dio a conocer el porcentaje de niños con Fluorosis dental en los diferentes departamentos de Colombia: el 8,43% menores de cinco años, el 62,15% menores de doce años y el 56,05% menores de 15 años. En el mismo estudio se considera la Fluorosis como un problema de salud pública ya que la mayor fuente de Flúor es el agua y sal, seguido de las cremas dentales y los enjuagues bucales.

Para el Huila, con el plan de vigilancia centinela incorporado al Sistema de Vigilancia en

Salud Pública SIGIVILA del país, se identificaron 13 municipios (Campoalegre, Rivera, Aipe, Algeciras, Neiva, Hobo, Pital, Gigante, Palermo, Garzón, Pitalito, San Agustín y la Plata) con contenidos de Flúor en las aguas de consumo (plantas de acueducto, quebradas, pozos y ríos) entre 0,5 ppm y 2,9 ppm (Niveles definidos por Dean). Hasta el año 2016, se reportaron para el Departamento del Huila 7.787 niños desde los 6 hasta los 18 años expuestos al Flúor, este resultado representa un riesgo leve y medio para la salud pública.

Esta situación presenta dificultades en los habitantes de estas regiones que padecen esta enfermedad debido a que afecta no sólo su salud, sino su aspecto físico y por lo tanto su autoestima. La mayoría de comunidades desconocen las causas y las consecuencias, esto hace que ellos no estén preparados para cuestionarse y tampoco tomar decisiones fundamentales acerca de las acciones de la Ciencia y la Tecnología en la Sociedad (Solbes y Torres, 2013).

Por esta razón se plantea la Fluorosis Dental como una Cuestión Sociocientífica ya que es una controversia Científica con implicaciones sociales que no tiene una única solución que genera discusión y a la vez motiva a los estudiantes por cuanto es una situación de su vida real.

Por consiguiente, se realiza una investigación que contribuya a la comprensión de la naturaleza de las Ciencias Naturales a partir de una secuencia didáctica basada en una Cuestión Sociocientífica (CSC) que permita debilitar la tensión y generar puentes entre el conocimiento científico y la escuela. Y se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿De qué manera una cuestión Sociocientífica promueve la comprensión de la naturaleza de las Ciencia con estudiantes de grado Décimo de la Institución Educativa Cascajal Timaná-Huila?

De esta pregunta se desglosan otras preguntas secundarias: ¿Cuáles son las concepciones que tienen los estudiantes acerca de la Naturaleza de la Ciencia? ¿Qué elementos del diseño didáctico deben considerarse en la comprensión de la Naturaleza de la Ciencia desde el uso de una cuestión Sociocientífica?

2. Objetivos de investigación

2.1.Objetivo general

- Analizar cómo una Cuestión Sociocientífica promueve la comprensión de la Naturaleza de la Ciencia con estudiantes de grado Décimo de la Institución Educativa Cascajal Timaná-Huila

2.2.Objetivos específicos

- Identificar las concepciones que tienen los estudiantes sobre la Naturaleza de la Ciencia
- Analizar las implicaciones del diseño didáctico que deben considerarse en la construcción de una secuencia didáctica desde el uso de una cuestión Sociocientífica que permita la comprensión de la Naturaleza de la Ciencia
- Caracterizar la incidencia de una cuestión Sociocientífica en la competencia de pensamiento crítico: comprensión de la Naturaleza de la Ciencia

3. Antecedentes

Se hizo revisión de artículos de investigación, libros, tesis y ponencias expuestas en bases de datos como Redalyc, Scielo, Roderic, Revista enseñanza de las ciencias, Educyt, entre otras, y la Biblioteca principal facultad de Educación Universidad Surcolombiana de los años 2004-2018. Los trabajos consultados, están relacionados con temáticas de enseñanza de CTS (Ciencia-Tecnología- Sociedad), CSC, Naturaleza de la Ciencia y pensamiento crítico en enseñanza de las Ciencias Naturales. A continuación se presenta el estado del arte a nivel internacional, nacional, departamental e institucional:

3.1. Internacionales

En la tabla 3.1 se muestra como a nivel internacional se han realizado investigaciones en torno al desarrollo de pensamiento crítico utilizando Cuestiones Sociocientíficas o problemas CTS (Ciencia- Tecnología y Sociedad), en estas investigaciones se evidencia un gran aporte por España y otros por Estados Unidos, a nivel latinoamericano Brasil, Chile y Argentina.

Estos trabajos muestran cómo la estrategia didáctica Cuestiones Sociocientíficas (CSC) puede fomentar en el estudiantado pensamiento crítico (PC).

Por ejemplo, los trabajos de Puig, Bravo y Jiménez (2012) y Rojas y Gutiérrez (2016) sugieren que para el desarrollo de cuestiones Sociocientíficas se pueden realizar unidades didácticas, pues de esta forma se garantiza la transposición didáctica, la cual permitiría abordar metodológicamente las CSC; además, sustenta que la habilidad de argumentar es primordial para la construcción de un pensamiento crítico.

En esta misma línea, la ponencia de Solbes y Torres (2013) presenta las concepciones que un grupo de docentes en formación y docentes de secundaria tienen sobre pensamiento crítico y cómo se implementa este en el aula específicamente en las clases de Ciencias Naturales. Este

estudio deleva que los docentes en formación y en ejercicio reconocen que las Cuestiones Sociocientíficas (CSC) pueden potenciar el desarrollo de pensamiento crítico (PC) y que este es importante cuando se habla de las finalidades de la enseñanza de las Ciencias, pero que en el aula de Ciencias Naturales estas Cuestiones Sociocientíficas no están siendo implementadas, pues la mayoría de las clases giran en torno a la transmisión de las teorías, leyes y postulados.

De igual modo, Solbes (2013) en algunos artículos expone desde el punto de vista epistemológico, la importancia del desarrollo del pensamiento crítico en las Ciencias Naturales para la construcción de ciudadanía y como las Cuestiones Sociocientíficas (CSC) podrían potencializarlas. Adicional a esto, ejemplifica con algunas Cuestiones Sociocientíficas.

También, en la ponencia de Ruiz, Solbes y Furió (2013), presentan los resultados de un trabajo realizado en Valencia- España con estudiantes de un colegio, determinando que las CSC pueden desarrollar el pensamiento crítico; a pesar de esto, fue difícil conseguir que todos los estudiantes utilizaran el conocimiento científico en general y los contenidos de Física y Química para justificar sus razonamientos en debates, pues pareciese ser que los estudiantes sostienen sus argumentos en las percepciones inmediatas de la realidad y en el sentido común.

Por último, los trabajos de Torres y Solbes (2014) muestran los resultados de una serie de reflexiones al interior de varias investigaciones en la formación docente, en estos trabajos se reconoce la viabilidad de abordar las clases de Ciencias Naturales a través de Cuestiones Sociocientíficas para desarrollar pensamiento crítico *-el cual permite poner en tela de juicio nuestras ideas, considerando que se realiza una inmersión de la cuestión para comprenderla en cada contexto-*.

Según lo anterior se muestra a continuación una tabla 3.1 con la búsqueda de los referentes a nivel internacional:

| | Autor | Año | Nombre del trabajo | Objetivo del estudio | Metodología | Conclusiones |
|---|------------------------|------|--|--|--|--|
| 1 | Reis y Galvão | 2004 | <i>El impacto de las controversias socio-científicas en las concepciones y prácticas de los profesores de ciencias naturales portuguesas</i> | Evaluar a un grupo de profesores de ciencias naturales de la escuela secundaria portuguesa con respecto a sus concepciones de la naturaleza, la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia | Estudio cualitativo basado en estudios de caso. El estudio se realizó con cinco profesores, con diferentes antecedentes y experiencia docente, ellos fueron observados durante las clases y entrevistados con el propósito de estudiar: (a) la relación entre sus concepciones y las prácticas en el aula; y (b) los factores que impiden o mejoran esta relación. Posteriormente, se analizaron sistemáticamente las notas de observación y las transcripciones de las entrevistas. | Las controversias socio-científicas discutidas recientemente en Portugal parecen haber tenido un impacto en las concepciones de los docentes (1) sobre la naturaleza, la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia; y (2) práctica en el aula. Sin embargo, no todos los maestros pudieron enseñar de acuerdo a sus concepciones. Los autores caracterizan las finalidades de enseñanza de las Ciencias Naturales usando Cuestiones Sociocientíficas. |
| 2 | Puig, Bravo, y Jiménez | 2012 | <i>Dos unidades de argumentación sobre cuestiones socio-científicas: el determinismo biológico y la gestión de recursos.</i> | Diseñar dos unidades didácticas sobre el determinismo biológico y la gestión de recursos en los ecosistemas. | Enfoque cualitativo. Las unidades están enmarcadas en la perspectiva de argumentación sobre estas cuestiones, que requiere además de aplicar el conocimiento científico, desarrollar una opinión independiente para evaluar de forma crítica enunciados científicos. | Se sugiere que utilizar la transposición es de gran utilidad por dos razones: 1) permite hacer explícitos los pasos y las decisiones tomadas en el diseño de las unidades. Por ejemplo, cómo los objetivos, principios de diseño o las limitaciones de tiempo influyen en el diseño de las actividades; 2) permite analizar el diseño de las unidades. |
| 3 | Solbes y Torres | 2013 | <i>¿Cuáles son las concepciones de los docentes de ciencias en formación y en ejercicio sobre el pensamiento crítico?</i> | Indagar las concepciones de un grupo de docentes en formación y docentes de secundaria acerca del pensamiento crítico y su implementación en la enseñanza de las ciencias. | Se realizó un análisis de tipo cualitativo con algunos elementos cuantitativos. La estructuración de este estudio consideró dos momentos; el primero, direccionado a conocer las concepciones de futuros profesores mediante un cuestionario de cinco preguntas y el segundo, mediante la aplicación de un cuestionario a docentes con ocho preguntas. | Los participantes coincidieron en que la utilización del abordaje de problemas ambientales y sociales abiertos como contaminación, conservación de especies y acciones del hombre, se constituyen en una oportunidad para desarrollar el pensamiento crítico, dado que permite promover conocimientos que motivan un cuestionamiento permanente. Estas situaciones permiten plantearse la necesidad de implicarse en discusiones públicas y ver el papel social de la ciencia. |

| | | | | | | |
|---|----------------------|------|--|---|---|--|
| 4 | Solbes | 2013 | <i>Contribución de las cuestiones Sociocientíficas al desarrollo de pensamiento crítico (I): Introducción.</i> | Justificar, basándose en la didáctica y en la historia de las ciencias, que las cuestiones Sociocientíficas pueden contribuir a desarrollar el pensamiento crítico de los estudiantes. | Utilizaron aportaciones de historia y sociología de las ciencias para mostrar que la ciencia es metodológicamente crítica, pero para que se pueda considerar socialmente como pensamiento crítico, tiene que abordar cuestiones con implicaciones sociales y/o cuestionar el discurso o intereses de las clases y poderes. | Estas consideraciones históricas se pueden traducir en cuestiones Sociocientíficas, que se pueden usar en las clases de ciencias. Se proyecta presentar una serie de cuestiones Sociocientíficas, mostrando las competencias críticas que se pueden desarrollar con ellas, cómo se desarrollarían en clase y en qué materias. |
| 5 | Solbes | 2013 | <i>Contribución de las cuestiones Sociocientíficas al desarrollo del pensamiento crítico (II): Ejemplos.</i> | Presentar ejemplos de cuestiones socio-científicas CSC en diferentes campos de la ciencia que pueden contribuir al desarrollo del pensamiento crítico en la educación científica, mostrando competencias críticas involucradas. | Ejemplificar las Cuestiones Sociocientíficas que pueden contribuir al desarrollo de pensamiento crítico. | En todos los niveles tuvieron buena acogida y han favorecido la argumentación, el debate y al desarrollo de competencias críticas de los y las estudiantes, entre las que se puede mencionar: 1. Comprender la ciencia como actividad humana y las múltiples relaciones CTSA. 2. Estar informado sobre el tema, sin limitarse al discurso dominante, cuestionando la validez de los argumentos, rechazando conclusiones no basadas en pruebas y evaluando la credibilidad de las fuentes teniendo en cuenta los intereses subyacentes. |
| 6 | Ruiz, Solbes y Furió | 2013 | <i>Los debates sociocientíficos: un recurso para potenciar la competencia argumentativa en las clases de Física y Química.</i> | Analizar la competencia argumentativa de los alumnos, tanto en el discurso oral como escrito, en las clases de Física y Química utilizando para ello debates sobre cuestiones Sociocientíficas (CSC). | La investigación se considera un análisis del discurso del aula, centrada en el proceso de aprendizaje, podría considerarse como un estudio de caso, realizado sobre pequeñas muestras, grupos de entre 15 y 30 alumnos donde los datos se toman de forma continuada a lo largo de una secuencia de instrucción completa. Por otra parte, el enfoque es investigación-acción donde el profesor analiza su propia práctica en el aula. | La realización de debates sobre CSC de una forma integrada con otras actividades se mostró como un recurso capaz de mejorar la calidad de las argumentaciones. |
| 7 | Torres y Solbes | 2014 | <i>Aspectos convergentes del pensamiento crítico y las</i> | Analizar la conceptualización del | El análisis presentado es producto del desarrollo y discusión de una | Este análisis reconoce que las CSC favorecen una mirada multidimensional que |

| | | | | | | |
|----|-----------------------------|------|--|--|---|--|
| | | | <i>cuestiones Sociocientíficas.</i> | pensamiento crítico, a partir de referentes de la filosofía y de la didáctica de las ciencias, en un grupo de estudiantes del ámbito universitario. | guía introductoria sobre pensamiento crítico y cuestiones socio-científicas. El desarrollo de la guía se realizó en el área de didáctica de las ciencias, en una universidad colombiana, con 56 estudiantes del programa de Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental (LCNEA) en grupos de trabajo de 3 y 4 estudiantes. | abarca aspectos de orden social, político, económico y científico; al igual que el pensamiento crítico, el cual permite poner en tela de juicio nuestras ideas, considerando que se realiza una inmersión de la cuestión para comprenderla en cada contexto. |
| 8 | Torres y Solbes | 2015 | <i>Competencias de pensamiento crítico mediante el uso de cuestiones socio-científicas.</i> | Proponer que el pensamiento crítico está formado por una serie de competencias que pueden desarrollarse mediante el uso de Cuestiones socio-científicas (CSC). | Capítulo de libro. | Desde las características de las CSC, consideran que estas proporcionan un contexto en el que se articula la ciencia con los problemas reales en un escenario didáctico. De esta forma, los estudiantes pueden aprender a tomar decisiones fundamentadas, estudiar los problemas socio-científicos desde su integralidad, realizar juicios éticos, emitir conclusiones, analizar la veracidad y falsedad de la información como condiciones necesarias en el desarrollo del pensamiento crítico. |
| 9 | Solbes y Torres | 2015 | <i>Alternativas para reflexionar aspectos críticos de la Ciencia en el Aula.</i> | Promover competencias de pensamiento crítico, en estudiantes del ámbito universitario. | Una primera parte, presenta las consideraciones que dan un grupo de estudiantes de formación docente acerca de la criticidad de la ciencia y lo que entienden por una ciencia crítica. También se presenta y discute algunos científicos perseguidos por sus contribuciones científicas con implicaciones sociales o cuestiones Sociocientíficas. | Las consideraciones emitidas por los estudiantes permiten reflexionar en el aula, como en ocasiones la ciencia sigue planteamientos críticos a nivel metodológico, pero sin tener en cuenta cuestiones científicas con impacto social o CSC, y cuando algunos científicos las abordan y efectúan crítica a instituciones, estos sufren actualmente consecuencias de desprestigio y descalificación en su profesión. |
| 10 | Córdova, Velásquez y Arenas | 2016 | <i>El rol de la argumentación en el pensamiento crítico y en la escritura epistémica en biología e historia: aproximación a partir de las representaciones</i> | Relevar a partir del discurso de los docentes de un programa de Biología e Historia, las representaciones | El tipo de investigación fue cualitativa. Se realizaron seis entrevistas en profundidad de tipo semiestructuradas a docentes de un programa de Licenciatura en Biología y seis entrevistas a | En Historia, la argumentación se concibió como una actividad permanente, que permea todas las actividades. En cambio, en Biología la argumentación se concentra en la sección de discusión de los datos en los trabajos de investigación, en los informes de |

| | | | | | | |
|----|-------------------|------|--|--|--|---|
| | | | <i>sociales de los docente</i> | sociales (RS) acerca de la argumentación, generando un modelo explicativo en cada una de las disciplinas | docentes de un programa de Licenciatura en Historia, ambos pertenecen a una Universidad del H. Consejo de Rectores de Chile. | salida a terreno o en los de laboratorio. |
| 11 | Rojas y Gutiérrez | 2016 | <i>Propuesta didáctica con uso de Cuestiones Sociocientíficas para la enseñanza y aprendizaje de Biomoléculas, que promueva el desarrollo de la Alfabetización Científica.</i> | Diseñar una secuencia didáctica con uso de Cuestiones Sociocientíficas para la enseñanza y aprendizaje de Biomoléculas, que promuevan el desarrollo de la Alfabetización Científica. | Esta propuesta didáctica fue creada como parte del trabajo reflexivo realizado en el Magister de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Universidad Católica de Valparaíso y sigue las líneas teóricas del proyecto FONDECYT 11150873. | Se vinculó la enseñanza y el aprendizaje de biomoléculas a una problemática médica y social que afecta gravemente a adultos, jóvenes y niños/as de Chile y Latinoamérica, el sobrepeso y la obesidad. |

Tabla 3.1: Antecedentes internacionales

3.2.Nacionales

En la tabla 3.2 se presentan los antecedentes nacionales encontrados en Colombia. Se encontraron: tesis de doctorado, maestría y pregrado, artículos científicos, ponencias y libros, principalmente en la Ciudad de Bogotá, en la Ciudad de Tunja y otras en ciudades como Putumayo, Manizales y Medellín.

Algunos de estos trabajos son:

Beltrán (2010) y Torres y Martínez (2011), realizaron investigaciones de tipo cualitativo, con algunas herramientas como cuestionarios, debates, foros, estudios de caso, entre otros, para abordar Cuestiones Sociocientíficas en la enseñanza de las Ciencias Naturales (experimentación con animales no humanos y xenobióticos). El trabajo de Beltrán (2010) sugiere implementar en el currículo una cátedra de CSC.

En la misma línea, la investigación de Torres (2014), desde el contexto colombiano, particularmente en la formación docente, de un grupo de estudiantes de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC), utilizando una metodología cualitativa, con técnicas cuantitativas en el pre y postest; devela que las Cuestiones Sociocientíficas tienen gran impacto al relacionar conocimientos científicos y la actividad científica con implicaciones sociales promoviendo puntos de vista y argumentos en los estudiantes. Sin embargo, no son la única estrategia didáctica para promover el pensamiento crítico. También a manera de sugerencia para otras investigaciones se recomienda implementar en otras áreas Química, Física, entre otras.

Adicional a esto, la compilación de Martínez y Villamizar (2014) expone el diseño de cuatro Unidades Didácticas diseñadas por varios maestros y devela algunos resultados satisfactorios relacionados con las habilidades de pensamiento científico (argumentación y la toma de decisiones).

Por último, Achury y Álvarez (2015) y Anganoy, Pantoja, Jurado, Vallejo y Botina (2017), develan algunas de las habilidades del pensamiento crítico que se pueden desarrollar a partir del estudio de Cuestiones Sociocientíficas en diferentes poblaciones, la metodología para ambos trabajos es cualitativa con algunas técnicas cuantitativas (pre-postest), además la investigación de Anganoy, Pantoja, Jurado, Vallejo y Botina (2017) empleó dos instrumentos de recolección de información como son: Test HAPE-ITH y ENCRISAL, que son cuestionarios validados, que permiten conocer algunas habilidades de pensamiento crítico.

A continuación se muestran en la tabla 3.2 estos y otros referentes a nivel nacional:

| | Autor | Año | Nombre del trabajo | Objetivo del estudio | Metodología | Conclusiones |
|---|-------------------|------|--|--|---|--|
| 1 | Beltrán y Torres | 2009 | <i>Caracterización de habilidades de pensamiento crítico en estudiantes de educación media a través del test HCTAES</i> | Caracterizar las habilidades de pensamiento crítico que poseen los estudiantes de grado undécimo de una institución educativa de Bogotá. | El estudio es de tipo de cuantitativa; con algunos métodos cualitativos. La población está conformada por todos los estudiantes de grado undécimo del IED Garcés Navas de la ciudad de Bogotá y la muestra la conformaron 60 estudiantes de este mismo grado, a quienes se les realizó el diagnóstico inicial de habilidades de pensamiento crítico, por medio de la aplicación del test HCTAES de Halpern. | Los estudiantes presentaron habilidades de pensamiento crítico en un nivel bajo; es decir no están potenciadas totalmente, lo que hace viable que mediante la aplicación de un programa de intervención cognitiva a través de la enseñanza de la química se puedan potenciar o desarrollar habilidades como: probabilidad e incertidumbre, análisis de argumento, comprobación de hipótesis, razonamiento verbal, toma de decisiones y solución de problemas. |
| 2 | Beltrán | 2010 | <i>Una cuestión Sociocientífica motivante para trabajar pensamiento crítico</i> | Desarrollar pensamiento crítico a través de la enseñanza de las ciencias bajo un modelo de cuestión socio-científica como lo es: la experimentación con animales no humanos. | La Investigación fue de tipo cualitativo y se implementó durante un bimestre académico. La población de estudio estuvo conformada por estudiantes de grado noveno de la institución Educativa Distrital Garcés Navas (164 estudiantes) y los participantes de la investigación correspondió a 46 niños de grado noveno. | Es posible contribuir al desarrollo de habilidades de pensamiento crítico y razonamientos éticos a partir del análisis de una cuestión socio-científica. Sin embargo, para obtener mejores resultados y lograr un proceso didáctico más enriquecedor se debe implementar y diseñar un micro currículo para todo el año escolar en donde se analicen diferentes cuestiones socio-científicas y de este modo se alcancen no sólo los objetivos conceptuales sino también se forme en pensamiento crítico de una forma más transversal e integradora. |
| 3 | Torres y Martínez | 2010 | <i>Desarrollo del pensamiento crítico en estudiantes de Fisioterapia, a partir del estudio de las implicaciones Sociocientíficas de los xenobioticos</i> | Desarrollar el pensamiento crítico en estudiantes de Fisioterapia, a partir del estudio de las implicaciones Sociocientíficas de los xenobioticos | La metodología de la investigación fue cualitativa estructurada en tres momentos: 1) caracterización de algunas habilidades de pensamiento crítico en los estudiantes 2) estudio de aspectos sociales, ambientales, tecnológicos y bioquímicos involucrados en la cuestión Sociocientífica y 3) estructuración con los estudiantes de estudio de casos clínicos | A partir la cuestión Sociocientífica de los xenobioticos, permitió articular aspectos conceptuales de la bioquímica con sus implicaciones socioambientales, favoreciendo el desarrollo de la habilidad de pensamiento crítico de solucionar problemas y análisis de argumentos. |
| 4 | Torres | 2013 | <i>El uso del glifosato una cuestión Sociocientífica como contribución al cuestionamiento de</i> | Analizar la manera que los estudiantes cuestionan la información abordando una CSC relacionada | La Investigación fue de tipo cualitativo. Participaron 16 grupos de 3 estudiantes y 2 grupos de 4 estudiantes, es decir que la información en las distintas categorías es producto del análisis de 18 trabajos | El uso del glifosato se constituye en una CSC que permite espacios de discusión y cuestionamiento de declaraciones por distintos actores sociales. Se reconoce el uso del glifosato como una |

| | | | | | | |
|---|-----------------------|------|--|---|---|---|
| | | | <i>la información</i> | con el uso del glifosato en la erradicación de cultivos ilícitos en Colombia. | elaborados por los grupos mencionados. | situación controversial; es decir, una situación que pone en discusión, las políticas del gobierno frente a la erradicación de cultivos ilícitos y sus implicaciones en los habitantes y los ecosistema de las zonas . |
| 5 | Torres | 2014 | <i>Pensamiento crítico y cuestiones socio-científicas. Un estudio en escenarios de formación docente</i> | Analizar las implicaciones de las CSC al desarrollo de competencias de pensamiento crítico en un grupo de estudiantes en formación del programa de Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de una universidad colombiana | Este estudio utilizó una metodología cualitativa con elementos cuantitativos. Las técnicas cuantitativas se utilizaron para documentar los cambios que se presentan del pre al postest. La investigación se enmarca dentro del discurso de aula, desde una perspectiva cualitativa con enfoque interpretativo. | Para el desarrollo de pensamiento crítico a partir de CSC, se hace necesario utilizar temas relevantes en el contexto donde se efectúe el estudio. El pensamiento crítico y las CSC permiten apreciar la veracidad o falsedad de la información y dar una mirada integral que facilita comprender una situación desde diversas dimensiones, los estudiantes dan un alto grado de credibilidad a fuentes informales de internet y dejan de lado análisis basados en estudios científicos que les conducirían a comparar y valorar la falsedad o veracidad de la información. |
| 6 | Martínez y Villamizar | 2014 | <i>Unidades didácticas sobre cuestiones Sociocientíficas: construcciones entre la escuela y la universidad</i> | Mostrar el diseño de las Unidades Didácticas sobre cuestiones Sociocientíficas en el marco del Programa Colombo-Brasileño de Formación de Profesores en la Interfaz-Universidad Escuela COL-UPN-531-12 | La primera UD sobre una CSC local se denominó: “El uso del agua de los vallados para riego de hortalizas en el municipio de Cajicá” La segunda UD parte de la CSC sobre “La producción y el manejo de carnes para el consumo en hamburguesas” La tercera UD se refiere a “Alimentos transgénicos como tema controversial” y la cuarta UD “La experimentación con animales y su validez en relación con el avance de la ciencia” | La enseñanza de las ciencias guiada por las controversias suscitadas por las CSC constituye un potencial considerable para la innovación educativa que exige además de una adecuada planeación de la enseñanza, actividades bien sustentadas dentro de los objetivos de cada diseño y una participación activa de un colectivo docente. |
| 7 | Tamayo | 2014 | <i>Pensamiento crítico dominio-específico en la didáctica de las ciencias</i> | Establecer límites y tensiones entre la formación y el pensamiento crítico en dominios específicos del conocimiento, como eje central de la didáctica de las | La investigación siguió un enfoque mixto en el que se estudió el problema del pensamiento crítico en procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales en aulas de educación básica primaria. Se exploraron las categorías argumentación, solución de problemas y metacognición en los estudiantes, con el | Con las intervenciones en el aula de ciencias se desarrollan diferentes facultades en los estudiantes, entre ellas: en primer lugar, la independencia cognoscitiva y en segundo lugar el desarrollo de actitudes que es uno de los componentes en la enseñanza por resolución de situaciones problemáticas. Los maestros de básica primaria no conocen |

| | | | | | | |
|---|------------------|------|---|--|---|---|
| | | | | ciencias, el cual desborda los convencionales propósitos centrados en la enseñanza y en el aprendizaje de las ciencias. | propósito de comprender relaciones entre estas categorías como constituyentes del pensamiento crítico en ellos. Asimismo, se describieron las concepciones de maestros acerca del pensamiento crítico. La población de niños y niñas participantes en esta investigación fue de 2240 de 56 instituciones educativas (públicas) de la ciudad de Manizales, y cursaban los grados cuarto y quinto de primaria. La muestra analizada corresponde a 224 estudiantes y 5 maestros. | en profundidad qué es el pensamiento crítico, las estrategias que plantean son pocas y no están soportadas teóricamente. Su acercamiento al concepto, tanto teórico como metodológico, proviene de reflexiones ubicadas en el ámbito del sentido común, con el consecuente desconocimiento casi total de las diferentes perspectivas teóricas que históricamente se han construido acerca de este concepto. El autor propone niveles para el análisis de la categoría argumentación, solución de problemas y metacognición |
| 8 | Becerra y Torres | 2014 | <i>El diseño de material didáctico como aporte al abordaje de los problemas ambientales en entornos educativos y comunitarios</i> | Diseñar un módulo didáctico denominado: "Reflexionemos sobre los Problemas Ambientales del Municipio de Tunja", para el reconocimiento de los problemas ambientales más relevantes que afectan a esta ciudad | El enfoque que empleó fue cualitativo. En primer lugar, se realizó una exploración de contexto y documentación. Se seleccionó un grupo de 20 personas de la comunidad tunjana. En la segunda etapa se realizó la selección del modelo didáctico Educación para la sostenibilidad, como enfoque de enseñanza-aprendizaje. En la tercera etapa se estructuró los contenidos del módulo y se presenta información referente a cada uno de los principales problemas ambientales. | Se mostró el papel de docente como diseñador y productor de material educativo, punto de partida para el conocimiento de los problemas ambientales. Sin embargo, se sugiere que esta función no se reduzca a aspectos conceptuales, sino también dar lugar a espacios procedimentales y actitudinales en las instituciones educativas. Se sugiere utilizar el enfoque de las CSC como herramienta que facilite conocer y abordar los problemas ambientales de un modo más amplio. |
| 9 | Achury y Álvarez | 2015 | <i>Desarrollo de la competencia argumentativa a través de la toma de decisiones en el abordaje de la cuestión Sociocientífica: "uso y comercialización del pvc"</i> | Desarrollar la competencia argumentativa a través de la toma de decisiones en el abordaje de la cuestión Sociocientífica: "uso y comercialización del pvc" | Investigación cualitativa, la muestra poblacional estaba conformada por estudiantes de educación media de grado undécimo de una institución pública. La estrategia se llevó a cabo en tres fases. En la fase inicial se realizó una caracterización de los estudiantes de grado undécimo. En la segunda fase se aplicaron instrumentos de evaluación diagnóstica, se implementó la secuencia didáctica y se usaron diferentes instrumentos de evaluación para recopilar información. En la fase final se sistematizó y analizó la información obtenida. | El abordaje de CSC en la enseñanza de la química fortaleció la argumentación en la toma de decisiones en los estudiantes, ya que a partir de estas se generan situaciones controvertidas, las cuales despiertan interés en los estudiantes, por medio de las implicaciones sociales, ambientales, económicas, políticas, que se dan alrededor de esta, de manera que se vinculan de manera llamativa diversos temas disciplinares. |

| | | | | | | |
|----|----------------------------|------|---|---|---|--|
| 10 | Causado, Santos y Calderón | 2015 | <i>Desarrollo del pensamiento crítico en el área de ciencias naturales en una escuela de secundaria</i> | Describir cómo se desarrolla el pensamiento crítico en el área de ciencias naturales en una secundaria pública colombiana | Esta investigación empleó el enfoque cualitativo a través de la aplicación de una entrevista semiestructurada y la observación como técnicas de recolección de datos; y guías de observación y matrices de análisis como instrumentos. La muestra estuvo formada por 12 estudiantes de grado noveno a undécimo y 2 docentes de ciencias naturales, todos de una institución educativa oficial. Utilizaron las habilidades y disposiciones de pensamiento crítico postuladas por Paul y Elder (2003) | Los resultados colocan tanto a docentes como a estudiantes entre los niveles retado (se enfrentan con problemas en su pensamiento, siendo muchas veces incapaces de expresarlos al exterior) y principiante (tratan de mejorar pero sin practica regular). Los datos revelaron la importancia de que los docentes tengan conocimiento y dominio de ciertos modelos pedagógicos y didácticos que promuevan la lectura, la escritura, la oralidad, la discusión y el debate en los estudiantes |
| 11 | Carmona, Muñoz y Osorio | 2016 | <i>Desarrollo de pensamiento crítico en ciencias naturales a través de un semillero de investigación.</i> | Identificar las habilidades del pensamiento crítico que se potencian a través del semillero de investigación | Esta investigación empleó un enfoque cuantitativo de tipo descriptivo, por medio de un método cuasi experimental. En el desarrollo de esta investigación se contemplaron 4 fases: conformación semillero de investigación, adaptación y aplicación del pretest, desarrollo de actividades en el semillero de investigación y adaptación y aplicación del postest y análisis de la información. | Es posible formar habilidades de pensamiento crítico en adolescentes. Esta premisa se evidencia mediante los resultados obtenidos en el grupo de adolescentes que participó en la investigación ya que permitió determinar que a través de un acompañamiento continuo y la ejecución de actividades intencionadas; los estudiantes mejoraron gradualmente su forma de procesar, inferir, analizar, proponer y argumentar respecto a la información. |
| 12 | Pelayo y Martínez | 2016 | <i>Argumentación en estudiantes de educación media a partir del abordaje Sociocientífico de la automedicación</i> | Analizar los procesos de argumentación en estudiantes de educación media, a partir del abordaje de la cuestión Sociocientífica (CSC) de la automedicación | La metodología empleada en esta investigación fue cualitativa. Con respecto a los participantes de esta investigación, fueron 31 estudiantes en edades comprendidas entre los 15 y 16 años que cursaban el grado décimo en el Énfasis de Biotecnología I en la institución de carácter privado Colegio Santa Luisa de Bogotá. | En la etapa de diagnóstico general, los estudiantes presentan un nivel de argumentación en el que desarrollan afirmaciones aisladas con justificación, es decir, proposiciones en las cuales no hay una relación directa con una garantía. De esta manera, los resultados arrojados en la investigación mostraron un progreso en los niveles de argumentación, exhibiéndose una toma de decisiones a partir de la CSC planteada. En consecuencia, la CSC de la automedicación favoreció la argumentación, en la cual los estudiantes hicieron sugerencias en las que debía existir una regulación más drástica al ser un problema de salud pública |
| 13 | Anganoy, | 2017 | <i>Caracterización de</i> | Describir las | La investigación estuvo enmarcada en un | Este estudio permitió a través de sus |

| | | | | | | |
|----|-----------------------------------|------|--|---|---|--|
| | Pantoja, Jurado, Vallejo y Botina | | <i>las habilidades del pensamiento crítico y su relación con el desempeño académico</i> | habilidades del pensamiento crítico y su influencia en el desempeño académico de estudiantes de grado décimo, en las áreas de Ciencias Naturales y Matemáticas de las Instituciones Educativas Guillermo Valencia y José Antonio Galán. | modelo de investigación mixta. Este estudio es de dos instituciones educativas del departamento de Putumayo, contrastando técnicas de recogida de información y planteamientos metodológicos cualitativos y cuantitativos, permitiendo mayor riqueza en el análisis de los datos y ofreciendo una visión más amplia de la realidad a investigar. Se utilizó el estudio de caso. Se empleó dos instrumentos de recolección de información como son: Test HAPE-ITH y PENCRISAL. | instrumentos, identificar y analizar detalladamente el nivel de desempeño académico que presentaron los estudiantes durante los años 2014, 2015 y 2016, en sus procesos de formación. De aquí surge la importancia que tiene la propuesta de intervención pedagógica como mecanismo para fortalecer las competencias y habilidades que debe desarrollar un pensador crítico y que contribuya en el mejoramiento del desempeño académico de los educandos. |
| 14 | Zona y Giraldo | 2017 | <i>Resolución de problemas: escenario del pensamiento crítico en la didáctica de las ciencias</i> | Caracterización de la resolución de problemas en el ámbito de las ciencias naturales en niños y niñas de los grados 4° y 5° de básica primaria de la ciudad de Manizales | La investigación posee un enfoque mixto. La población constaba de 900 niños y niñas de los grados 4° y 5° de primaria pertenecientes a 5 instituciones educativas de la ciudad de Manizales. Se realizó un muestreo aleatorio con un total de 163 niños y niñas (18,1% de la población). | El análisis de las frecuencias en las respuestas de los estudiantes, según los diferentes niveles de resolución de problemas, muestra cierta tendencia al empleo de niveles más exigentes a medida que la intervención de aula avanza. Se sugiere, a nivel educativo, brindar a los profesores estrategias que faciliten el desarrollo de habilidades cognitivas, cognoscitivas y metacognitivas que potencian la resolución de problemas, siendo constituyentes en la resolución asertiva de problemas. |
| 15 | Albertos y De la Herrán | 2018 | <i>Desarrollo del pensamiento crítico en estudiantes de educación secundaria: diseño, aplicación y evaluación de un programa educativo</i> | Diseñar, aplicar y evaluar un programa educativo específico, denominado Critical Scientific Investigation (CSI) | El diseño fue cuasi-experimental Se planteó, mediante esta opción metodológica, tomar medidas de cada participante, antes y después de la aplicación del tratamiento, en este caso el programa CSI, tanto en el grupo experimental como en el grupo control. Ambos grupos no se formaron al azar, eran naturales y no equivalentes. La técnica utilizada fue el análisis de varianza y el instrumento fue el test de Halpern para la evaluación del pensamiento crítico en situaciones cotidianas (HCTAES). | El programa CSI ha mostrado buenos resultados, desde un punto de vista cuantitativo, se ha constatado que es un programa eficaz. Se puede conseguir acceder a determinadas habilidades de pensamiento crítico a través de la adquisición de una base metodológica de carácter científico. El desarrollo de la competencia científica es la vía de acceso hacia el pensamiento crítico, dentro de un contexto apropiado, como el constituido por una materia académica del área de ciencias. |
| 16 | Loaiza y Osorio | 2018 | <i>El desarrollo de pensamiento crítico en ciencias</i> | Desarrollar pensamiento crítico en Ciencias Naturales con | Se empleó un enfoque cuantitativo de tipo descriptivo, por medio de un método cuasi experimental denominado Diseño pre-post | De este modo puede apreciarse, tras los resultados del pos-test, que se ubican en un promedio ascendente, que si bien las |

| | | | | | | |
|--|--|--|---|--|--|--|
| | | | <p><i>naturales con estudiantes de básica secundaria en la Institución Educativa Boyacá</i></p> | <p>estudiantes de básica secundaria en la Institución Educativa Boyacá</p> | <p>con un solo grupo en cuatro fases. En la investigación se trabajó con 25 estudiantes de básica secundaria, de sexo femenino, quienes conformaron el semillero de investigación; sus edades están comprendidas entre los 12 y 14 años.</p> | <p>estudiantes al inicio de la conformación del semillero de investigación se ubicaron en un promedio estándar, fueron fortaleciendo su proceso formativo en el aprendizaje de la ciencia y el interés por el espíritu investigativo, a través del trabajo con las actividades desarrolladas en el mismo y orientadas por el método científico.</p> <p>La formación del pensamiento crítico está mediada por múltiples factores de orden cultural, familiar y social, así como por una fuerte influencia del proceso de desarrollo cognitivo del sujeto.</p> |
|--|--|--|---|--|--|--|

Tabla 3.2: Antecedentes nacionales

3.3.Regionales

Para el departamento del Huila no se encuentran hallazgos de algún trabajo que relacione puntualmente las cuestiones Sociocientíficas para fomentar la Comprensión de la Naturaleza de la Ciencia, pero sí algunos trabajos en torno a la Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias Naturales. Estas investigaciones han sido desarrolladas al interior de la Universidad Surcolombiana en el programa de Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental. Se tomaron algunos de los trabajos que relacionan los componentes de CTSA y la comprensión de la Naturaleza de la Ciencia.

Aproximación a las concepciones del alumnado de secundaria de Neiva (Colombia) sobre el origen de la energía eléctrica de uso doméstico (2017), es uno de los trabajos donde relacionan contenidos científicos sobre la energía para que los estudiantes desarrollen competencias para la toma de decisiones acerca de la prevención, precaución, producción y uso de los recursos energéticos.

Otro trabajo de investigación está relacionado con *el diseño, sistematización y evaluación de situaciones problematizadoras para el desarrollo de habilidades de pensamiento científico, elaboradas por docentes en formación de un curso de didáctica de la Universidad Surcolombiana (2014)*, este trabajo menciona algunos aspectos y características a tener en cuenta para la elaboración de situaciones problematizadoras, las cuales se caracterizan por ser situaciones problemáticas científicas construidas bajo situaciones cotidianas (contextualizadas) que generan competencias de pensamiento científico. Además, incluye aspectos relacionados con la Comprensión de la Naturaleza de la Ciencia.

En cuanto a la vereda Cascajal, se halló una investigación *fomento de una cultura ambiental para el aprovechamiento de los residuos sólidos con los estudiantes del grado octavo de la Institución Educativa Cascajal Timaná Huila*. Realizada por Artunduaga,

Barrios, Correa y Parra (2011), que se menciona, por el hecho de ser la única investigación realizada en la vereda Cascajal en Enseñanza de las Ciencias Naturales. Esta investigación consistió en implementar estrategias para el fomento de la cultura ambiental, puntualmente para la recolección y aprovechamiento de los residuos sólidos en la Institución Educativa Cascajal. Como conclusión los autores destacan que la intervención didáctica contribuyó en un cambio de pensamiento frente al aprovechamiento y manejo adecuado de los residuos sólidos.

4. Marco teórico

En cuanto a este apartado, se presenta la revisión teórica sobre algunos elementos relacionados con temáticas de Relaciones Ciencia-Tecnología-Sociedad y Ambiente, Cuestiones Sociocientíficas, Pensamiento Crítico, Competencias de pensamiento crítico, Naturaleza de la Ciencias y la Fluorosis Dental -por cuanto es la Cuestión Sociocientífica que servirá como mediación para la comprensión de la naturaleza de la Ciencia-.

4.1. Enfoque Ciencia- Tecnología- Sociedad y Ambiente (CTSA)

Desde los años ochenta se ha venido generando un movimiento ambientalista que toma cada día mayor importancia en la enseñanza de las Ciencias Naturales. El enfoque CTSA (Ciencia- Tecnología- Sociedad y Ambiente) surgió tras la necesidad de generar crítica al cientificismo y la enseñanza descontextualizada de contenidos científicos predominantes de la educación de la época (Martínez, Parga y Gómez 2013). En esta década se pretendía fomentar el aprendizaje hacia la denominada *Alfabetización científica* de los futuros ciudadanos. Para esto, las reformas educativas orientaron los currículos de Ciencias Naturales como lo afirman Solbes y Vilches (2000) a conocer la naturaleza de la ciencia, logros y limitaciones; comprender el contexto social, económico, religioso, cultural y político, pues la finalidad de la enseñanza, como lo afirma Puig, Bravo y Jiménez (2012) *es formar personas capaces de intervenir en la toma de decisiones Sociocientíficas*. A pesar de lo anterior, el enfoque CTSA ha presentado varias dificultades para concretarse en el currículo y por esta razón se han buscado nuevas alternativas para incluirlo en los procesos de formación (Arias y Dallagnol, 2016).

4.2. Cuestiones Sociocientíficas

Los avances científicos siempre han estado relacionados con la economía, la salud, la política o el ambiente. Por esta razón, al tratar contenidos científicos se debe entender que

estos avanzan directamente e interaccionan influenciados por el tipo de sociedad en que se generan y por las instituciones que los financian.

Desde las modificaciones que se realizaron al currículo de Ciencias Naturales en la década de los ochenta con el propósito de la *Alfabetización científica* de la población, no se han encontrado resultados significativos, encontramos una sociedad que en su mayoría desconoce la naturaleza humana y mutable de la ciencia con implicaciones sociales (Solbes y Vilches, 1989). Es necesario señalar que la presencia de los aspectos CTSA han mejorado, pero se consideran insuficientes (Solbes y Vilches, 2002)

A partir de dicha situación, se han realizado investigaciones en la enseñanza de las Ciencias Naturales basadas en el uso de estrategias que involucren de manera directa, innovadora y pertinente los aspectos CTSA. La mayoría de estas investigaciones han llegado a la conclusión de que el uso de situaciones controvertidas científicas les permite a los estudiantes tomar decisiones respecto a las problemáticas tecnológicas, ambientales, sociales, culturales y políticas planteadas a través del conocimiento científico.

Estas controversias científicas han sido denominadas Cuestiones Sociocientíficas (CSC), algunos autores como España y Prieto (2009) afirman que son problemas complejos, abiertos que generan controversia. Jiménez (2010) considera que son situaciones de la vida real y por esta razón suelen ser relevantes y motivadoras para los estudiantes. Puig, Bravo y Jiménez (2012) sostienen que son problemas socialmente relevantes que no tienen una única solución, más bien son objeto de múltiples posturas y soluciones. Además, Díaz y Jiménez (2012) reconocen que éstas permiten la integración de temas ambientales al currículo y transforman de manera significativa el tradicionalismo en un problema que requiere una profunda reflexión

Las CSC según Martínez y Villamizar (2014) representan un cambio innovador al

acercar la escuela a la forma en que se ha construido la Ciencia y en ella los problemas sociales, políticos, culturales y por ende históricos que se han generado de manera directa. Estas cuestiones permiten a los estudiantes dar múltiples soluciones y tomar decisiones teniendo en cuenta los contenidos científicos, los factores sociales como la política, la economía o la ética (Martínez, 2014).

4.2.1. Características de las Cuestiones Sociocientíficas

Las cuestiones Sociocientíficas se caracterizan según Martínez (2014) porque:

- Se basan en la ciencia, por lo general en áreas que están en las fronteras del conocimiento científico.
- Las divulgan por medios masivos de comunicación; destacando aspectos relacionados con sus intereses.
- Enfrentan problemas locales y globales.
- Abarcan la formación de opiniones y la realización de elecciones en los niveles personal y social.
- Enfrentan información incompleta, ya se trate de evidencias científicas incompletas o confrontantes, o de vacíos en los registros.
- Abarcan análisis de costo y beneficio en los cuales los riesgos interactúan con los valores.
- Pueden requerir algún entendimiento de probabilidad y riesgo.
- Pueden abarcar consideraciones sobre sustentabilidad.
- Abarcan valores y razonamiento ético (p.85)

Se pueden identificar las características de las CSC en ejemplos cotidianos como los transgénicos, el uso del glifosato para la erradicación de cultivos ilícitos, la clonación, el uso

de animales para experimentación, la automedicación, la explotación del coltan, el fracking, entre otros.

Reis y Galvão (2004) plantea que las finalidades de las CSC en la enseñanza de las Ciencias Naturales son:

- Construir una cultura científica que sea esencial para la ciudadanía.
- Construir un conocimiento significativo para la vida en sociedad, “transmitiendo la idea de que la escuela no es algo aparte, disociada de la vida real”.
- Motivar a los alumnos y estimular su curiosidad.
- Promover el desarrollo intelectual de los estudiantes, por ejemplo, fomentando habilidades de pensamiento.
- Promover el desarrollo moral de los estudiantes, a través de la clarificación de valores.
- Construir un concepto de ciencia desde la actividad humana, influenciada por valores, y cuyo progreso dependa claramente de la discusión de ideas y opiniones.
- Cambiar el concepto de ciencia como un tema bien definido a un concepto de ciencia con incertidumbres, con dificultad y debate (p.167)

Teniendo en cuenta lo anterior, las Cuestiones Sociocientíficas pueden fomentar en los estudiantes una visión adecuada de los problemas científicos y tecnológicos a los que se enfrenta la sociedad; cuestionarlos, evaluarlos y tomar decisiones utilizando sus argumentos. Además pueden fomentar según Arango, Henao y Romero (2012) la formación sociopolítica en los estudiantes puesto que implica una formación para la crítica y la acción. También, pueden motivar al aprendizaje de la Ciencia, fomentar habilidades de pensamiento y por ende pensamiento crítico, favorecer la apropiación del conocimiento científico, el aprendizaje colaborativo y contextual.

4.2.2. Estrategias para el uso de Cuestiones Sociocientíficas

Para el uso de Cuestiones Sociocientíficas y lograr la comprensión de la ciencia con la tecnología y su contexto socio-ambiental, se puede recurrir según Martínez, Villamil y Peña (2006) a algunas estrategias de enseñanza-aprendizaje como lo son:

- Resolución de problemas abiertos incluyendo la toma razonada y democrática de decisiones.
- Elaboración de proyectos en pequeños grupos cooperativos.
- Realización de trabajos prácticos de campo
- Juego de simulación y de roles
- Participación en foros y debates
- Presencia de especialistas en el aula y de personas de la comunidad educativa
- Visitas a fábricas y empresas, exposiciones y museos científicos-técnicos, complejos de interés científicos y tecnológico, parques tecnológicos.
- Breves periodos de formación en empresas y centros de trabajo
- Implicación y actuación civil activa en la comunidad
- Análisis de noticias (p.4)

Otros autores como Duso y Bialvo (2016) resaltan el uso de actividades lúdicas como el Rally Cultural que consiste en una propuesta a manera de taller donde los estudiantes organizados en grupos de cuatro personas, deben competir corriendo por encontrar en los diferentes lugares una “carta” sobre una situación problema, en este caso “impactos ambientales de las construcciones de las centrales hidroeléctricas” para ser resueltas.

Sierra y Marín (2016) afirman que el uso de redes Web2.0 puede servir como estrategias para el desarrollo de Cuestiones Sociocientíficas, pues aportan al desarrollo de actividades colaborativas. Allí se pueden realizar debates, foros y evidenciar la utilización del

lenguaje científico al momento de argumentar frente a otras personas y expresar lo que piensan, apoyándolo en herramientas virtuales.

Ruíz, Solbes y Furió (2013) exponen que los debates con temas controversiales pueden ser un recurso valioso para potenciar la competencia argumentativa en las clases de Ciencias. Algunos de los ejemplos de debates que proponen los autores son: Elección de un envase de cola ¿aluminio o vidrio?, Instalaciones nucleares cerca de tu residencia ¿sí o no?, ¿Se deberían construir los coches con limitación de velocidad máxima? Para estos debates los autores recomiendan hacer un escrito argumentativo antes del debate.

Carvajal y Martínez (2014) ponen de manifiesto que para el desarrollo de las CSC se pueden aplicar actividades que giren en torno a lo individual, la búsqueda de información, la elaboración de ensayos, historietas, mapas mentales e investigaciones escolares; adicional se pueden usar las conferencias, entrevistas, presentación de videos, reportajes televisivos o prensa, visitas guiadas a museos, debates y seminarios, estudios de caso, formulación de proyectos y solución de problemas. Es de resaltar que las secuencias exitosas son aquellas que consideran los intereses y las particularidades de los estudiantes.

4.3.Pensamiento crítico

Actualmente la sociedad está cargada de productos de la Ciencia y la Tecnología que forman parte de la vida de los seres humanos. Estos avances facilitan el acceso a la información, exponiendo en algunos casos verdades y/o falacias de estos productos. El pensar crítica e independientemente es clave para los ciudadanos, pues deberán cuestionar los argumentos, valorarlos, contrastarlos, tomar decisiones, reflexionando desde lo social, político, ambiental y cultural; para no ser manipulados por cualquier divulgación en fuentes informales y formales, e incluso para participar activamente en la resolución de conflictos del contexto y transformar las condiciones de injusticia y desigualdad social.

En relación al pensamiento crítico se puede decir que este es *polisémico*, según la disciplina en que se ubique puede tomar distintos matices, puede ser considerado una teoría, un método, un fenómeno cognitivo, un estilo de vida, una clase de conocimiento, una ideología, una práctica social, una filosofía, una praxis o un enfoque teórico y epistemológico (Vélez, 2013). Cada uno de estos presenta una reflexión del concepto de pensamiento crítico diferente, aunque con puntos de encuentro y un hilo conductor que permite mostrar las relaciones entre cada línea.

Se puede asegurar que el pensamiento crítico ha tenido gran trayectoria en las últimas décadas, desde la filosofía hasta las disciplinas específicas (Torres, 2014), además que la pedagogía crítica, el pensamiento crítico latinoamericano y el pensamiento crítico de la psicología conductista tienen el mismo origen en la Escuela de Frankfurt y en esa misma línea las tradiciones críticas surgidas en Europa, Estados Unidos y América Latina (Vélez, 2013). Aunque las prácticas de pensamiento crítico son anteriores a la conceptualización del mismo.

El pensamiento crítico desde la psicología conductista nace en Estados Unidos liderada por Ennis (1987), Facione (1990) y Paul & Elder (2005), quienes reflexionan a partir de la evaluación y la medición de la situación particular en la que se encuentran los individuos. Ennis (1987), citado en (Torres, 2014) afirma que se trata de un pensamiento de orden superior, que requiere de autodeterminación, reflexión y metacognición. Facione (2007), citado en (Torres, 2014) considera que el PC es un conjunto de diversas estrategias, metodologías o actividades y además señala que un pensador crítico generalmente debe tener unas disposiciones o actitudes: debe ser flexible, ser sistemático, inquisitivo, juicioso, buscador de la verdad, analítico, de mente abierta, justo cuando trata de evaluar y bien informado.

Así mismo, Paul y Elder (2003) afirman que el PC es el modo de pensar sobre

cualquier tema, es el proceso de analizar y evaluar el pensamiento con el propósito de mejorarlo, el cual presupone el conocimiento de las estructuras y estándares más básicas del pensamiento. Lo anterior según Vélez (2013) puede ser una noción reducida del concepto, ya que se genera una “*disciplinarización de la reflexión interdisciplinar*” sobre el PC, en este caso se reflexiona únicamente desde la psicología o desde otro campo disciplinar por separado. Aunque esto les permitió identificar y profundizar sobre lo que hoy se denomina *habilidades cognitivas y disposiciones* del PC.

Por otro lado, en América Latina la Escuela de Frankfurt tuvo su propia acogida, sobre todo en la teología de la liberación y la pedagogía crítica. Para uno de los influyentes más importantes de la pedagogía crítica en Latinoamérica: Freire (Como se citó en Castiblanco, 2019) la educación debe desarrollar una visión emancipadora de la realidad; es decir, el propósito está encaminado a formar seres libres, con capacidad de pensar por sí mismos. Vélez (2013) afirma que el aporte más significativo es la organización social y la alfabetización de comunidades marginales; por esta razón la conceptualización del pensamiento crítico en América Latina no produjo una reducción conceptual, más bien se pretende una aplicación práctica a la resolución de los conflictos del contexto latinoamericano. Además varias de las características de la pedagogía crítica forman parte de un pensador crítico (Torres y Solbes, 2015).

Los aportes de la psicología al concepto de pensamiento crítico son la caracterización de las *habilidades cognitivas y disposiciones* que debe tener un pensador crítico, y los aportes más significativos de los pedagogos latinoamericanos es considerar este como un fenómeno no solo cognitivo y afectivo, sino que además como un fenómeno social, cultural y político con la pretensión liberadora y emancipadora individual y colectiva (Vélez, 2013). Se deben tener las *habilidades cognitivas, disposiciones y desarrollarlas*; sin dejar de lado las

interacciones sociales, culturales y políticas que logren aportar al bien común de la sociedad. Las habilidades cognitivas y disposiciones críticas no parecen suficientes, porque también importan los problemas del contexto, discursos o acciones a los que se apliquen (Solbes y Torres, 2015)

4.3.1. Pensamiento crítico en la enseñanza de las Ciencias Naturales

El Pensamiento Crítico es necesario en la enseñanza de las Ciencias, pues como se ha mencionado anteriormente, sin la capacidad de pensar críticamente los ciudadanos pueden verse fácilmente manipulados por cualquier información. Esto hace que no puedan tomar decisiones sensatas e informadas frente a problemas del contexto y participar en decisiones democráticas sobre ciencia y tecnología cuestionando la ideología dominante (Torres, 2014).

Algunos autores como Jiménez (2010); Solbes (2013); Torres (2014) y Flórez (2010) consideran que el pensamiento crítico desarrolla la autonomía y el empoderamiento; además permite el mejoramiento en las capacidades para la innovación y la creatividad, la investigación, y promueve la reflexión, la interpretación, el análisis, la argumentación y la valoración del conocimiento.

Así mismo, Solbes (2013) afirma que el pensador crítico no debe limitarse a los discursos dominantes, más bien requiere conocer posturas alternativas bien argumentadas y para ello, ser capaz de analizar las pruebas que sustentan las diferentes posturas. Además propone que se debe analizar no solo desde lo científico sino también desde lo social, económico, ambiental, político, cultural y ético.

Para autores como Solbes (2013); Albertos y De la Herrán (2018) el pensamiento crítico y la ciencia son similares en cuanto a lo metodológico, puesto que en ambos se sigue un proceso de indagación parecido. La distancia puede deberse a la falta de crítica en la ciencia que no trasciende de las paredes del laboratorio y las teorías a los ámbitos sociales,

políticos, ambientales y culturales que permiten cuestionar las verdades que se consideran absolutas, los discursos de las clases y poderes. Torres (2014) afirma que la ciencia se hace crítica en cuanto aborde dimensiones sociales, éticas, culturales, políticas, ambientales, entre otras; además expone que la ciencia debe promover el cuestionamiento, desafiando opiniones, ideas, intereses individuales o creencias.

En los trabajos de Solbes (2013); Torres (2014) y Solbes y Torres (2015) se exponen casos de científicos que se han atrevido a cuestionar las implicaciones de la ciencia en la sociedad, los cuales han sido acusados, perseguidos, desprestigiados y descalificados. Como por ejemplo Galileo Galilei y Nicolás Copérnico que se alejaron del pensamiento de su época y cuestionaron la astronomía aristotélica; Charles Darwin que fue acusado de contradecir las doctrinas de la visión cristiana en temas como el origen de la vida y el hombre; Albert Einstein, Bertrand Russell, Linus Pauling, Robert Openheimer que se opusieron a la proliferación nuclear y expusieron los riesgos y las amenazas de la utilización de bombas atómicas para la existencia de la humanidad; Andres Carrasco, Robert Belle, Giller-Eric Seralini estos últimos revelaron el efecto del glifosato en el ambiente, además denunciaron las multinacionales químicas y la multinacional Monsanto.

Lo anterior muestra que es necesario conocer la Historia de la Ciencia para comprender como los científicos han construido la Ciencia desde el contexto social, político, económico, cultural e indiscutiblemente científico de su época. Solbes y Torres (2015) afirman que los hechos científicos se desarrollan en un contexto histórico y por ende, reciben influencia de diferentes factores sociales, políticos y económicos, y que para esto se hacen necesarios espacios de reflexión ética que permitan cuestionar los impactos de la ciencia a través del tiempo en la sociedad. En Solbes (2013) se reconoce que “hay autores que abordan críticamente cuestiones relacionadas con la ciencia (creacionismo y diseño inteligente,

ufología, homeopatía, fusión fría y otras pseudociencias), pero adolecen de aspectos sociales” (p.148).

Autores como Fernandes, Pires y Villamañán (2014) afirman que “la cultura científica es entendida esencialmente como el dominio del conocimiento científico y la capacidad del pensamiento crítico sobre una determinada situación; así como la capacidad de aplicar este conocimiento para resolver problemas” (p.29). Además sugieren que para promover una cultura científica se debe implementar el enfoque CTSA (Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente). Es decir, que si se enseña a los estudiantes en torno al pensamiento crítico comprenderán cómo la ciencia y la tecnología se relacionan con la sociedad, generándoles capacidades para cuestionar las ideas y las posturas de las clases dominantes.

Tamayo (2014) expone que el pensamiento crítico en la Enseñanza de las Ciencias es imprescindible para la producción de conocimiento y sobre todo para la emancipación individual y colectiva. También afirma que para formar en pensamiento crítico, exige por parte de los docentes conocer la estructura cognitiva del sujeto que aprende y su contexto, fomentar relaciones CTSA para conocer el funcionamiento de la Ciencia, priorizar los procesos de aprendizaje y reconocer la escuela como escenario que brinda la posibilidad de acceder al conocimiento y donde recoge aportes fundamentales para construir y reconstruir el conocimiento de manera consciente e intencionada.

Torres y Solbes (2015) afirman que para la enseñanza de las ciencias se requieren espacios donde los estudiantes puedan expresar sus ideas y discutirlos con los demás, ya que esos escenarios les permiten concebir la ciencia como una construcción humana, cambiante, histórica dejando de lado discursos memorísticos, repetitivos, inmutables y cerrados.

La propuesta didáctica que hacen estos autores y otros como Solbes y Vilches (2004); Reis y Galvão (2004); Beltrán (2010); Tamayo (2014); Jiménez (2010); Achury y Álvarez

(2015); Torres y Martínez (2011); Domènech-Casal (2014); Arias y Dallagnol (2016); Carvajal y Martínez (2014); Duso y Bialvo (2016); Ruíz, Solbes y Furió (2013), entre otros; es utilizar cuestiones científicas con implicaciones sociales (CSC) desde el enfoque CTSA , ya que estos son problemas complejos que generan controversia y permiten a los estudiantes dar múltiples soluciones y tomar decisiones teniendo en cuenta la ciencia, los aspectos sociales como la política, la economía o la ética y de esta manera desarrollar el pensamiento crítico.

También Tamayo (2014) indica que una implementación didáctica pensada desde el pensamiento crítico en la enseñanza de las Ciencias implica enseñar y aprender desde diversos contextos como: *laboratorios, museos, zoológicos, espacios virtuales, etc.*

4.3.2. Pensamiento crítico y Cuestiones Sociocientíficas

Como se ha mencionado anteriormente varios estudios han demostrado que las cuestiones Sociocientíficas pueden promover el pensamiento crítico.

Para autores como Vera, Aguirre y Aguirre (2018) el pensamiento crítico es un conjunto de habilidades que permiten a los ciudadanos construir argumentos frente a un hecho, realizando reflexiones acerca de lo social y de la manera en que se participa en la sociedad. Además consideran que la enseñanza de las Ciencias debe ser a partir del enfoque CTSA y debe incluir la argumentación no solo en la producción científica, sino también en la evaluación del impacto de la ciencia y la tecnología en la sociedad y el ambiente. Así que el enfoque CTSA permite comprender cómo la ciencia y la tecnología se relacionan con la sociedad y cómo se produce el conocimiento en los grupos científicos; estas habilidades los hacen más aptos para cuestionar las ideas dominantes y las posturas de las autoridades.

Por su parte Torres (2014) y Torres y Solbes (2015) consideran que el pensamiento crítico:

es un conjunto de competencias que han de desarrollarse en las personas para

estructurar una manera de pensar propia que les permite distinguir la veracidad de los argumentos, tomar posiciones frente a las situaciones sociales para tener un papel activo en las decisiones culturales y científicas asumidas desde una responsabilidad social (p.42).

Para estos autores el concepto de habilidad es reducido para definir el pensamiento crítico puesto que según ellos, la habilidad es la capacidad de realizar tareas, solucionar problemas y tomar decisiones. Mientras que la competencia la consideran como la capacidad para aplicar los resultados del aprendizaje a un contexto determinado y abarca además de las habilidades, las aptitudes y los valores.

En los estudios de Torres y Solbes (2015) y Torres (2014) definen las competencias que han de desarrollarse en un pensador crítico utilizando las Cuestiones Sociocientíficas. Para los autores las *competencias críticas*:

son todas aquellas capacidades que permiten a las personas prepararse para emitir juicios producto del cuestionamiento, confrontaciones de argumentos, búsqueda de procesos de indagación frente a problemas, ideologías e información que dan apertura a espacios dialógicos y críticos como una forma de manifestación e intervención social, y por ende implican compromiso social porque están basadas en hechos de realidad (p.42-43).

En esa misma línea, Torres y Martínez (2011); Torres y Solbes (2014); Achury y Álvarez (2015) plantean que las Cuestiones Sociocientíficas CSC favorecen la multidisciplinaridad y transdisciplinariedad puesto que permiten abarcar dimensiones sociales, políticas, económicas, éticas y científicas.

4.3.3. Competencias de pensamiento crítico

Como se menciona anteriormente en el estudio de Torres (2014) se propone que el

pensamiento crítico esté formado por una serie de competencias que pueden ser desarrolladas a partir de las Cuestiones Sociocientíficas.

Así mismo, se plantean cinco *competencias críticas* que se pueden desarrollar abordando Cuestiones Sociocientíficas con los estudiantes:

| Competencias críticas | |
|-----------------------|---|
| 1. | Comprender la ciencia como actividad humana con múltiples relaciones con la tecnología, la sociedad y el ambiente. Asumir la existencia de problemáticas Sociocientíficas, es decir. controversias sociales que tienen su base en nociones científicas. |
| 2. | Estar informado sobre el tema, no limitarse al discurso dominante y conocer posturas alternativas, cuestionar la validez de los argumentos, rechazando conclusiones no basadas en pruebas, detectar falacias argumentativas, evaluar la credibilidad de las fuentes teniendo en cuenta los intereses subyacentes y crear argumentaciones sólidas. |
| 3. | Estudiar el problema socio-científico de manera integral, en su complejidad, de manera que se involucren dimensiones científicas, técnicas, éticas, culturales, filosóficas, sociales económicas, ambientales, etc |
| 4. | Valorar y realizar juicios éticos en torno a la CSC, atendiendo a la contribución de los mismos a la satisfacción de necesidades humanas, a la solución de los problemas del mundo |
| 5. | Construir planteamientos y conclusiones adecuadamente sustentados que lleven a tomar decisiones fundamentadas, a promover acciones para el mejoramiento de la calidad de vida y a ser capaces de transformar su realidad solucionando diferentes situaciones a nivel personal, familiar y laboral. |

Tabla 4.1: Competencias críticas planteadas por Torres (2014)

Para la presente investigación se abordó la conceptualización, desarrollo y sistematización de la primera competencia y que en adelante se enunciará como Comprensión de la Naturaleza de la Ciencia (CNdC).

4.4. Comprensión de la Naturaleza de la Ciencia como competencia crítica

“Cualquier teoría es siempre provisional, en el sentido de que es solo una hipótesis, nunca se puede probar. A pesar de que los resultados de los experimentos concuerden muchas veces con la teoría, nunca podemos estar seguros de que la próxima vez el resultado no vaya a contradecirla”
Stephen Hawking (1988)

4.4.1. Naturaleza de la Ciencia

La naturaleza de la Ciencia de ahora en adelante (NdC) es un concepto difícil de definir, ya que la comunidad académica aún tiene debates para lograr un consenso y resulta ser un tema emergente, dinámico y amplio. En la literatura para algunos autores la NdC está

ubicada en el concepto de ciencia, esta afirmación es válida e importante pero resulta ser reduccionista para otros autores.

Ryan y Aikenhead (1992) describen la NdC como un conjunto de aspectos que explican el concepto de ciencia, así como las invenciones conceptuales, métodos, construcción de acuerdos y las características epistemológicas propias del conocimiento científico elaborado.

Para Bennásar et, al (2010) la NdC es un componente esencial en la alfabetización científica debido a que la comprensión influye en las aplicaciones y la participación ciudadana de ciencia y tecnología en los diferentes contextos.

Para Vázquez, et, al (2001) la NdC como conocimiento metacognitivo incluye la reflexión sobre

los métodos para validar el conocimiento científico, los valores implicados en las actividades de la ciencia, las relaciones con la tecnología, la naturaleza de la comunidad científica, las relaciones de la sociedad con el sistema tecnocientífico y las aportaciones de éste a la cultura y al progreso de la sociedad (p.2).

Para Adúriz (2005) “es un conjunto de contenidos metacientíficos funcionalmente transpuestos, y seleccionados por su valor para la educación científica de todos y todas” (p.4)

Se podría decir que el primer concepto toma la NdC desde el concepto de la Ciencia misma y toma componentes epistemológicos. El segundo concepto ya abarca más el plano de la finalidad en la enseñanza de la NdC, este incluye aspectos epistemológicos de la Ciencia y aspectos relacionados con CTS. El tercer concepto incluye aspectos epistemológicos de la Ciencia, pero adicionalmente relaciona la CTS y las visiones sobre Ciencia. El cuarto concepto se refiere a la epistemología de la Ciencia, a la Sociología, a la Psicología y a la Historia de la Ciencias como metaciencias; también abarca aspectos CTS y visiones sobre

Ciencia, además añade el valor en la enseñanza de las Ciencias Naturales.

Por otro lado Marín, Benarroch y Niaz (2013) en su investigación exponen los consensos y los desacuerdos que ha tenido la comunidad académica frente al concepto de NdC. Para ellos existen tres corrientes donde convergen las discusiones:

El enfoque epistemológico basado en la forma en que el conocimiento científico se genera con sus valores, supuestos y creencias (Lederman, 1999; McComas, Clough y Almazroa, 1998). *El enfoque basado en la dimensión cognitiva* en él, se suelen utilizar las denominaciones «ideas sobre la ciencia», «ideas ingenuas sobre la ciencia» o «visiones sobre la actividad científica», para describir las concepciones de sentido común sobre los contenidos fácticos de la ciencia y sus leyes (Fernández, Gil, Carrascosa, Cachapuz y Praia, 2002; Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar y Duschl, 2003). Y por último *el enfoque que proviene de la tradición investigadora del movimiento ciencia, tecnología y sociedad* (Vázquez, Acevedo y Manassero, 2004; Vázquez, Acevedo, Manassero y Acevedo, 2001; Vázquez, Manassero, Acevedo y Acevedo, 2007) y en él se enfatizan las actitudes hacia la ciencia por encima de los elementos específicamente epistemológicos. (p. 118).

Es decir, encontramos tres líneas de investigación del concepto de NdC. En estas convergen unos postulados como: el contexto, el concepto, la forma en que se produce las ciencias y la consideración de la ciencia como proceso, y en las tres divergen postulados como las interacciones entre la ciencia interna y externa.

Para autores como García, Vázquez y Manassero (2012) la NdC es un concepto amplio y debe responder a las siguientes preguntas: ¿Qué es la ciencia?, ¿Cuál es su funcionamiento interno o externo?, ¿Cómo construye y desarrolla el conocimiento que produce?, ¿Qué métodos emplea para validar y difundir este conocimiento?, ¿Qué valores están implicados en

las actividades científicas?, ¿Cuáles son las características de la comunidad científica?, ¿Qué vínculos tiene con la tecnología la sociedad y la cultura? (p.24).

En Latinoamérica varios investigadores como Fernández *et al.* (2002); García, Vásquez y Manassero (2012); Pujalte, Bonan, Porro y Bravo (2014); Chade (2014); Pujalte, Gangui, y Adúriz (2012) entre otros, han realizado trabajos en torno a una línea de investigación de la NdC que corresponde a las imágenes, visiones o concepciones de Ciencia que tienen los estudiantes o los docentes. Algunos de ellos caracterizan la imagen de Ciencia tradicional, considerando que en esta visión el conocimiento científico es objetivo, dogmático, radical, fáctico y ajeno a los contextos sociales, políticos, económicos y culturales. La construcción y validación del conocimiento se considera elitista, individualista, machista, instrumentalista, cuya finalidad es descubrir verdades inmutables e incuestionables. Por otro lado consideran la visión constructivista de la ciencia como actividad humana y social, subjetiva, mutable, provisional y plural; no se considera el conocimiento científico como universal ni radical y tiene una relación directa multidireccional entre la sociedad, la cultura, la política y la economía. La construcción y validación del conocimiento es en comunidades, se fundamenta en una variedad de métodos y experiencias producto de inferencias y del intelecto, pero también de la imaginación y la creatividad. No tiene exclusión de género y tiene en cuenta los valores propios de la ciencia y su interacción interna y externa.

Para Pedrinaci (1994) la NdC debe:

- Mostrar que nunca hay un único descubridor.
- Mostrar la visión inductivista, dogmática y acrítica con que con cierta frecuencia mantienen los científicos.
- Mostrar la dificultad de cambiar de paradigma.

- Mostrar la existencia de obstáculos epistemológicos que bloquean cambios de paradigma y que dificultan el avance.
- Mostrar que la ciencia no siempre crece por acumulación lenta y progresiva de conocimientos sino que a veces se producen reestructuraciones globales o revoluciones científicas.
- Mostrar que las razones por las que se rechaza una teoría pueden ser muy variadas y que no siempre vienen determinadas por la estructura interna de la ciencia, sino que con ellas se mezclan con frecuencia razones externas, que aparecen implícitas y que estarían más relacionadas con prejuicios sociales o celos profesionales (p.338).

También se encuentran autores que relacionan la NdC exclusivamente con la indagación científica, es decir, con los procesos científicos, las destrezas relacionadas con la aplicación de la metodología científica (saber hacer). (Bennásar, Vásquez, Mannasero y García, 2010).

Todos los autores mencionados coinciden que comprender la naturaleza de la Ciencia es y debe ser parte de la alfabetización científica. Para ello algunos proponen algunas estrategias o herramientas de enseñanza.

4.4.2. Estrategias para la enseñanza de la comprensión de la NdC

En cuanto a las estrategias y herramientas son múltiples las opciones que se han presentado en las investigaciones, entre las estrategias encontramos: la historia de la ciencia, la investigación escolar, las cuestiones Sociocientíficas y la indagación. Y entre las herramientas encontramos: el uso del cine de ciencia y ciencia ficción, de noticias actuales científicas, de la literatura, de la experimentación, de las salidas a museos o prácticas de campo, de las dramatizaciones, de las simulaciones, la lectura de textos originales, la

presentación de personajes de la historia, la elaboración y lectura de cuentos de personajes de la ciencia, etc.

Pedrinaci (1994); Quintanilla (2007); Daza, Arrieta y Muñoz (2014); García, Vásquez y Mannasero (2012); Muñoz (2014); Pujalte, Bonan, Porro, Adúriz (2014); entre otros comparten que el uso de la historia y la filosofía de la Ciencia podría favorecer la CNdC porque éstas permiten conocer el tipo de razonamientos que llevaron a los científicos del pasado a interpretar fenómenos científico, los obstáculos epistemológicos existentes en un determinado campo del saber, establecer relaciones entre CTS y la función actual de Ciencia. Por ende permiten desarrollar las habilidades de la indagación, razonamiento y metacognición, ejemplificar las teorías, mejorar la actitud hacia la ciencia y generar conciencia sobre las relaciones CTS. Los autores mencionados afirman que no se puede reducir la enseñanza de la Historia y Filosofía de la Ciencia a una exposición cronológica de los logros de unos sabios a lo largo del tiempo o mostrar la biografía o galería de unos cuantos “benefactores de la humanidad”, o profetas visionarios sin contexto alguno.

Por esta misma línea, Quintanilla, Izquierdo y Adúriz (2007) plantea que la Historia y Filosofía de las Ciencias como estrategia para la CNdC puede desarrollarse usando:

- La explicación de historias contextualizadas
- Haciendo simulaciones o dramatizaciones
- Repitiendo practicas relevantes
- Identificando, caracterizando y describiendo instrumentos antiguos mediante laminas
- Leyendo textos históricos originales
- Dando a conocer personajes históricos para comprender aspectos humanos
- Promoviendo análisis- histórico, político, geográfico, social, económico (p.191)

Desde hace varias décadas existe esta línea de investigación en el estudio de la Historia y la Filosofía de las Ciencias para la contribución en la enseñanza de las Ciencias Naturales, incluso en el año 1955 en su libro *Imagen de la Naturaleza de la Física actual* el Físico alemán Werner Heisenber postuló:

Quien quiera llegar hasta el fondo de las cosas en cualquier disciplina, tanto si se trata de técnica como de Medicina, tendrá que dar más tarde o más temprano con aquellas fuentes antiguas; y entonces, obtendrá muchos beneficios para su labor por el hecho de haber aprendido de los griegos el pensamiento referido a los principios, los métodos derivados de los principios... (p.54)

Sumado a esto García, Vásquez y Mannasero (2012) afirman que si la ciencia es un conocimiento provisional, la controversia no puede ser eliminada del aula ni de los libros de texto (p.29). En consecuencia, recomiendan organizar los planes curriculares evidenciando claramente los objetivos, contenidos, actividades en contexto que contengan la metarreflexión y evaluación en torno a la CNdC.

Además proponen las estrategias para la enseñanza de la CNdC son:

- Las indagaciones científicas escolares
- Los análisis de controversias sociocientíficas (CSC)
- La historia de la ciencia

También Santos (2003) manifiesta que el uso de la historia de las ciencias puede fomentar la comprensión de los contenidos científicos, además expone tres razones: la primera es que la historia de la ciencia permite a los estudiantes ubicar las situaciones problemáticas en las que se vivieron inmersos los hombres de la ciencia y analizar como superaron esas dificultades, la segunda está relacionada con la motivación de los estudiantes hacia la ciencia, pues resultará más atractivo para los estudiantes aprender comprendiendo la forma en la que

se ha construido el conocimiento y la tercera razón es que proporciona un número variado de situaciones que muestran la relaciones CTSA. Algunas de las estrategias que presenta el autor son el uso de: “Personaje científico del que podría tratarse, la evolución de una teoría o concepto, un descubrimiento, una etapa de la ciencia, la influencia de la ciencia sobre las guerras, entre otras”. (p. 407-408).

Para García, Vásquez y Mannasero (2012) deben usarse aspectos sociocientíficos para favorecer la comprensión de la naturaleza de la Ciencia, ya que permiten una percepción más realista y promueven el pensamiento crítico y responsable ante este tipo de controversias. Para ellos el aprendizaje se ve favorecido si se utilizan:

- Pruebas científicas formales basadas en datos
- Pruebas informales (sentido común, experiencias personales)
- Asuntos más amplios que interfieren con las pruebas (intereses medioambientales o legales)

En general, en la literatura se encuentran múltiples estrategias para la CNdC las cuales se pueden resumir en tres: el uso de la indagación científica escolar, el uso de la historia y filosofía de la Ciencia y el uso de las Cuestiones Sociocientíficas. Se debe aclarar, que ya son varias investigaciones las que muestran que la indagación sola parece no contribuir a la CNdC puesto que no abarca los aspectos epistemológicos de la Ciencia; la indagación debe ser enfocada a situaciones sociales de los escolares (investigación escolar).

4.5.Enseñanza de las Ciencias Naturales en Colombia

Como se planteó anteriormente sobre los años noventa se empezaron a gestar reformas educativas en el currículo de Ciencias Naturales con el fin de fomentar el aprendizaje hacia la denominada *Alfabetización científica* en los futuros ciudadanos. Solbes y Vilches (2000)

afirman que la intención era formar ciudadanos capaces de conocer la naturaleza de la ciencia, logros y limitaciones; comprender el contexto social, económico, religioso, cultural y político.

En Colombia para el año 1996 surge una reforma educativa en el marco de la ley 115 de 1994, para lo cual se plantean los *Lineamientos curriculares* cuyo objetivo principal es trazar el horizonte deseable de educación, ofrecer orientaciones conceptuales, pedagógicas y didácticas para el diseño y desarrollo curricular de cada área. Para el área de Ciencias Naturales se gestan dos directrices: *Lineamientos curriculares de Ciencias Naturales (1996)* y *Estándares básicos de competencias en Ciencias Naturales (2006)* que son los documentos actuales base para la construcción de propuestas educativas con las estructuras básicas de los saberes de las Ciencias Naturales de los niveles de educación preescolar, básica y media.

El documento *Estándares básicos de competencias en Ciencias Naturales (2006)* se plantea explícitamente desde una perspectiva amplia y humanizada de la Ciencia, pues allí se expone:

...que hacer ciencias, hoy en día, es una actividad con metodologías no sujetas a reglas fijas, ni ordenadas, ni universales, sino a procesos de indagación más flexibles y reflexivos que realizan hombres y mujeres inmersos en realidades culturales, sociales, económicas y políticas muy variadas y en las que se mueven intereses de diversa índole (p.98).

Además en el mismo documento de *Estándares básicos de competencias en Ciencias Naturales (2006)* citan a Khun (1976) para explicar la perspectiva de Ciencia que se debe desarrollar en la educación Colombiana “como lo dijera Thomas Kuhn, podemos entender la llamada “verdad científica” como un conjunto de paradigmas provisionales, susceptibles de ser revaluados y reemplazados por nuevos paradigmas. Ya no se habla entonces de leyes universales, sino de hipótesis útiles para incrementar el conocimiento” (p.98).

Todo lo anterior, pone de manifiesto que las orientaciones de la enseñanza de las Ciencias Naturales en Colombia no deben reducirse a los conocimientos científicos expuestos desde una mirada ahistórica, individualista, rígida, acabada, descontextualizada, con un método científico infalible, sin valores sociales, culturales, económicos o políticos. Más bien se debe concebir la enseñanza de las Ciencias con una visión de Ciencia desde la construcción humana y pluralista, contextualizada, mutable, con multiplicidad de métodos y de experiencias, con la concurrencia de factores culturales, históricos, sociales y políticos.

4.6. Fluorosis dental

Para abordar la categoría de Fluorosis dental, se expone el marco teórico del elemento Flúor, la historia, fuentes, usos y aplicaciones y luego se aborda la Fluorosis dental, la historia, concepto, fuentes y estadísticas de prevalencia en el mundo, en Colombia y en el Huila.

4.6.1. Historia del Flúor

El mineralogista Georgius Agrícola en 1529 fue el primero en utilizar la fluorita (CaF_2) entonces llamada *flúores* o *espato de flúor* y describió su aplicación por los mineros alemanes, debido a que este se *funde* fácilmente permitiendo un ahorro de tiempo y combustible (Asimov, 1982). En 1670 el vidriero alemán Enrique Schwandhard experimentó con la fluorita y la acción de ácidos fuertes, observó que desprendía un vapor el cual había corroído sus lentes, para ese entonces era extraño que un material dañara de esa manera el vidrio, ya que pocos reactivos dañan este material, pero mantuvo en secreto esta propiedad del compuesto.

Solo fue hasta 1768 que Andrés Segismundo Margraf, químico alemán demostró e informó que la fluorita no contiene azufre y que al tratarla con ácidos producía el vapor que dañaría el vidrio (Asimov, 1982).

Hacia 1780 un químico sueco llamado Carlos Guillermo Sebéele dio a conocer experimentalmente como el vapor que producía la fluorita al reaccionar con ácidos fuertes

corroía totalmente el cristal, pero él estudió más a fondo y sostuvo que el gas era un ácido (ácido fluórico como se denominó antes, hoy llamado ácido fluorhídrico), aunque él consideraba que éste ácido contenía oxígeno, precisamente por los aportes del químico francés Lavoisier.

Para 1813 André-Marie Ampère físico, presentó la hipótesis de que el ácido fluórico era un compuesto de hidrógeno con un elemento todavía no descubierto. Luego el Químico inglés Humphry Davy, demostró experimentalmente que el ácido fluórico no contenía oxígeno, pero que contenía hidrógeno y un elemento desconocido. Así que Ampère y Davy llamaron “Flúor” a aquel elemento desconocido (Asimov, 1982).

A partir de esto surgió el problema de aislar el flúor para estudiarlo, la dificultad comenzó desde ese entonces. Varios científicos, incluido Davy y Ampère intentaron diversos métodos de separación: descomponiendo fluoruro de calcio por reacciones similares a las que se descompuso el cloro e incluso intentaron la electrólisis que para esta época ya se había divulgado. Pero estos procesos fueron fallidos e incluso los científicos (Davy, P. Louyel y los hermanos Tomás y Jorge Knox) terminaron intoxicados y al parecer murieron por esta causa.

Estos procedimientos no dieron resultado para aislar el Flúor, puesto que el oxígeno no podía arrancar el hidrógeno del ácido fluórico, así que reacciones sencillas no podrían aislarlo de compuestos como el ácido o la fluorita.

En 1885 el químico francés Edmundo Frémy discípulo de Louyel repitió con más precaución el experimento de Davy, de electrolizar fluorita con idénticos resultados. Luego trabajó con el mismo método pero esta vez con el ácido fluórico obteniendo lo mismo.

Pasados tres siglos largos aún no lograban aislar y describir las propiedades del elemento Flúor.

Para 1886 el químico francés Henri Moissan, discípulo del químico Frémy continuó el

intento con reacciones químicas usando fluoruro de fósforo, también intentó usando la electrólisis con fluoruro de arsénico y ácido fluorhídrico, pero estos experimentos terminaron igual que los demás. Así que Moissan tomó varias medidas, redujo la temperatura a -50°C para dificultar la reacciones químicas, usó una aleación de platino e iridio en el electrodo y eliminó toda el agua de la muestra en el ácido fluorhídrico; usando la electrólisis sobre el anhídrido mezclado con fluoruro de potasio y la fluorita como aislante obtuvo finalmente el gas de flúor. En 1906, un año antes de morir, Moissan recibió el premio Nobel de química (Asimov, 1982)

4.6.2. Química del Flúor

El Flúor es un elemento de la tabla periódica cuyo símbolo es conocido como (F), con el número atómico 9. La palabra (*fluor*) nace de un neologismo tomado del latín que significa flujo. Es el elemento químico más electronegativo (3,98), puesto que posee la mayor capacidad para atraer o arrancar electrones de otros elementos. Se encuentra ubicado en el grupo VIIA de la tabla periódica, es decir que pertenece a la familia de los elementos Halógenos que significa *formadores de sales*. El Flúor contiene en su último nivel de energía 7 electrones ($[\text{He}] s^2p^5$) y por ende su nivel de valencia es -1. Se encuentra también ubicado en el periodo 2 de la tabla periódica, esto quiere decir que ocupa dos niveles de energía ($n=2$). (Lehninger, 1993)

Gracias a estas propiedades químicas el Flúor puede formar numerosos compuestos (Fluoruros), que se encuentran mayormente como Fluorita (CaF_2 - Fluoruro de Calcio), Apatito o Apatita (como $(\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F})$ -Fluorapatita), $(\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$ - Hidroxiapatita) o $(\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{Cl})$ - Clorapatita)) y Criolita (Na_3AlF_6 - HexaFluoraluminato de Sodio).

Se estima que se encuentra en la corteza terrestre un 0,065% de Flúor, se halla en todo tipo de fuentes hídricas, en el suelo, por uso doméstico e industrial del hombre e incluso en la atmósfera. Se encuentra en el mar, en los ríos, en las aguas subterráneas (dependiendo el tipo

de rocas), en las zonas volcánicas (gases, depósitos minerales y sedimentos lixiviados) y en zonas desérticas. En el suelo se incorpora en los residuos insolubles y en las rocas ígneas se encuentran pequeñas cantidades de flúor durante el estadio principal de cristalización y en concentraciones máximas en las pegmatitas (Instituto Colombiano de Geología y Minería, 2010).

Las fuentes producto de la actividad humana que aportan la mayoría de fluoruros son las industrias (metalúrgica, cerámica, cemento, fundición, ladrillos y abonos), así como las zonas agrícolas, las cremas dentales, los productos odontológicos y algunos medicamentos (amoxicilina y penicilina) (Instituto Colombiano de Geología y Minería, 2010).

4.6.3. Historia de la Fluorosis dental

En 1901 un odontólogo de Estados Unidos llamado Frederick McKay realizó sus prácticas profesionales en un pueblo de Colorado y observó que la mayoría de sus habitantes presentaban en sus dientes unas manchas marrón a las que le llamó *esmalte moteado*. Él empezó a investigar qué enfermedad tenían sus pacientes y no encontró ningún resultado, pues en la literatura de odontología y medicina no se encontraba ninguna referencia acerca de la naturaleza de la enfermedad. Por esta razón McKay empezó a realizar sus investigaciones. En esta misma época el doctor, considerado padre de la odontología Greene Vardiman Black de origen estadounidense, accedió a ir a Colorado para colaborar en la investigación. Black estuvo acompañando la investigación seis años antes de su muerte, durante este tiempo McKay y Black tuvieron dos hallazgos importantes: el primero consistía en que era una situación que ocurría en la *formación del diente*, es decir que aquellos adultos que no presentaban el *esmalte moteado* no tenían ningún riesgo de adquirirla; y el segundo consistía en que aquellos pacientes que tenían esas tinciones, *inexplicablemente*, no tenían caries. McKay sospechaba que existía un compuesto en el agua que producía el *moteado* en los dientes. Unos años más

tarde publicó los hallazgos en una revista y esta llegó a manos del químico H. V. Churchill de la Compañía Americana de Aluminio en Pensylvania, quien se puso en la tarea de analizar las muestras de agua y compararlas, encontrando Flúor en las muestras tomadas que provenían de Colorado. Churchill comunicó al odontólogo Mckay sus resultados. Tras casi treinta años de investigación Mckay por fin tenía su resultado: *el agua que contenía altos niveles de flúor ciertamente causaba la coloración del esmalte dental.* (Briseño, 2001)

A partir de esto se generaron nuevas investigaciones. Para el año 1931 el Doctor Henry Trendley Dean, jefe del Instituto Nacional de Salud de Estados Unidos y encargado de la Unidad de Higiene Dental, inició investigando la epidemiología de la Fluorosis preguntándose ¿Cuáles son los niveles de consumo de flúor antes de que la Fluorosis aparezca?, tras cinco años él y sus colaboradores tenían un resultado: *los niveles de flúor en agua potable de hasta 1.0 ppm no causaban esmalte moteado, si el flúor excedía este nivel, la fluorosis empezaba a aparecer.* (Briseño, 2001)

Estos resultados permitieron a la comunidad académica plantearse otra hipótesis: *el flúor como agente preventivo de la caries.* Así que se dio inicio con la fluoración del agua potable de la comunidad de Grand Rapids en EE. UU. Este proceso consistía en añadir Fluoruros al agua potable menores a 1.0ppm. Posteriormente se implementó la acción tópica del fluoruro en productos dentales, situación que fundamentó su utilización y masificación. Este elemento contribuye a la prevención de la caries dental ya que reduce la producción del ácido de la placa bacteriana y por lo tanto actúa como bactericida (Instituto Colombiano de Geología y Minería, 2010).

En 1977 en algunos países de Europa implementaron como vehículo del Flúor la sal. Así que a partir de los años 80 se inició la implementación de acciones de salud pública con el propósito de aportar al control de la caries. Dentro de estas acciones estaba suministrar Flúor a

través del agua, la sal, cremas dentales, enjuagues bucales y algunos elementos odontológicos (Instituto Colombiano de Geología y Minería, 2010).

Por su lado Colombia fue uno de los primeros países en utilizar elementos fluorados de forma masiva: fluoración del agua o fluoración de la sal de cocina. La federación odontológica colombiana (FOC) junto con la OMS y el ministerio de salud pública iniciaron la fluoración del agua potable en la ciudad de Girardot - Cundinamarca en el año 1953, en Bogotá y Cali en 1962, en Manizales en 1959 y en Medellín en 1969. Este programa fue suspendido en 1987 por su baja cobertura (40% de la población) para darle paso a la fluorización de la sal (Cárdenas, 2003).

La fluoración de la sal de cocina en Colombia se realizó inicialmente en Antioquia en 1989, estableciendo una concentración de 180-220 ppm según el decreto 2024 de 1989 del Ministerio de Salud, lo cual fue ratificado con el decreto 0547 de 1996 (Araujo, Martínez y Pastrana, 2013).

Además en Colombia se estableció como prioridad dentro de la vigilancia en salud y gestión del conocimiento el control de la Fluorosis dental según el Decreto 3039 del Plan Nacional de Salud Pública 2007-2010. El propósito de esto es “implementar la vigilancia centinela de la exposición a flúor y sus efectos en la salud bucal, con el fin de generar información útil, confiable y oportuna que permita ajustar las políticas existentes sobre la prevención de las caries y el control de la fluorosis dental” (Agudelo, Martínez, Madrid, Vivares y Rocha (2013).

4.6.4. ¿Qué es la Fluorosis dental?

Uno de los usos que tienen el Flúor es su aplicación en las cremas dentales, productos odontológicos, sal, leche o agua para la prevención de la caries dental. El flúor tiene efectos cariostáticos (ayuda a la prevención de la caries dental) porque participa en la remineralización

del esmalte dental que según Carrillo (2010) es el “proceso que permite que la pérdida previa (demineralización) de iones de fosfato, calcio y otros minerales, puedan ser reemplazados por los mismos u otros iones similares”, esto quiere decir que el Flúor reacciona con la $(Ca_5(PO_4)_3(OH))$ - Hidroxiapatita formando $Ca_5(PO_4)_3(F)$ -Fluorapatita. Esta última se caracteriza por aumentar la resistencia de los tejidos dentales, reduciendo la solubilidad del tejido que ha estado expuesto a un medio ácido de la placa bacteriana (Cañas, Velásquez, Zapata y Tirado, 2014), además genera pH alcalino en la cavidad oral, actuando como bactericida y bacteriostático (Montaña, 2008).

Sin embargo, el consumo excesivo (superior a 1,2 ppm según la OMS, 2003) puede producir Fluorosis dental o en los casos más graves Fluorosis esquelética. La Fluorosis dental es un daño producido en los ameloblastos (células encargadas de la formación y organización del esmalte dental) que afecta el tejido adamantinado produciendo una hipomineralización del esmalte del diente por la ingesta elevada y prolongada de flúor en el tiempo de formación del esmalte (0-6 años) (Beltrán *et al.*, 2005).

Usualmente ocurre a través del consumo de fuentes naturales como el agua o artificiales como la adición en la sal o las cremas dentales. Esta enfermedad considerada endémica se identifica al presentar lesiones que van desde manchas blancas, amarillas, marrón, hasta la ruptura, debido a que el esmalte fluorótico presenta incremento en la porosidad del diente, por lo tanto la superficie se ve expuesta a situaciones como la caries dental, las tinciones, sensibilidad y maloclusiones (Martignon y Granados, 2002).

4.6.5. Panorama de la Fluorosis dental en Colombia y el Huila

El Cuarto Estudio Nacional de Salud Bucal (ENSAB IV) realizado en el año 2014, dio a conocer el porcentaje de niños con Fluorosis dental en los diferentes departamentos de Colombia: el 8,43% menores de cinco años, el 62,15% menores de doce años y el 56,05%

menores de 15 años. El régimen subsidiado presenta las prevalencias más altas. En las zonas urbanas el porcentaje de prevalencia es de 65,15% y en las zonas rurales de 71,99%. Esto indica que la población más afectada son los niños Colombianos de estratos 1 y 2 y de las zonas rurales que se encuentran entre los 6 y 15 años. La Fluorosis dental es una enfermedad que se desarrolla en los niños pero no en los adultos, debido a su ingesta excesiva entre la edad de 0 y 6 años donde se forma el diente (Agudelo, Martínez, Madrid, Vivares y Rocha, 2013)

En el mismo estudio se considera la Fluorosis como un problema de salud pública ya que la mayor fuente de Flúor es el agua y sal, seguido de las cremas dentales y los enjuagues bucales.

En relación con lo anterior, en el 2015 el Informe Quincenal Epidemiológico Nacional (IQEN) del Instituto Nacional de Salud concluyó que existen 27,8% entidades territoriales que presentan valores de flúor superiores a los permitidos en agua y 38,9% en sal; en departamentos como: Caldas, Casanare, Cesar, Guainía, Nariño Santander, Amazonas, Antioquia, Atlántico, Bolívar, Cundinamarca, Norte de Santander, Quindío, Boyacá, Huila, Tolima y Valle del Cauca. En los resultados de la investigación afirman que estas fuentes (agua, sal) *“podrían representar un riesgo para la intoxicación crónica por flúor y deben ser intervenidas para minimizar los riesgos en la población que las consume”*

Algunas investigaciones a nivel nacional, muestran altos índices de prevalencia de la fluorosis dental, por ejemplo en la zona rural de Minca- Magdalena fue del 57.14 % (Araujo, Martínez y Pastrana, 2013), así mismo en el Agrado (Huila) se halló una prevalencia de 44,3% (Camargo, López, Jiménez y Moncada, 2006).

Para el Huila con el plan de vigilancia centinela incorporado al Sistema de Vigilancia en Salud Pública SIGIVILA del país, se identificaron 13 municipios (Campoalegre, Rivera, Aipe, Algeciras, Neiva, Hobo, Pital, Gigante, Palermo, Garzón, Pitalito, San Agustín y la

Plata) con contenidos de Flúor en las aguas de consumo (plantas de acueducto, quebradas, pozos y ríos) entre 0,5 ppm y 2,9 ppm (Niveles definidos por Dean). El municipio de Palermo presentó los valores más altos entre 2,0 ppm y 2,9ppm. Así mismo, un informe del Hospital San Francisco de Asís del centro poblado el Juncal- Palermo, reportó que hasta el 2015 el 90% de la población presenta lesiones de Fluorosis dental y el 16% presenta lesiones severas según los niveles definidos por índice de Dean.

Además se calculó el Estimado de la Ingesta Diaria de Flúor (EID) encontrando para el Huila un índice superior a 1,6 ppm, es decir muy alto de acuerdo con los parámetros de la OPS/OMS. En cuanto al consumo de Flúor en la sal los valores permitidos son hasta 220ppm y para el Municipio de Gigante se presentaron niveles de 255ppm. Hasta el año 2016, se reportaron para el Departamento del Huila 7.787 niños desde los 6 hasta los 18 años expuestos al Flúor, este resultado representa un riesgo leve y medio para la salud pública (IQEN,2015).

5. Metodología

En este apartado se especifica los aspectos metodológicos que dirigieron la investigación. En primer lugar se presenta el enfoque de investigación, las fases de investigación, la descripción de los participantes, los instrumentos y las fuentes de información que se utilizaron para analizar cómo una CSC incide en la comprensión de la Naturaleza de la Ciencia en estudiantes de grado Décimo de la Institución Educativa Cascajal-Timaná-Huila.

5.1. Enfoque de investigación

El presente trabajo se enmarcó en una investigación de perspectiva cualitativa interpretativa con enfoque descriptivo. La metodología cualitativa interpretativa busca examinar la forma en que las personas construyen la realidad. Como su trasfondo epistemológico es la hermenéutica, no se establece causalidad solo se busca interpretar; en este caso, el investigador no pretende generalizar ni usar un lenguaje científico neutral, pues los contextos sociales y culturales son distintos y complejos.

La investigación cualitativa interpretativa según Ramírez *et, al* (2004) centra su análisis en la “naturaleza cambiante y dinámica de la realidad de los sujetos” (p. 62); es decir, asume la realidad como una construcción e interacción cultural de los sujetos. Así mismo, para Hernández, Fernández y Baptista (2016) lo cualitativo permite profundidad, dispersión, riqueza y contextualización en la interpretación de los datos de la realidad que construye el sujeto. Para ello, se pretende examinar las incidencias de la CSC en la comprensión de la naturaleza de la Ciencia.

En la presente investigación los instrumentos fueron (Ver figura 5.1): el cuestionario para la contextualización, el cuestionario pre-postest, la secuencia didáctica. En la sistematización se utilizaron el método análisis del contenido para la interpretación y

descripción de las fuentes de información.

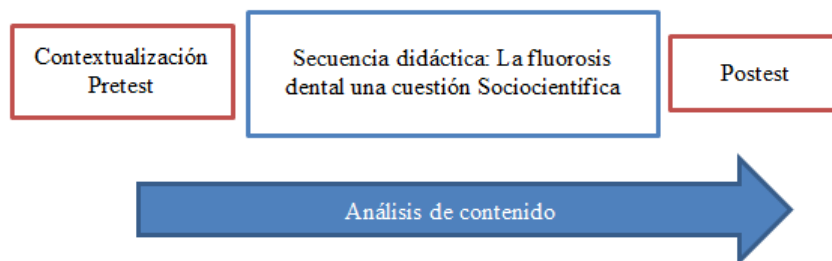


Figura 5.1: Instrumentos en la investigación cualitativa descriptiva.

5.2.Fases de investigación

En esta investigación se utilizaron las siguientes fases donde se encuentran puntos metodológicos específicos (ver figura 5.2):

1. Fase de exploración y planificación

- Búsqueda de antecedentes
- Conceptualización de las CSC, el PC, la CNdC y la Fluorosis dental
- Realización propuesta de investigación (Anteproyecto)
- Diseño y aplicación de un cuestionario para la contextualización de la población
- Diseño y validación del pretest sobre conocimientos de la CNdC
- Diseño y validación de la secuencia didáctica: Una cuestión Sociocientífica Fluorosis dental

2. Fase de recolección de información

- Aplicación del pretest sobre conocimientos de la CNdC a los estudiantes de grado Décimo de la Institución Educativa Cascajal
- Implementación de la secuencia didáctica: Una cuestión Sociocientífica Fluorosis dental a los estudiantes de grado Décimo de la Institución Educativa Cascajal

- Aplicación del postest sobre conocimientos de la CNdC a los estudiantes de grado Décimo de la Institución Educativa Cascajal

3. Fase análisis y divulgación

- Sistematización y categorización de la información recopilada
- Análisis de la aplicación pre-postest
- Evaluación y análisis de la cuestión Sociocientífica: Fluorosis dental para promover la CNdC
- Elaboración del informe final y del artículo científico

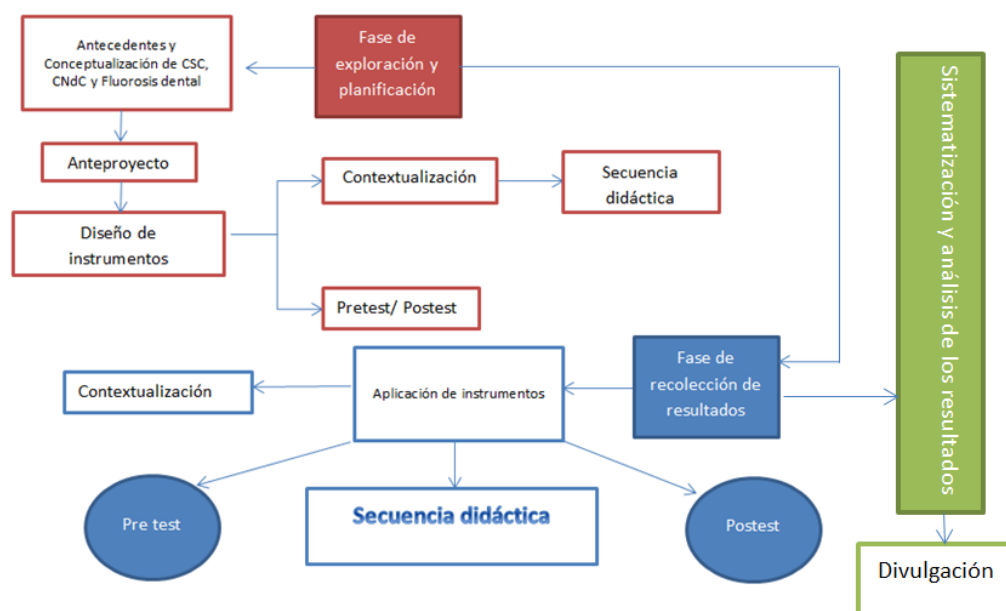


Figura 5.2: Fases de la investigación “una cuestión Sociocientífica para promover la comprensión de la naturaleza de la ciencia”

5.3.Participantes y contexto del estudio

En cuanto a la población cabe destacar que el grupo de estudiantes pertenece al grado Décimo de la Institución Educativa Cascajal, de carácter oficial del Departamento del Huila, ubicado en el Municipio de Timaná- vereda Cascajal. Se eligió esta población por su ubicación, contexto hidrográfico y prevalencia de Fluorosis dental.

Esta vereda se encuentra sobre las derivaciones de la serranía de la Ceja, al sur del Municipio de Timaná a una distancia de 8Km del casco urbano y a 12Km de Pitalito. Cascajal posee un clima con una temperatura entre los 18 y 24°C. Su principal cuenca hidrográfica es el río Timaná, son tributarias de este río las quebradas Tobo, Piragua, Gullumbo, las Vueltas, La Cascajosa, corrientes de agua que según estudios realizados están contaminadas con aguas residuales, basuras, desechos de pulpa de café provenientes de diferentes viviendas que se encuentran ubicadas cerca a sus riveras. Cuentan desde 1970 con acueducto. Actualmente la vereda cuenta con una población aproximadamente de 850 habitantes de los cuales un 40% son nativos y los restantes producto de inmigrantes de distintos departamentos del país (Tolima, Caquetá, Nariño, Cauca) (Institución Educativa Cascajal PEI, 2010). Se ha reportado en estos dos Municipios Timaná y Pitalito niveles leve y muy leve de Fluorosis dental (Boletín Epidemiológico Mensual Huila, 2019)

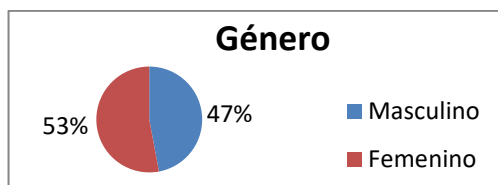
Se eligió grado Décimo por la intensidad horaria que tiene el área de Química en este nivel (3 horas semanales), ya que la presente investigación tiene mayor contenido en el área de Química y Bioquímica.

Para la contextualización de los participantes se diseñó un cuestionario (ver anexo 1) con las siguientes preguntas:

- Nombre
- Edad
- Género
- Lugar de residencia
- Estrato socioeconómico
- Municipio
- Localidad o vereda
- Núcleo familiar compuesto por:
 - ¿Trabajas? ¿Dónde?
 - ¿Qué te gusta hacer en el tiempo libre?
 - ¿En tu hogar tienen acceso a agua potable?
- ¿En tu hogar tienen acceso a servicios de salud?
- ¿Tienes alguna discapacidad física o cognitiva?
- Al terminar el colegio ¿Cuáles son tus planes?
- ¿Cuáles son las actividades económicas de tu núcleo familiar?
- ¿Qué tipo de actividades te gustan más en la clase de Ciencias Naturales?
- ¿Crees que el área de Ciencias Naturales contribuye a tu futuro? ¿Por qué?

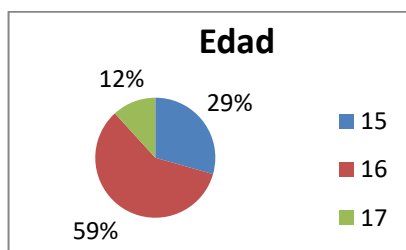
Se aplicó el cuestionario y se organizaron los datos recolectados encontrando que:

El grado Décimo de la Institución Educativa Cascajal estuvo conformado al inicio por 17 estudiantes, pero durante las sesiones ingresó un nuevo estudiante, lastimosamente al finalizar las sesiones un estudiante se retiró y nuevamente quedaron 17 estudiantes. Aun así la mayor parte del tiempo el grupo estuvo conformado por 18 estudiantes, 8 mujeres y 9 hombres; que corresponden al 47% y 53% respectivamente.



Gráfica de género de estudiantes de grado Décimo IE Cascajal

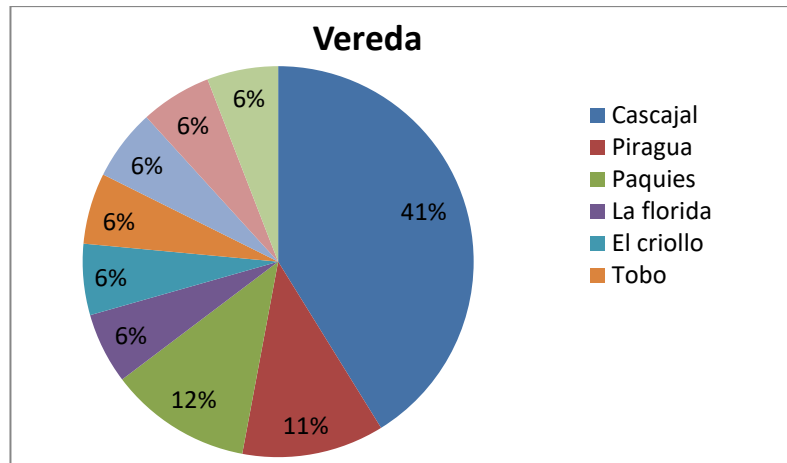
Además que las edades de los estudiantes oscilan entre los 15 y 17 años, el 29% de los y las estudiantes tienen 15 años, el 59% tienen 16 años y el 12% tienen 17 años.



Gráfica de edad de estudiantes grado Décimo IE Cascajal

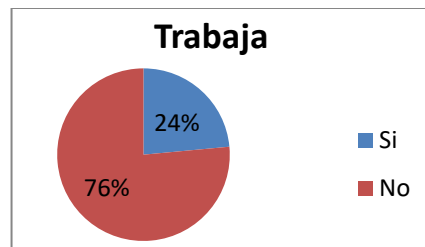
En términos socioeconómicos todos provienen de estrato 1.

Todos viven en zona rural, en su mayoría en la vereda Cascajal, y otros en veredas como Piragua, Paquies, La florida, El criollo, Tobo, entre otras. Uno de ellos vive en una vereda de Pitalito denominada Regueros, que según los datos del Ministerio de Interior su mayoría de habitantes pertenecen a un cabildo indígena.



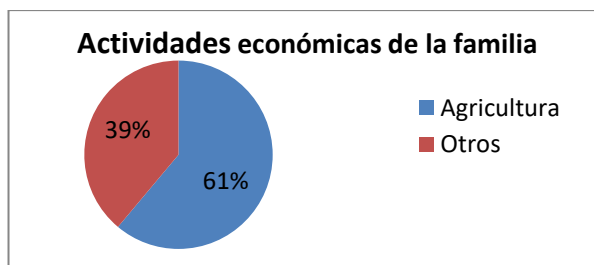
Gráfica de lugar de residencia de estudiantes de grado Décimo de IE Cascajal

El 24% de los y las estudiantes de grado décimo de la IE Cascajal dicen tener un trabajo del cual reciben remuneración, todos afirman que la actividad laboral que realizan es recoger café en la finca de algún familiar o vecino, además manifiestan que el trabajo lo realizan en horario complementario al escolar, pero muchas veces cuando es tiempo de cosecha deben faltar a clases para cumplir con su oficio.



Gráfica de trabajo

En cuanto a las actividades económicas de la familia, cabe resaltar que la mayoría de las familias de grado Décimo de la IE Cascajal tienen como principal recurso económico la agricultura, otros mencionaron sastrería, carpintería y cocinería. Es necesario mencionar que la vereda Cascajal tiene gran variedad de cultivos y vegetación, su principal producto agrícola es el café.

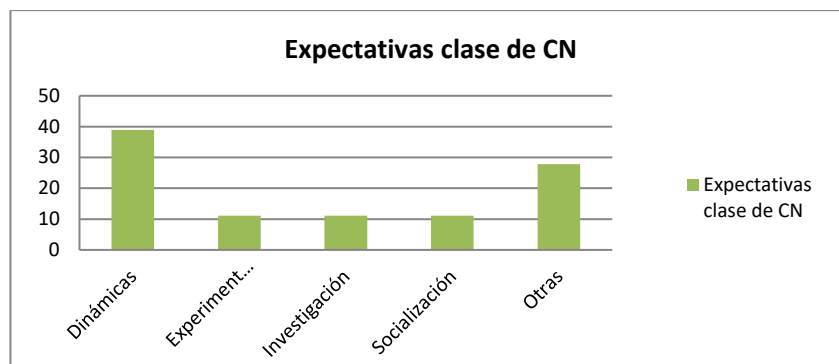


Gráfica de actividades económicas de las familias de grado Décimo de la IE Cascajal

Los planes a futuro de los y las estudiantes de la IE Cascajal, son principalmente estudiar en el SENA alguna carrera técnica o tecnológica, algunos piensan en ir a la Universidad Surcolombiana a estudiar carreras como administración de empresas, ingeniería de sistemas, contaduría pública y psicología. En general, todos los y las estudiantes de la IE Cascajal afirman querer seguir el camino de la academia.

Con respecto al acceso al agua potable, dos estudiantes afirman no tener acceso, los demás cuentan con la potabilización del agua. Todos cuentan con acceso a salud y afirman estar en el régimen subsidiado. Además, ninguno mencionó tener alguna discapacidad física o mental.

Adicional a esto, se les preguntó a los estudiantes qué tipo de actividades gustaban más en la clase de Ciencias Naturales, a lo que afirman en su mayoría que las clases sean dinámicas, tengan socializaciones, experimentos, investigaciones y uso de problemáticas llamativas. Algunas de estas se muestran en el gráfico de expectativas de la clase de Ciencias Naturales:



Gráfica de expectativas para la clase de Ciencias Naturales de los estudiantes de grado décimo de la IE Cascajal

Por último se indagó sobre la importancia de la clase de Ciencias Naturales en sus proyectos de vida, todos los y las estudiantes respondieron que si era importante para su proyecto de vida. Al analizar el por qué encontramos varias razones: porque ayuda a solucionar problemáticas de la vida cotidiana, porque ayuda a entender la naturaleza y lo que nos rodea, para aprender hacer trabajos científicos y para reforzar conocimientos para la carrera que quieren estudiar.

De tal manera que los 18 estudiantes que integran el grado Décimo de la IE Cascajal estuvieron abiertamente de acuerdo en participar de la presente investigación; para esto, ellos junto a sus respectivos acudientes firmaron un formato de consentimiento informado (Ver anexo 2).

5.4.Instrumentos

Para la investigación se utilizaron los siguientes instrumentos: un cuestionario para la contextualización de la población, un pre/postest y el diseño de una secuencia didáctica.

- A continuación se describe cada una de estos:

Los parámetros para la elaboración del cuestionario para la contextualización ya fueron mencionados en el apartado anterior (*participantes y contexto del estudio*).

5.4.1. Pretest y Postest

Para identificar las concepciones sobre la Naturaleza de la Ciencia y la Fluorosis dental se realizó un pre-postest en forma de *cuestionario* que fue aplicado al inicio de la fase de recolección de resultados y al finalizar. Se contrastaron ambos resultados para analizar cómo una cuestión Sociocientífica (Fluorosis dental) promueve la comprensión de la naturaleza de la Ciencia. El cuestionario fue validado por expertos teniendo en cuenta los requisitos que según Hernández, Fernández y Baptista (2016) deben tener: *confiabilidad, validez y objetividad*. Para la construcción del instrumento se utilizaron las fases que proponen Hernández, Fernández y Baptista (2016).

Se eligió el cuestionario como instrumento para recolectar la información porque según Páramo y Arango (2008) permite recolectar gran cantidad de datos sobre las actitudes, intereses, opiniones, conocimientos y concepciones que tienen los estudiantes. Desde esta perspectiva se eligió realizarlo con preguntas abiertas ya que según Hernández, Fernández y Baptista (2016) proporcionan información más amplia y no delimitan las alternativas de respuestas del sujeto.

Las categorías de la comprensión de la Naturaleza de la Ciencia que se utilizaron en el pre/postest a través de la Cuestión Sociocientífica: Fluorosis dental son:

| Categoría | Descripción |
|---|---|
| Relación CTSA | Comprender la relación Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente desde la multidireccionalidad. Con todas las implicaciones de creencias culturales, intereses personales, del contexto y políticos. Asumir la existencia de problemáticas Sociocientíficas (controversias sociales que tienen su base en nociones científicas). |
| Naturaleza del conocimiento científico | Asumir la ciencia como un conocimiento falible y provisional con carácter dinámico y evolutivo. Comprender el progreso del conocimiento científico. |
| Imagen de Científico(a) | Comprender la ciencia como actividad humana. Valorar las características y particularidades de las científicas y los científicos. |
| Construcción del conocimiento | Comprender que la construcción de conocimiento se fundamenta en una variedad de métodos y experiencias de inferencias y del intelecto, pero también de la imaginación y la creatividad. Comprender el papel, las características sociales y las dinámicas multidimensionales de la comunidad científica. |

Tabla 5.1: Categorías de análisis sobre la Naturaleza de la Ciencia en la incidencia de

una CSC

Cabe aclarar que el pretest y postest se realizó a los estudiantes de grado Décimo de la Institución Educativa Cascajal de Timaná-Huila, al comienzo de la fase de recolección de resultados y al finalizarla.

Esto quiere decir que para el diseño del cuestionario se tuvo en cuenta las categorías de investigación anteriormente descritas, las fases para la construcción de este instrumento, la contextualización de los participantes y la cuestión Sociocientífica.

Se eligió construir un cuestionario nuevo, puesto que las variables de la investigación (categorías) no coinciden exactamente con otras ya planteadas y porque no se han realizado cuestionarios para conocer la comprensión de la naturaleza de la Ciencia utilizando una Cuestión Sociocientífica como la Fluorosis dental. Para esto se elaboraron tres situaciones, la primera es acerca de la historia de la fluorosis dental, la segunda la fluorosis dental y la tercera el panorama de la fluorosis dental (Ver anexo 3). A partir de estas situaciones y usando las categorías de investigación se diseñaron inicialmente 10 preguntas. Para la categoría *Imagen de científica(o)* se construyeron dos preguntas, para la categoría de *Construcción del conocimiento* se diseñaron dos preguntas, para la categoría *Naturaleza del conocimiento científico* se construyeron dos preguntas y para la categoría *Relación CTSA* se elaboraron cuatro preguntas. A continuación se relacionan las preguntas con cada categoría de investigación:

| PREGUNTA | CATEGORÍA |
|---|--|
| 1. ¿Consideras que todos los personajes nombrados hasta ahora son científicos? ¿Por qué? | Imagen de Científico |
| 2. ¿Cómo crees que los científicos “elaboran” la ciencia? | Construcción del conocimiento |
| 3. ¿Qué proceso crees que se sigue en ciencia para que se acepte un nuevo conocimiento científico o se rechace el anterior? | Naturaleza del conocimiento científico |
| 4. ¿Qué crees que hizo el Doctor Henry Trendley Dean para llegar a la conclusión que llegó? | Construcción del conocimiento |
| 5. ¿Qué entiendes por Ciencia? | Naturaleza del |

| | conocimiento científico |
|---|-------------------------|
| 6. ¿Consideras que la situación anterior puede ser objeto de estudio de las ciencias? ¿Por qué? | Relación CTSA |
| 7. ¿Estás de acuerdo con la afirmación anterior? ¿Cuál ha sido el impacto de las de la Fluoración del agua y la sal en la sociedad y el ambiente? | Relación CTSA |
| 8. ¿Consideras que el aumento de la fluorosis dental en Colombia se deba a las decisiones políticas? | Relación CTSA |
| 9. Según las situaciones descritas ¿Cuál crees que deba ser el papel del científico con la sociedad y el ambiente? | Imagen de científico |
| 10. ¿Qué factores crees que han influido en la evolución del conocimiento acerca de la fluorosis dental? | Relación CTSA |

Tabla 5.2: Preguntas diseñadas para el pre-postest según las categorías de investigación

Validación del pre-postest

Se procedió a la validación del instrumento con el ánimo de evaluar la objetividad y validez. Para esta fase de construcción del cuestionario se tuvo en cuenta el perfil y trayectoria en investigación de cada uno de los expertos. A continuación se relata el perfil y la trayectoria de los maestros que participaron en la validación del cuestionario:

Se escogieron a tres maestros: Uno de ellos, Magister en Ciencias Ambientales, con trayectoria en investigación en Didáctica de las Ciencias y docente de la Universidad Surcolombiana y la Uniminuto de Neiva. Otro maestro, Magister en Educación, con trayectoria en investigación en Educación y docente, líder investigador de la Uniminuto de Neiva. Y una maestra, Maestrante en Educación, con trayectoria en investigación en Educación y docente de Lectura Crítica.

Para la validación del cuestionario se elaboró una matriz (Ver anexo 4), donde ellos debían exponer sus apreciaciones acerca de la pertinencia para la categoría establecida, las características de la pregunta respecto a su objetividad y validez para indagar las concepciones, la claridad de la proposición, el lenguaje utilizado y la redacción empleada.

A continuación se detallaran las apreciaciones y sugerencias de cada uno de los expertos con respecto al cuestionario:

El experto 1 afirmó que todas las preguntas cumplían con los parámetros acordados.

Pero sugirió colocar más preguntas relacionadas con conceptos químicos implícitos en la situación (por ejemplo: por qué aparecen las manchas marrón en los habitantes).

El experto 2 afirmó que la pregunta 2 *¿Cómo crees que los científicos “elaboran” la ciencia?* no indaga claramente las concepciones del estudiante, además que la pregunta 4 *¿Qué crees que hizo el Doctor Henry Trendley Dean para llegar a la conclusión que llegó?* Es pertinente para medir la categoría pero puede generar confusión en los estudiantes, al hacerlos creer que se pregunta sobre acciones puntuales y específicas más no sobre el concepto de construcción de ciencia. Con respecto a la pregunta 7 *¿Estás de acuerdo con la afirmación anterior? ¿Cuál ha sido el impacto de las de la Fluoración del agua y la sal en la sociedad y el ambiente?* La consideró pertinente pero se debía aclarar *¿Estás de acuerdo con la afirmación anterior? ¿Por qué?* y está sería una pregunta, así que se deberían formular a partir de esto dos preguntas; con respecto a la segunda, afirma que podría ser más puntual al preguntar por la fluoración del agua y la sal en el Huila, esto con el ánimo de relacionar con el contexto. Por último, sugiere que *el instrumento presenta una correlación muy alta respecto a la presentación y estructuración de las preguntas y las categorías de las que hacen parte, juntas permiten comprender concepciones básicas en relación a la naturaleza de las ciencias para el contexto específico que pretenden abordar; los comentarios en cada una corresponden a sugerencias que permitan aportar a la identificación más específica del objeto de la prueba.*

La experta 3 afirmó que todas las preguntas cumplían con los parámetros acordados, pero ella hizo sugerencias en cuanto a la redacción, signos de puntuación en las situaciones y organización de la prueba. Con respecto a la pregunta 7 *¿Cuál ha sido el impacto de las de la Fluoración del agua y la sal en la sociedad y el ambiente?* Sugirió quitar la palabra “de las” puesto que se repetía.

Luego de la validación del cuestionario se realizó una prueba piloto con tres

estudiantes de una Institución Educativa de Carácter oficial Rural del Departamento del Huila, encontrando que debían separar la pregunta 7 en dos preguntas, puesto que si se formulaba así generaba confusión en los estudiantes.

Para la elaboración de la versión final se tuvo en cuenta los aportes de la validación y la prueba piloto.

A partir de estos aportes y usando las categorías de investigación el cuestionario final tiene 13 preguntas. Para la categoría *Imagen de científica(o)* dos preguntas, para la categoría de *Construcción del conocimiento* tres preguntas, para la categoría *Naturaleza del conocimiento científico* cuatro preguntas y para la categoría *Relación CTSA* cuatro preguntas.

A continuación se relacionan las preguntas finales con cada categoría de investigación:

| # | PREGUNTA | CATEGORÍA |
|----|--|--|
| 1 | ¿Consideras que todos los personajes nombrados hasta ahora son científicos? ¿Por qué? | Imagen de Científica (o) |
| 2 | ¿Cómo estos personajes “elaboraron” la ciencia? | Construcción del conocimiento |
| 3 | ¿Qué proceso se sigue en ciencia para que se acepte un nuevo conocimiento científico o se rechace el anterior? | Construcción del conocimiento |
| 4 | ¿Qué hizo el Doctor Henry Trendley Dean para llegar a la conclusión que llegó? | Construcción del conocimiento |
| 5 | Según la situación descrita de la Fluorosis dental. ¿Qué entiendes por Ciencia? | Naturaleza del conocimiento científico |
| 6 | ¿Consideras que la situación anterior puede ser objeto de estudio de las ciencias? ¿Por qué? | Relación CTSA |
| 7 | ¿Consideras que la enfermedad dental descrita es causada por alteraciones genéticas y/o ambientales y/u otras? ¿Por qué? | Naturaleza del conocimiento científico |
| 8 | ¿Por qué las personas que están expuestas a consumos excesivos y prolongados de Flúor pueden generar esas lesiones en sus dientes (manchas amarillas, marrones, hasta la ruptura)? | Naturaleza del conocimiento científico |
| 9 | ¿Qué proceso químico le sucede a sus dientes? | Naturaleza del conocimiento científico |
| 10 | ¿Cuál ha sido el impacto de la Fluoración de la sal en el Huila? | Relación CTSA |
| 11 | ¿Qué instituciones o personas están involucrados en el aumento de la Fluorosis dental en Colombia? | Relación CTSA |
| 12 | Según las situaciones descritas ¿Cuál debe ser el papel del científico con la sociedad y el ambiente? | Imagen de científica (o) |
| 13 | ¿Qué factores han influido en la evolución del conocimiento acerca de la fluorosis dental? | Relación CTSA |

Tabla 5.3: Preguntas construidas para el pre-postest según las categorías de

investigación

5.4.2. Secuencia didáctica

Las secuencias didácticas se caracterizan según Díaz-Barriga (2013) porque se basan en situaciones reales o interrogantes que le dan sentido al acto de aprender. En este caso las Cuestiones Sociocientíficas CSC se caracterizan por ser situaciones de la vida real, complejas, abiertas que generan controversia y motivación para los estudiantes; tienen un carácter controversial que no tienen una única solución, más bien son objeto de múltiples posturas y soluciones (Díaz y Jiménez, 2012). En este sentido una controversia que puede ejemplificar las situaciones Sociocientíficas es la Fluorosis dental, es una controversia Científica con implicaciones sociales que no tiene una única solución que genera debate y a la vez motiva a los estudiantes por cuanto es una situación de su vida real.

La secuencia didáctica la Fluorosis dental: Una cuestión Sociocientífica tiene como propósito promover la comprensión de la naturaleza de la ciencia y las categorías a abordar en esta son: Relación CTSA, Naturaleza del conocimiento científico, Imagen de Científico(a) y Construcción de conocimiento.

Díaz-Barriga (2013) también expone que las secuencias didácticas son una organización de situaciones de aprendizaje del plan curricular que se articulan progresivamente con un grado de complejidad creciente (apertura, desarrollo y cierre).

Así que la secuencia didáctica “Fluorosis dental: Una cuestión Sociocientífica” se diseñó para ser implementada con estudiantes de grado Décimo. Teniendo en cuenta además, los Estándares básicos de competencias en Ciencias Naturales (2006) que para el grado Décimo del área de Química y su relación con el enfoque CTS, estos son: *“Relaciono la estructura de las moléculas orgánicas e inorgánicas con sus propiedades físicas y químicas y su capacidad de cambio químico”* e *“Identifico aplicaciones de diferentes modelos biológicos,*

químicos y físicos en procesos industriales y en el desarrollo tecnológico; análisis críticamente las implicaciones de sus usos”.

Los conocimientos específicos relacionados a estos estándares y a la secuencia didáctica serían: *“Uso la tabla periódica para determinar propiedades físicas y químicas de los elementos”, “Realizo cálculos cuantitativos en cambios químicos”, “Explico algunos cambios químicos que ocurren en el ser humano. Explico cambios químicos en la cocina, la industria y el ambiente”.*

En resumen los contenidos según el MEN de la secuencia didáctica serían:

| Conocimientos específicos según estándares | Temáticas | Habilidades | Actitudes |
|--|---|---|--|
| Uso la tabla periódica para determinar propiedades físicas y químicas de los elementos Realizo cálculos cuantitativos en cambios químicos Explico algunos cambios químicos que ocurren en el ser humano Explico cambios químicos en la cocina, la industria y el ambiente | Tabla periódica Electronegatividad, estado de oxidación, tipos de enlace Reacciones químicas: Hidroxiapatita, Fluorapatita Bioquímica de la formación del diente Concentraciones: ppm, ppb, %m/m, %m/v, %v/v Bioacumulación | Indagación Exploración Explicación Argumentación Toma de decisiones Comprender la ciencia como una actividad social Valoración de juicios éticos Método científico: planteamiento de problema, hipótesis, métodos, conclusiones Interpretación de textos y de datos Inferencias Habilidades orales y escritas | Cuestionar la ciencia Responsabilidad higiene personal Responsabilidad social Respeto por el otro Tolerancia Valoración de juicios éticos Trabajo en equipo Colaboración |

Tabla 5.4: Contenidos de la secuencia didáctica según el MEN

Por consiguiente, para el diseño de la secuencia didáctica se utilizó la contextualización de los participantes, la caracterización de las concepciones de los estudiantes acerca de la Comprensión de la Naturaleza de la Ciencia, los referentes teóricos relacionados con el diseño didáctico (*secuencia didáctica, cuestiones Sociocientíficas, instrumentos para abordar cuestiones Sociocientíficas y estándares del Ministerio de Educación Nacional MEN*) y las categorías de investigación mencionados anteriormente.

Cada sesión explica el propósito, los recursos, el tiempo estimado para su implementación y la descripción de cada una de las actividades. Algunas actividades se realizaron en grupos, puesto que la conformación de grupos puede fortalecer las habilidades comunicativas y promover algunas de las habilidades de pensamiento crítico.

Cabe aclarar que el diseño de la secuencia didáctica tiene dos momentos, uno inicial que es el que propone el investigador con los elementos mencionados anteriormente y otro momento: el durante, que es cuando los estudiantes intervienen en la construcción, esto último será mencionado y sistematizado en la aplicación de la secuencia didáctica.

Validación de la secuencia didáctica

Para la validación de la secuencia didáctica se contó con la colaboración de un profesor, Doctor en Didáctica de las Ciencias experimentales, docente de la Universidad Surcolombiana con amplia trayectoria en investigación en Didáctica de las Ciencias Naturales. Él afirmó que las actividades eran acordes a los fines de la investigación, hizo sugerencias entorno a la estructura del documento: el título debería ser más llamativo y en diseñar el espacio para que los estudiantes pudieran responder las actividades; además recomendó incluir actividades más dinámicas con los estudiantes (video clips de cine, arte, caricaturas, comic, salidas de campo). Debido a que la secuencia contiene muchas actividades de tipo pregunta-respuesta.

Con respecto a las sugerencias del Doctor, se realizaron ajustes en las actividades: se pusieron títulos más llamativos, se incluyeron espacios para que los estudiantes pudieran resolver las actividades y además se incluyeron dos actividades: la elaboración de personificación del Flúor y la elaboración de historietas para la historia de la Fluorosis dental. Se organizaron las actividades de manera que se involucrarán más a los estudiantes en el planteamiento de preguntas, de hipótesis y de posibles procedimientos.

A continuación se relacionan en la tabla 9 las 7 sesiones diseñadas con sus respectivas actividades, las categorías a trabajar de la comprensión de la naturaleza de la ciencia y los contenidos conceptuales de los estándares de Química del grado décimo. Además se detalla el tiempo estimado para la implementación de las diferentes sesiones. Por cuestiones de extensión la secuencia didáctica se adjunta como Anexo 5.

| SECUENCIA DIDÁCTICA FLUOROSIS DENTAL: UNA CUESTIÓN SOCIOCIENTÍFICA | | | |
|--|---|---|--|
| Estándares: | | | |
| <i>“Relaciono la estructura de las moléculas orgánicas e inorgánicas con sus propiedades físicas y químicas y su capacidad de cambio químico”</i> | | | |
| <i>“Identifico aplicaciones de diferentes modelos biológicos, químicos y físicos en procesos industriales y en el desarrollo tecnológico; analizo críticamente las implicaciones de sus usos”.</i> | | | |
| Sesión | Actividad | Categoría de la Naturaleza de la Ciencia | Contenido conceptual según estándares |
| 1. TRAS LAS HUELLAS DEL FLÚOR TIEMPO: 4 horas | Actividad 1: El electrón Zurdo- Isaac Asimov: Morir en el laboratorio | -Relación CTSA -Naturaleza del conocimiento científico -Construcción del conocimiento | Explico cambios químicos en la cocina, la industria y el ambiente |
| | Actividad 2: Vídeo Historia del Flúor- Javier Santaolalla-Date un voltio | | |
| 2. EL OMNÍVORO DE LA TABLA PERIÓDICA TIEMPO: 8 horas | Actividad 1: Situación problematizadora: “Elemento químico que baila” | -Construcción del conocimiento -Imagen de Científico | Uso la tabla periódica para determinar propiedades físicas y químicas de los elementos Explico algunos cambios químicos que ocurren en el ser humano. |
| | Actividad 2: Práctica de laboratorio “El daño de los dientes” | | |
| | Actividad 3: La Química del Flúor | | |
| | Actividad 4: Personificación del flúor | | |
| 3. EL LABERINTO DEL FLÚOR TIEMPO: 10 horas | Actividad 1: Check-In de la fluorosis dental | -Imagen de Científico -Relación CTSA -Construcción del conocimiento | Explico cambios químicos en la cocina, la industria y el ambiente |
| | Actividad 2: Retro creatividad | | |
| | Actividad 3: El radar de las noticias | | |
| | Actividad 4: Panorama de la fluorosis dental en Colombia: Aquí, allí, y en todas partes | | |
| | Actividad 5: Juego de Roles | | |
| 4. LA BIOQUÍMICA DE LA FLUOROSIS DENTAL TIEMPO: 4 horas | Actividad 1: ¿Cómo se forman mis dientes? | -Construcción del conocimiento | Realizo cálculos cuantitativos en cambios químicos |
| | Actividad 2: Nos preparamos para una entrevista | | |
| 5. ENTRE LÍNEAS Y ENTRELÍNEAS TIEMPO: 4 horas | Actividad 1: Tenemos un invitado | -Imagen de Científico -Relación CTSA | Explico algunos cambios químicos que ocurren en el ser humano |
| | Actividad 2: Situación Problematizadora: “Suma Social” | | |
| 6. REFLEXIONEMOS Y PENSEMOS EN | Actividad 1: Argumento mi posición | -Relación CTSA | Explico algunos cambios químicos que |

| | | | |
|--|---------------------------------|---|--|
| NUESTRA COMUNIDAD TIEMPO: 2 horas | | | ocurren en el ser humano |
| 7. FORO "FLUOROSIS DENTAL EN EL HUILA" TIEMPO: 5 horas | Actividad 1: Foro con comunidad | -Construcción de conocimiento -Relación CTSA -Naturaleza del conocimiento | Explico cambios químicos en la cocina, la industria y el ambiente. Explico algunos cambios químicos que ocurren en el ser humano. |

Tabla 5.5: Sesiones y actividades, categorías y contenidos de la secuencia didáctica.

5.4.3. Sistematización de la información

Para la sistematización de los resultados se utilizó el método de análisis del contenido utilizando la herramienta digital Atlas.ti 7. Para mencionar a los participantes en los resultados se utilizan códigos que permiten asegurar su anonimato. El desarrollo de la secuencia didáctica se realizó en la mayoría de actividades en grupos. Se establecieron 6 grupos, organizados a voluntad de los participantes.

Para la sistematización del pre test, la secuencia didáctica y el postest, se asignó un código a cada participante y a cada grupo conformado. Es necesario mencionar que para el pre y el postest participaron 17 estudiantes y durante las sesiones 18 estudiantes. Esto debido a que al inicio asistieron 17 estudiantes y a la segunda semana de la intervención didáctica llegó un estudiante nuevo, pero al finalizar las sesiones un estudiante se retiró. A continuación se relacionan los códigos:

| GRUPO | G1 | G2 | G3 | G4 | G5 | G6 |
|--------------|-----------|------------|-----------|------------|---------------|--------|
| PARTICIPANTE | E3,E16,E8 | E18,E6,E10 | E15,E2,E1 | E5,E14,E13 | E11,E4,E9,E17 | E7,E12 |

Tabla 5.6: Distribución de participantes por grupos de trabajo

Para la investigación se tuvo en cuenta diversas fuentes de información que fueron sistematizadas y analizadas. En la tabla 11 se evidencia las fuentes que se utilizaron y la codificación que se asignó para cada actividad:

| Momento | Fuente | Material | Código |
|--|--|--|----------------------------------|
| Inicial | Pretest- Cuestionario | 17 cuestionarios | CI: Cuestionario inicial |
| Durante 8 sesiones - 17 actividades. Cada actividad corresponde a 2 horas de trabajo. | Sesión 1 | | |
| | Actividad 1: El electrón Zurdo- Isaac Asimov: Morir en el laboratorio | 6 cuestionarios 1 videograbación | S1A1: Sesión1-Actividad 1 |
| | Actividad 2: Vídeo Historia del Flúor- Javier Santaolalla-Date un voltio | 6 cuestionarios | S1A2: Sesión1-Actividad 2 |
| | Sesión 2 | | |
| | Actividad 1: Situación problematizadora: “Elemento químico que baila” | 6 cuestionarios | S2A1: Sesión2-Actividad 1 |
| | Actividad 2: Práctica de laboratorio “El daño de los dientes” | 6 informes de laboratorio | S2A2: Sesión2-Actividad 2 |
| | Actividad 3: La Química del Flúor | 6 cuestionarios | S2A3: Sesión2-Actividad 3 |
| | Actividad 4: Personificación del flúor | 5 dibujos | S2A4: Sesión2-Actividad 4 |
| | Sesión 3 | | |
| | Actividad 1: Check-In de la fluorosis dental | 6 cuestionarios | S3A1: Sesión3-Actividad 1 |
| | Actividad 2: Retro creatividad | 6 historietas | S3A2: Sesión3-Actividad 2 |
| | Actividad 3: El radar de las noticias | 11 preguntas | S3A3: Sesión3-Actividad 3 |
| | Actividad 4: Panorama de la fluorosis dental en Colombia: Aquí, allí, y en todas partes | 1 videograbación | S3A4: Sesión3-Actividad 4 |
| | Actividad 5: Juego de Roles | 15 posiciones para el juego de roles 1 videograbación | S3A5: Sesión3-Actividad 5 |
| | Sesión 4 | | |
| | Actividad 1: ¿Cómo se forman mis dientes? | 1 videograbación | S4A1: Sesión4-Actividad 1 |
| | Actividad 2: Nos preparamos para una entrevista | 6 propuestas de preguntas para la entrevista | S4A2: Sesión4-Actividad 2 |
| | Sesión 5 | | |
| | Actividad 1: Tenemos un invitado | 1 videograbación 1 relatoría | S5A1: Sesión5-Actividad 1 |
| | Actividad 2: Situación Problematizadora: “Suma Social” | 18 cuestionarios | S5A2: Sesión5-Actividad 2 |
| Sesión 6 | | | |
| Actividad 1: Argumento mi posición | 18 posiciones para el debate | S6A1: Sesión6-Actividad 1 | |
| Sesión 7 | | | |
| Actividad 1: Foro con comunidad | 1 videograbación 1 diapositivas en PPT | S7A1: Sesión1-Actividad 1 | |
| Final | Postest- Cuestionario | 17 cuestionarios | CF: Cuestionario final |

Tabla 5.7: Fuentes de información

6. Resultados y Análisis

A continuación se presentan los resultados del estudio teniendo en cuenta las fases de investigación planteadas en la metodología y que corresponden a los resultados. Primero los resultados y análisis del pretest donde se presentan las concepciones de los estudiantes según las categorías de investigación; segundo, los resultados y análisis de la intervención didáctica donde se presentan las progresiones de las concepciones de los estudiantes en cada sesión, relacionadas con la secuencia didáctica (Fluorosis dental: Una cuestión Sociocientífica). Y por último se presentan los resultados y análisis del posttest, comparados con el pretest; estos dan cuenta de la incidencia de la CSC: Fluorosis dental en la comprensión de la Naturaleza de la Ciencia.

6.1. Presentación y análisis de los resultados del pretest sobre la CNdC

Para sistematizar los resultados de la aplicación del pretest sobre la Comprensión de la Naturaleza de la Ciencia se organizó según las categorías de investigación: *Imagen de científica(o)*, *Construcción del conocimiento*, *Naturaleza del conocimiento científico* y *Relación CTSA*.

6.1.1. Concepciones acerca de Imagen de Científica(o)

Esta categoría aborda aspectos relacionados con comprender la ciencia como actividad humana. Valorar las características y particularidades de las científicas y los científicos. Con relación a esta categoría, se utilizaron dos preguntas para identificar las concepciones iniciales de los estudiantes que corresponden a: *¿Consideras que todos los personajes nombrados hasta ahora son científicos? ¿Por qué?* y *¿Cuál debe ser el papel del científico con la sociedad y el ambiente?* Para la primera pregunta se encontraron 7 subcategorías y para la segunda subcategoría 6 subcategorías.

Primera pregunta ¿Consideras que todos los personajes nombrados hasta ahora son

científicos? ¿Por qué?

Los participantes conciben que los personajes nombrados son científicos porque buscan respuesta a las inquietudes, realizan investigaciones, aportan información a un campo, descubren algo, tienen un conocimiento en una determinada área o mencionan que un científico no puede ser un odontólogo (Figura 6.1).

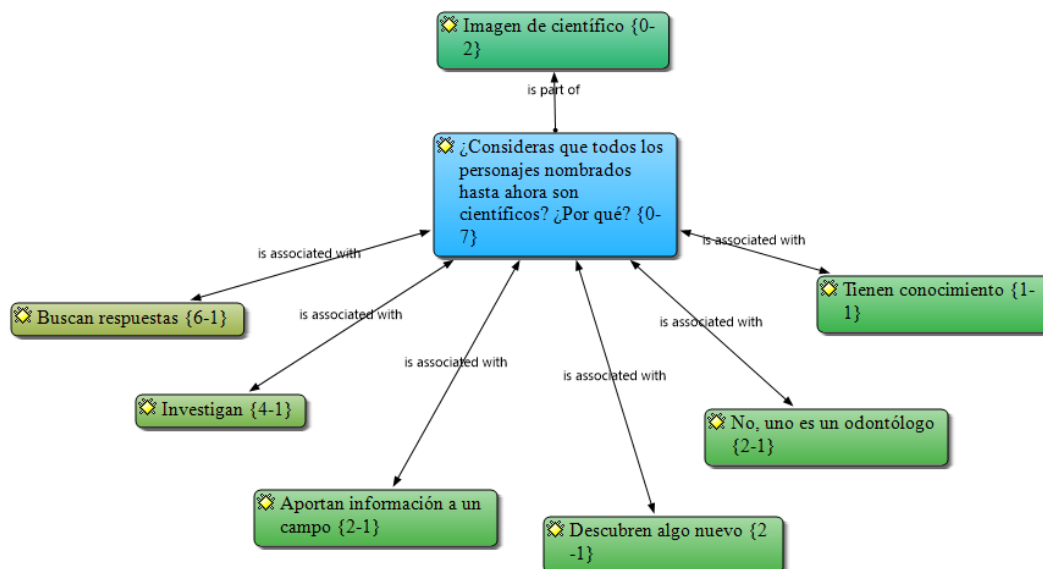


Figura 6.1: Subcategorías de la primera pregunta de Imagen de científico

A continuación se describen cada una:

Seis (6) de los participantes reconocen que una persona que trabaja en Ciencia busca respuestas a las preguntas; como por ejemplo, preguntándose por la causa de las enfermedades o la cura de las enfermedades. Los participantes dan respuestas como:

E12.CI: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Consideras que todos los personajes nombrados hasta ahora son científicos? ¿Por qué?] “Yo solo considero científico a Greene Vardiman Black porque en el tiempo que Mckay estuvo buscando de donde prevenían las manchas, no encontró ningún resultado y cuando Black lo acompañó 6 años si tuvieron una conclusión o respuesta a esto”

La anterior concepción –mayoritaria-, puede estar relacionada con una reducción de las características de las actividades científicas, puesto que no se menciona el trabajo en equipo, se concibe exclusivamente al Científico(a) desde el trabajo individual, como genios aislados,

como protagonistas de los avances de la ciencia (Ruíz, Solbes y Furió, 2013). Se concibe cómo científica(o) solo a aquella persona que dé una respuesta a las preguntas, dejando de lado los procesos y los aportes de otros. La actividad científica parece estar relacionada exclusivamente con la generación de conocimientos y no con otros intereses (Fernández, *et al*, 2002).

Cuatro (4) de los participantes afirman que una persona que trabaja en ciencia se caracteriza porque es un investigador, realiza investigaciones para encontrar soluciones a problemas de la sociedad. Algunos participantes responden a la pregunta afirmando:

E4.CI: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Consideras que todos los personajes nombrados hasta ahora son científicos? ¿Por qué?] “Sí, porque comenzaron a investigar lo que les estaba sucediéndole a sus pacientes, así que de ahí comenzó la investigación hacia esa enfermedad.”

E13.CI: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Consideras que todos los personajes nombrados hasta ahora son científicos? ¿Por qué?] “Si, porque investigaron hicieron hallazgos con la problemática y encontraron la posible falla”

En esta concepción se evidencia una noción social de la ciencia, puesto que relaciona la persona que trabaja en ciencia y la sociedad, ya que investiga para solucionar problemas que viven las personas. Sin embargo, no tiene en cuenta aspectos relacionados con el trabajo científico colectivo.

Otros dos participantes afirman que los científicos(as) se caracterizan porque aportan conocimiento a un campo. Un ejemplo se presenta en respuestas como:

E6.CI: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Consideras que todos los personajes nombrados hasta ahora son científicos? ¿Por qué?] “Si, los considero científicos dado a que aportaron gran información en el campo de la medicina”

En esto se observa la participación de científicos(as) en las diferentes áreas, reconocen que realizan aportes que no siempre están relacionados con encontrar la solución o la verdad de las cosas. Por otro lado, se acerca más a una visión descontextualizada de las características de las personas que trabajan en ciencia, ya que se olvida de las complejas relaciones de científicos(as) con la sociedad (Fernández, *et al*, 2002). De acuerdo con Osorio (2018) está

visión está lejos de describir numerosas inquietudes sobre la ciencia, puesto que no tienen en cuenta las relaciones que pueden existir sociales, culturales, ambientales, políticas y económicas.

La siguiente subcategoría corresponde a 2 de los participantes, ellos relacionan las características de un(a) científico(a) con el descubrir cosas. Un ejemplo de ello, es lo que menciona un estudiante:

E9.CI: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Consideras que todos los personajes nombrados hasta ahora son científicos? ¿Por qué?] “Si, porque fueron los primeros en descubrir esto.

Esta concepción muestra que la participación científica se reduce a descubrir algo o a realizar una actividad que los hace únicos. Además, lo anterior puede estar relacionado con una visión empiro-inductivista y atórica de la actividad científica en la cual se olvida el papel de las problemáticas y los cuerpos coherentes de conocimientos. Como lo afirma Pujalte, Gangui y Adúriz (2012) los científicos comúnmente se presentan como inventores, como creadores de máquinas y dispositivos que nunca se sabe bien en que basan su funcionamiento, pero que producen efectos asombrosos, incluso ignorando los procesos de la actividad científica.

Las otras dos subcategorías minoritarias: los científicos tienen un conocimiento y no pueden ser odontólogos, que corresponden a 1 y 2 de los participantes respectivamente.

Muestra de ello, los participantes mencionaron:

E3.CI: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Consideras que todos los personajes nombrados hasta ahora son científicos? ¿Por qué?] “No, porque son odontólogos que se encargan sobre los dientes de las personas”

E14.CI: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Consideras que todos los personajes nombrados hasta ahora son científicos? ¿Por qué?] “Si, yo digo que si son científicos porque tienen el conocimiento adecuado”

En esto explicitan que los científicos tienen un amplio conocimiento en una determinada área y dejan de lado aspectos relacionados con las habilidades científicas, con la

incertidumbre, la duda, el azar y los errores. Además, esta concepción reduce el campo de las y los científicos a unas áreas específicas- las Ciencias Exactas-. Incluso puede estar relacionada con lo que denomina Fernández, *et, al* (2002), una visión velada o elitista, que caracteriza el trabajo científico como algo reservado a pequeñas minorías especialmente dotadas de conocimiento.

Cabe resaltar que en ninguna de las respuestas se mencionó aspectos relacionados con el conflicto de ideas y las disputas que pueden existir entre los científicos, tampoco se evidencia en esta pregunta (*Actividad científica*) el trabajo científico en comunidad, al parecer los resultados obtenidos por un solo científico son suficientes para solucionar las problemáticas. Además, no se evidencian claramente aspectos relacionados con la naturaleza social de la ciencia, en la subcategoría *investigador* se alcanzan a mencionar algunos aspectos sociales, pero dejan de lado otras implicaciones que tienen que ver con aspectos culturales, económicos y políticos. Adicional, se descarga sobre la actividad científica toda la responsabilidad de las problemáticas, olvidando que los problemas no solo son científicos como es el caso de la Fluorosis dental, ni todos los científicos pueden resolver esta controversia que tiene otras implicaciones.

Estas percepciones de la actividad científica coinciden con el estudio realizado por el Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología OCyT en el 2014, donde se encontró que las y los científicos son aún vistos como personas lejanas, con características especiales.

Pregunta ¿Cuál debe ser el papel del científico con la sociedad y el ambiente?

Los participantes conciben que el papel de las personas que trabajan en la Ciencia está relacionado con encontrar soluciones a los problemas, contribuir a las problemáticas sociales, divulgar la ciencia y dejar de producir ciertos productos de la Ciencia que afectan la sociedad

(Figura 6.2).

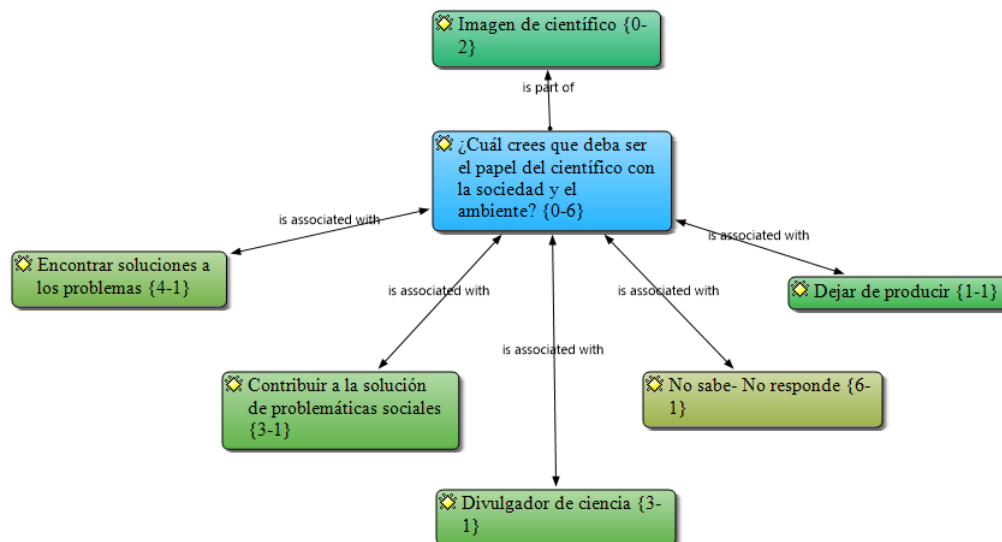


Figura 6.2: Subcategorías de la segunda pregunta de Imagen de científico

A continuación se describen cada una:

Cuatro (4) de los participantes mencionan que el papel de las personas que hacen ciencia es encontrar soluciones a los problemáticas que aquejan a las comunidades. A manera de ejemplo dos participantes afirman:

E6.CI: [Haciendo referencia a la pregunta Según las situaciones descritas ¿Cuál debe ser el papel del científico con la sociedad y el ambiente?] “El papel del científico es investigar acerca de estos casos y encontrar soluciones viables”

E17.CI: [Haciendo referencia a la pregunta Según las situaciones descritas ¿Cuál debe ser el papel del científico con la sociedad y el ambiente?] “Ayudar a las personas con este problema dental para que no aumente”

En lo concerniente a la concepción anterior, esta incluye problemáticas sociales y por ende, muestra la relación científico(a)-sociedad. En esta respuesta se tiene en cuenta los factores sociales que inciden en el conocimiento científico, pone de manifiesto que la ciencia es un asunto de intereses, un asunto *constitutivamente social* (Osorio, 2018). No se menciona lo relacionado al trabajo en comunidad científicas y se insiste con responsabilizar de la solución de las problemáticas exclusivamente a los científicos, olvidando que también se incluyen en estas economistas, políticos, empresarios, trabajadores y consumidores.

Así mismo, 3 de los participantes conciben que las personas que hacen ciencia deben contribuir a la resolución de las problemáticas sociales. Como ejemplo, un participante menciona:

E2.CI: [Haciendo referencia a la pregunta Según las situaciones descritas ¿Cuál debe ser el papel del científico con la sociedad y el ambiente?] “Contribuir con ideas para evitar problemas tanto en la sociedad como en el medio ambiente”

Esta subcategoría está relacionada con la anterior (mayoritaria), puesto que tiene en cuenta la relación científica(o)-sociedad. A pesar de esto, esta concepción resulta ser más integral que la anterior, puesto que señala que el papel del científico es *contribuir* y no necesariamente encontrar las soluciones a los problemas. Al parecer se tiene implícitamente más en cuenta el papel del científico en la construcción de los conocimientos.

Por otro lado, 3 de los participantes mencionan que el papel del científico es divulgar la ciencia, a modo de ejemplo, un participante dice:

E5.CI: [Haciendo referencia a la pregunta Según las situaciones descritas ¿Cuál debe ser el papel del científico con la sociedad y el ambiente?] “Que debe dar a conocer las razones por las cuales es producida esta enfermedad”

En esta concepción los participantes mencionan un papel importante del científico (la divulgación) que en muchos contextos es invisibilizado por razones culturales y políticas. Por ejemplo, la fluorosis dental es una enfermedad endémica que poca divulgación ha tenido en los medios masivos de comunicación, desconociendo el papel de los científicos que han aportado los referentes teóricos para esta enfermedad. Generando un problema de salud a través de políticas públicas como lo es la fluoración del agua, de la sal y en algunos casos de la leche.

Implícitamente se puede decir, que la concepción tiene en cuenta el papel científico(a)-sociedad, puesto que involucra la divulgación del conocimiento científico a la sociedad. Sin embargo, se sigue pensando que el científico es el único responsable de la solución de los

problemas y en este caso de la divulgación, ignorando los demás factores que inciden en el derecho a la información que se obstruye por intereses políticos y particulares.

Tan solo un estudiante mencionó que el papel de los científicos era dejar de fabricar los productos de la ciencia que estaban afectando a las diferentes comunidades.

E16.CI: [Haciendo referencia a la pregunta Según las situaciones descritas ¿Cuál debe ser el papel del científico con la sociedad y el ambiente?] “Dejar de producir tanto flúor”

La anterior concepción minoritaria, llama la atención, puesto que para el estudiante dejar de producir Flúor es un papel del científico, omitiendo que esto es un tema relacionado también con políticas de salud pública (Fluoración de la sal). Además, desconociendo que el Flúor también ha beneficiado a las comunidades, por cuanto favorece la prevención de la caries bucal.

6.1.2. Concepciones acerca de construcción del conocimiento científico

Esta categoría aborda aspectos relacionados con comprender que la construcción de conocimiento se fundamenta en una variedad de métodos y experiencias de inferencias y del intelecto, pero también de la imaginación y la creatividad. Comprender el papel, las características sociales y las dinámicas multidimensionales de la comunidad científica. Con relación a esta categoría, se utilizaron tres preguntas para identificar las concepciones iniciales de los estudiantes que corresponden a: *¿Qué hizo el Doctor Henry Trendley Dean para llegar a la conclusión que llegó?, ¿Cómo estos personajes “elaboraron” la ciencia?, ¿Qué proceso se sigue en ciencia para que se acepte un nuevo conocimiento científico o se rechace el anterior?* Para la primera pregunta se encontraron 4 subcategorías, para la segunda pregunta 3 subcategorías y para la tercera pregunta 4 subcategorías.

Pregunta ¿Qué hizo el Doctor Henry Trendley Dean para llegar a la conclusión que llegó?

Los participantes conciben que los científicos(as) como Henry llegan a las conclusiones: investigando, investigando y comparando sus resultados, encontrando respuestas a sus preguntas, haciendo un proceso paso a paso e investigando con las comunidades (Figura 6.3).

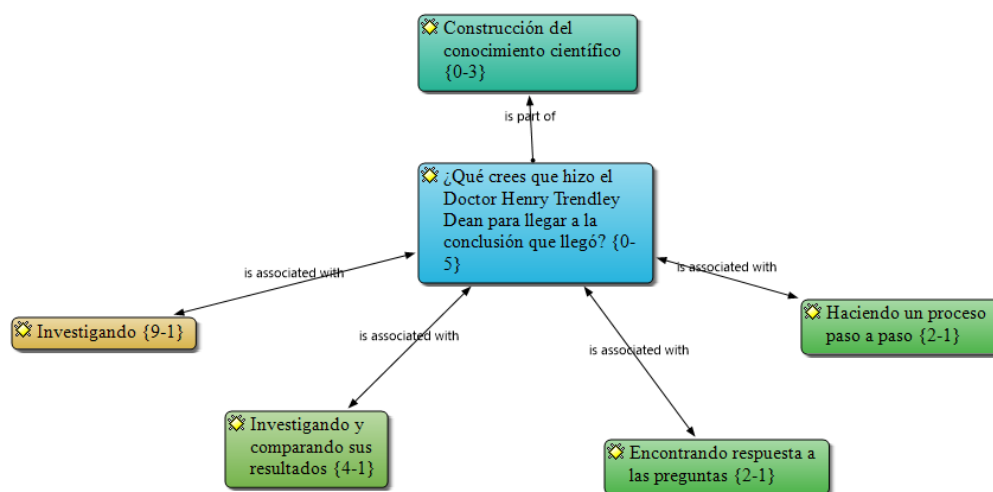


Figura 6.3: Subcategorías de la primera pregunta de construcción del conocimiento científico

La mitad de los estudiantes (9) mencionan que los científicos o científicas llegan a las conclusiones investigando; por ejemplo, un participante dijo:

E3.CI.4: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Qué hizo el Doctor Henry Trendly Dean para llegar a la conclusión que llegó?] “Ellos comenzaron hacer investigaciones sobre eso y después de todas las cosas (investigaciones) que hicieron encontraron la conclusión”

Esta subcategoría muestra que los estudiantes exaltan el papel de la investigación, siendo esta importante dentro del proceso de construcción del conocimiento. Sin embargo, tienen una visión unidimensional y operativista de la actividad científica, particularmente en la construcción de conclusiones (Fernández, *et, al*, 2002). La elaboración de las hipótesis, teorías, conceptos, fundamentos y conclusiones científicas no se han construido exclusivamente a través de la investigación o el método científico, sino a través de los errores, las revoluciones científicas, las rupturas sociales, los problemas culturales y políticos. Como es el caso de la enfermedad Fluorosis dental, donde los científicos han llegado a conclusiones

a través de problemas sociales, políticos, económicos y de interés particular.

Así mismo, 4 de los participantes mencionan que los científicos y las científicas construyen sus conclusiones investigando y comparando sus resultados. Muestra de ello, el estudiante E8 dice:

E8:CI.4: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Qué hizo el Doctor Henry Trendly Dean para llegar a la conclusión que llegó?] “Haciendo análisis, comparando unas con otros, investigando, etc.”

La anterior respuesta está relacionada con la anterior (mayoritaria), donde se concibe la construcción de conclusiones a través de la investigación. Pese a esto, los participantes mencionan la comparación de los resultados, exaltando implícitamente el trabajo científico en comunidades, donde en la mayoría de casos se construyen las conclusiones científicas. Como es el caso de la Fluorosis dental donde el Doctor Henry Trendly Dean trabajó en conjunto con una comunidad de científicos que llegaron a la conclusión de la cantidad de Flúor que podía consumir una persona para que este evitará la caries dental.

Dos (2) de los participantes conciben la construcción de conclusiones a través del proceso pregunta-respuesta. A manera de ejemplo:

E1:CI.4: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Qué hizo el Doctor Henry Trendly Dean para llegar a la conclusión que llegó?] “Encontrar una respuesta a las preguntas que él se hacía

Esta concepción reduce el método científico y deja de lado la variedad de métodos para la construcción de conclusiones, la elaboración de hipótesis, los cuerpos coherentes de conocimiento y las relaciones CTSA.

Por otro lado, 2 de los participantes conciben la construcción de conclusiones a través de un paso a paso. Ejemplo de esto, es la afirmación:

E4.CI.4: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Qué hizo el Doctor Henry Trendly Dean para llegar a la conclusión que llegó?] “Tuvo que haber hecho un proceso paso a paso para aquella enfermedad”

La anterior concepción es similar a la anterior. Puesto que es una reducción del método científico. Más excluyente aún porque reduce el trabajo científico a seguir un paso a paso

como una receta de cocina, ignorando los procesos mentales y los cuerpos coherentes de conocimiento (Pro, 2012).

Pregunta ¿Cómo estos personajes “elaboraron” la ciencia?

Los participantes conciben que los científicos y científicas construyen ciencia: buscando respuestas, experimentando y a través del método científico (Figura 6.4).

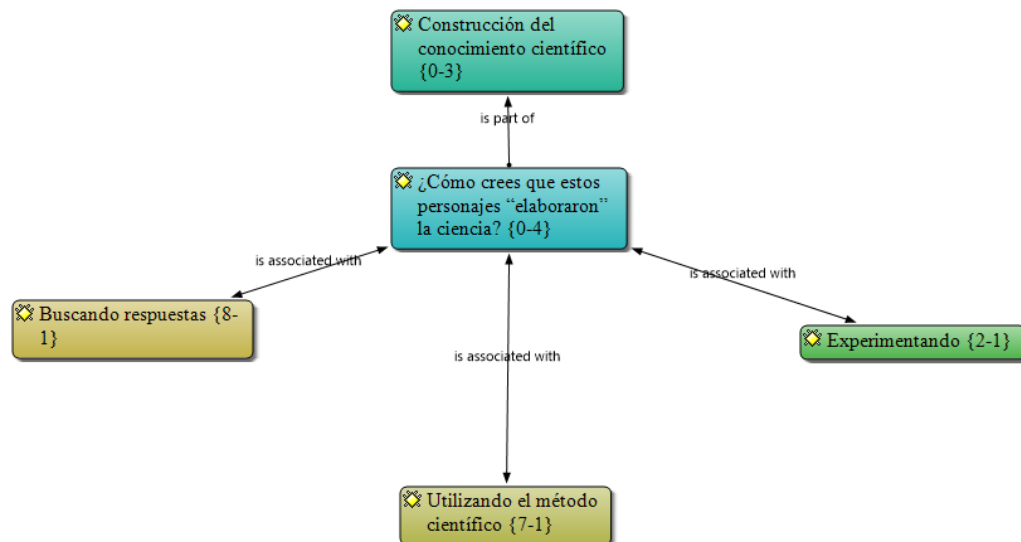


Figura 6.4: Subcategorías de la segunda pregunta de construcción del conocimiento científico

Ocho (8) de los y las estudiantes conciben la construcción de ciencia a través de la búsqueda de respuestas. Esto es reflejado en la afirmación:

E2.CI: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Cómo estos personajes “elaboraron” ciencia?] “Buscando respuesta a todos sus interrogantes, como, cuando y donde surge la enfermedad”

Esto tiene en cuenta que muchas de las construcciones científicas se han realizado a partir de una pregunta con el ánimo de encontrar respuestas, pero también esta concepción desconoce los problemas sociales, revoluciones científicas, situaciones económicas que pueden darse para la iniciación de construcción de la ciencia. De hecho, la fluorosis dental fue considerada como una enfermedad producto de problemáticas sociales, la fluoración del agua y de la sal fue producto de situaciones económicas para disminuir costos de enfermedades

como la caries dental. Las preguntas en la construcción de la ciencia son necesarias, pero no son el único método para llegar a desarrollar los conocimientos científicos; por ejemplo, en la búsqueda del problema del esmalte moteado en las poblaciones, se halló que el Flúor prevenía la caries dental.

Además, 7 de los participantes conciben la construcción de ciencia a través del método científico. A modo de ejemplo, el estudiante E13:

E13.CI: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Cómo estos personajes “elaboraron” ciencia?] “Mediante el método científico, haciendo la investigación de la población, muestras y resultados”

Esta respuesta resalta el método científico como medio para la construcción de ciencia; a pesar de esto, resulta ser una concepción reduccionista por no tener en cuenta otros medios que se han utilizado o se utilizan en ciencia para construir conocimiento. Al parecer, se tiene en cuenta la visión positivista de la ciencia, desde el control riguroso; rechazando la invención, la creatividad, la duda, la incertidumbre e incluso el error. (Fernández, *et, al*, 2002).

Y por último, 2 de los participantes conciben la construcción de ciencia a través de la experimentación, para ejemplificar la concepción se cita al estudiante E17:

E17.CI: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Cómo estos personajes “elaboraron” ciencia?] “La elaboraron con la experimentación realizando prácticas, buscando una respuesta, tomando evidencias, revisando a los pacientes para encontrar un resultado”

Esta última subcategoría- similar a la anterior- evidencia una falta de articulación entre lo social y lo científico, puesto que se considera como medio para la construcción de ciencia exclusivamente la experimentación. Pareciera que los resultados experimentales son las fuentes indudables para la construcción de la ciencia (Pro, 2012).

Pregunta ¿Qué proceso se sigue en ciencia para que se acepte un nuevo conocimiento científico o se rechace el anterior?

Los participantes conciben que para que se pueda considerar un conocimiento válido o no en Ciencia se debe: investigar, experimentar o validar con la comunidad científica (Figura

6.5).

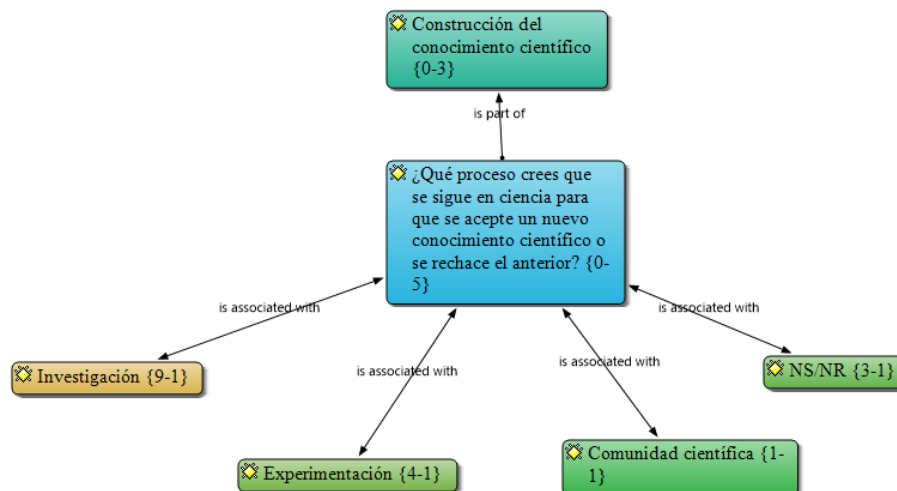


Figura 6.5: Subcategorías de la tercera pregunta de construcción del conocimiento científico

La mitad de los participantes (9) consideran que para validar un nuevo conocimiento y rechazar el anterior se debe hacer investigación. Ejemplo de esto, es la afirmación:

E6.CI: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Qué proceso se sigue en ciencias para que se acepte un nuevo conocimiento científico o se rechace el anterior?] “Un proceso en el que se debe mostrar a través de investigación porque este nuevo conocimiento es mejor”

E11.CI: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Qué proceso se sigue en ciencias para que se acepte un nuevo conocimiento científico o se rechace el anterior?] “Por medio de investigaciones y laboratorios que lleven a la conclusión de una hipótesis y así pueda tener argumentos para rechazar un conocimiento o aceptar un conocimiento ya antes existente”

Esta concepción exalta la importancia de la investigación como se ha mencionado en otras respuestas. La investigación ha aportado grandes avances a la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad. Pero esta concepción es limitada por no tener en cuenta las interacciones sociales que se desarrollan en las comunidades científicas para que se acepte un nuevo conocimiento o se rechace el anterior. Así mismo, la historia de la fluoración de la sal y del agua en Colombia, muestra cómo las comunidades científicas, pero también la sociedad, los aspectos económicos e incluso intereses personales son los que validan los conocimientos científicos. Son variadas las dinámicas que se establecen en la validación de la ciencia (Solbes, 2011).

Además, 4 de los estudiantes mencionan que la experimentación es el método que se realiza para validar el conocimiento científico. Muestra de ello los participantes dijeron:

E1.CI: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Qué proceso se sigue en ciencias para que se acepte un nuevo conocimiento científico o se rechace el anterior?] “Para aceptar un nuevo conocimiento se deben comprobar con nuevos experimentos”

Esta respuesta simplifica la validación del conocimiento científico a la experimentación. Situación que puede estar relacionada con la formación de los participantes en la mayoría de sus clases de Ciencias Naturales, donde se les ha presentado los conocimientos científicos únicamente a luz de comprobar a partir de la experimentación si son ciertos o falsos y no a través de la construcción, discusiones y situaciones contextuales. Estudios como los de Fernández, et, al, (2002), muestran que estas visiones de Ciencia están directamente relacionadas con las concepciones que tienen también los docentes.

Por último, un participante mencionó que para aceptar un nuevo conocimiento y rechazar el anterior es por medio de la comunidad científica. A modo de ejemplo, se cita al estudiante E17:

E17.CI: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Qué proceso se sigue en ciencias para que se acepte un nuevo conocimiento científico o se rechace el anterior?] “Cada científico puede tener su punto de vista de ver las cosas o de analizarlas, así que se deben presentar las evidencias, estudios del nuevo conocimiento para que sea considerado por todos como verdadero o más certero”

Esta última concepción resulta ser más integral, porque tiene en cuenta el funcionamiento interno de la Ciencia. En este caso el papel que juegan las comunidades científicas en la validación y consolidación del conocimiento. Teniendo en cuenta las discusiones, las controversias, los intereses particulares y otras situaciones que interaccionan con la construcción de la Ciencia.

Sin embargo, no menciona aspectos relacionados con el funcionamiento externo de la Ciencia, como es el caso del uso del Flúor para el control de la caries dental. En los años 70’s la organización Mundial de la Salud manifestó que los países debían implementar la fluoración

de la sal, del agua o de la leche. Por esta razón en Colombia se implementó la Fluoración de la sal (180-220ppm) a partir de los años 80's. Esta situación desarrolló otra enfermedad reportada por primera vez en Colombia en los años 90's en el ENSAB III. Luego en el ENSAB IV la comunidad académica de odontólogos reporta que esta enfermedad denominada Fluorosis dental es producida por el consumo excesivo y prolongado en más de una fuente que contiene Flúor. Además, sugieren que se haga un control de estas fuentes o se elimine una fuente de Flúor para mejorar la salud bucal de los colombianos; situación que hasta el día de hoy ha sido ignorada por los algunos entes del gobierno, pues estos se acogen a políticas de salud de la OMS.

Lo mencionado anteriormente también se puede ver ejemplificado por controversias Sociocientíficas como el uso del glifosato para la erradicación de cultivos ilícitos, el fracking, la experimentación con animales, el uso del PVC, entre otras.

6.1.3. Concepciones acerca de la Naturaleza del conocimiento científico

Esta categoría aborda aspectos relacionados con asumir la ciencia como un conocimiento falible y provisional con carácter dinámico y evolutivo. Con relación a esta categoría, se utilizaron cuatro preguntas para identificar las concepciones iniciales de los estudiantes que corresponden a *Según la situación descrita de la Fluorosis dental ¿Qué entiendes por Ciencia?, ¿Consideras que la enfermedad dental descrita es causada por alteraciones genéticas y/o ambientales y/u otras? ¿Por qué?, ¿Por qué las personas que están expuestas a consumos excesivos y prolongados de Flúor pueden generar esas lesiones en sus dientes (manchas amarillas, marrones, hasta la ruptura)? y ¿Qué proceso químico le sucede a sus dientes?* Para la primera pregunta se encontraron 3 subcategorías, para la segunda pregunta 6 subcategorías, para la tercera pregunta 5 subcategorías y para la cuarta pregunta se encontraron 4 subcategorías.

Pregunta: Según la situación descrita de la Fluorosis dental ¿Qué entiendes por Ciencia?

Los participantes conciben a la ciencia como un conocimiento infalible o como un conocimiento acumulativo (Figura 6.6).

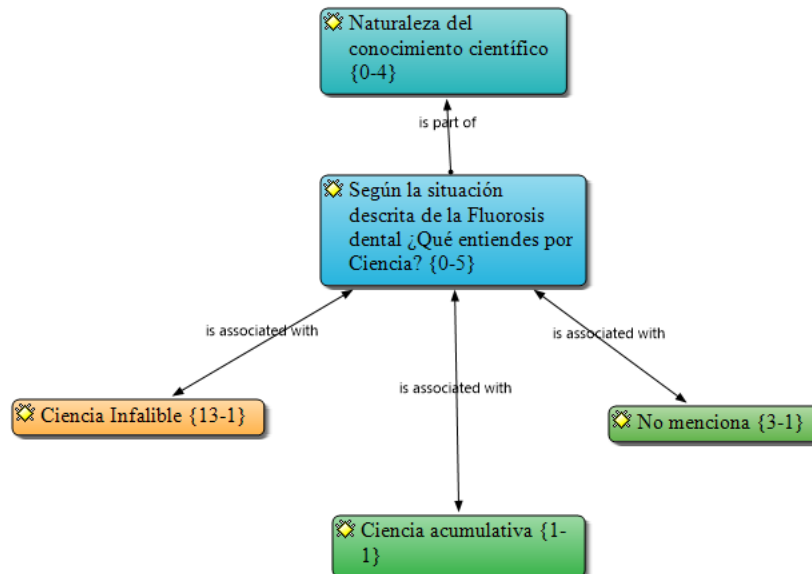


Figura 6.6: Subcategorías de la primera pregunta de Naturaleza del conocimiento científico

Trece (13) participantes conciben la ciencia como un conocimiento infalible. Muestra de ello, un participante afirma:

E13.CI: [Haciendo referencia a la pregunta: Según la situación descrita la fluorosis dental ¿Qué entiendes por ciencia?] “La ciencia es la que estudia todas las enfermedades que se presentan en los seres humanos dando una respuesta a su causante”

Esta subcategoría- mayoritaria- muestra que los estudiantes mencionan a la ciencia como un conocimiento que debe dar las respuestas a las situaciones sin fallar, sin equivocarse. Esta concepción es descontextualizada y reducida, porque no tienen en cuenta aspectos relacionados con las dificultades, los errores, la provisionalidad, las limitaciones o restricciones del conocimiento científico.

Estos resultados coinciden con estudios como los de Torrente y Guevara (2014) donde

se evidenció que la mayoría de los estudiantes tienen una visión “*Aproblemática*” y “*ahistórica*” de la Ciencia, la cual se considera como una herramienta para transmitir conocimientos científicos ya elaborados, sin tener en cuenta “*los problemas que generaron su construcción, su evolución, sus dificultades, aún menos se tiene en cuenta las dificultades y restricciones del conocimiento científico actual*”, limitando la comprensión, construcción y uso de la misma (Fernández *et al*, 2002; Buitrago, 2012; Quintanilla, 2005).

Así mismo, un estudiante concibe la ciencia como una acumulación de conocimientos, el estudiante afirma:

E6.C1: [Haciendo referencia a la pregunta: Según la situación descrita la fluorosis dental ¿Qué entiendes por ciencia?] “Entiendo que es como una secuencia de investigaciones de diferentes personas o diferentes pensamientos”

Esta concepción, muy similar a la anterior, deja ver como los estudiantes de la IE Cascajal no tienen en cuenta aspectos relacionados con asumir la ciencia como un conocimiento falible y provisional con carácter dinámico y evolutivo. No comprenden el progreso del conocimiento científico. Desde este punto de vista, se seguiría pensando la ciencia como productos individual, inmutable, fuera de contexto, sin relaciones con la sociedad y el ambiente. Por lo que es necesario promover situaciones que motiven a los estudiantes, que sean controversiales, que tengan implicaciones científicas y sociales para que ellos puedan establecer más relaciones de la ciencia con otros campos de conocimiento.

Cabe mencionar, que ningún estudiante mencionó implícita o explícitamente algo relacionado con la ciencia desde el punto de vista humanizador.

Pregunta: ¿Consideras que la enfermedad dental descrita es causada por alteraciones genéticas y/o ambientales y/u otras?

Los participantes conciben que las causas de la fluorosis dental son las condiciones ambientales, ambientales y genéticas, genéticas por herencia, ambientales producidas por el

ser humano o ambientales por los microorganismos (Figura 6.7).

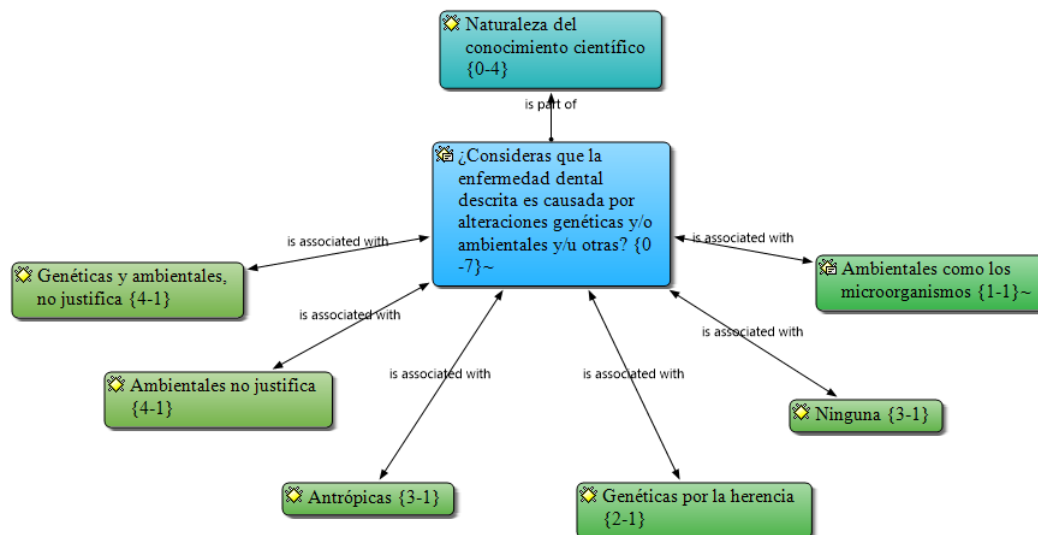


Figura 6.7: Subcategorías de la segunda pregunta de la Naturaleza del conocimiento científico

Cuatro (4) de los participantes mencionan que las causas biológicas de la fluorosis dental son los factores ambientales, pero no justifican la razón. A modo de ejemplo, un estudiante afirma:

E9. CI: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Consideras que la enfermedad dental descrita es causada por alteraciones genéticas y/o ambientales? “Por alteraciones, no genéticas; pero si de tipo ambiental”

En esta respuesta se observa que los participantes mencionan los factores ambientales como productores de la fluorosis dental, pero no especifican cuáles factores y qué los causa. La fluorosis dental si es causada por alteraciones ambientales particularmente porque el agua no se potabiliza en algunas regiones de Colombia, como es el caso del centro poblado el Juncal-Huila donde las personas deben tomar el agua de un aljibe que está rodeado de rocas que contienen compuestos fluorados, exponiendo a estas poblaciones al consumo de excesivo de Flúor.

Otros 4 participantes afirman que las causas biológicas de la fluorosis dental son los factores genéticos y ambientales, pero no justifican la razón. A modo de ejemplo, un

estudiante afirma:

E4.CI: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Consideras que la enfermedad dental descrita es causada por alteraciones genéticas y/o ambientales? “Si porque puede ser causado por genéticas y ambientales”

Esta afirmación está alejada de las razones puesto que en ninguna investigación o en la literatura odontológica se menciona que exista alguna implicación genética en la fluorosis dental. Lo que si se evidencia es que los niños que se encuentran en el vientre pueden verse afectados por el consumo excesivo y prolongado de Flúor por parte sus madres.

En estas dos subcategorías, los participantes no justifican la causa de la enfermedad dental, no especifican porqué la consideran genética o ambiental.

Así mismo, 2 de los participantes conciben que las causas biológicas de la fluorosis dental son los factores genéticos relacionados con la herencia. Esto es reflejado en la siguiente afirmación:

E17.CI: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Consideras que la enfermedad dental descrita es causada por alteraciones genéticas y/o ambientales? “Si porque algunas veces los niños recién nacidos adquieren esa enfermedad por sus padres o por alguna alteración”

Similar a la anterior expone que la fluorosis dental se da por una alteración genética heredada por sus padres. Esta concepción manifiesta desconocimiento de cualquier proceso que puede relacionarse con la fluorosis dental. Como se mencionó anteriormente, la fluorosis dental no está relacionada con factores genéticos.

Por otro lado, 3 de los participantes mencionan que las causas biológicas de la fluorosis dental son los factores antrópicos. Lo anterior se evidencia en afirmaciones como:

E5.CI.7: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Consideras que la enfermedad dental descrita es causada por alteraciones genéticas y/o ambientales? “Es causado por una contaminación ambiental producida por el ser humano”

Esta respuesta es parcialmente completa, porque menciona primero que la causa biológica de la fluorosis son los factores que han sido alterados por el hombre. Es parcialmente completa, porque algunas comunidades toman el agua fluorada de lugares que no

han sido alterados por el hombre como los pozos subterráneos. Mientras que hay plantas de tratamiento de agua potable (según el Plan de Vigilancia Centinela, 2017) donde se han encontrado compuestos fluorados con concentraciones de más de 1.0ppm que es el parámetro de consumo establecido por la OMS. A pesar de lo mencionado, esta concepción es más favorable, porque en cierta manera contribuye una comprensión de las causas permitiendo involucrarse en la solución de problemáticas relacionadas con la parte ambiental.

Por último, un participante menciona que la causa biológica de la fluorosis dental son los factores ambientales relacionados con los microorganismos. Muestra de esto, el estudiante afirma:

E1.CI: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Consideras que la enfermedad dental descrita es causada por alteraciones genéticas y/o ambientales? “Considero que es causada por alteraciones ambientales ya que al contaminar el agua se producen muchos microbios los cuales podrían ser causantes de esta enfermedad”

Esta última concepción muestra el desconocimiento de las causas de la fluorosis dental. También puede estar relacionado con una visión negativa y limitada de los microorganismos, debido a que se consideran como agentes malignos que donde se encuentren afectan a los seres humanos. Además, puede estar relacionado con lo mostrado por los medios de comunicación masivos como es la televisión y los propagandas, también con la forma en cómo se han presentado en las clases estos seres vivos.

En general, para esta pregunta los participantes demuestran desconocimiento de los conceptos propios de la ciencia y su relación con el entorno. Esto evidencia que los participantes tienen una imagen de ciencia rígida, infalible, ahistórica, de carácter definitivo y estático. De modo que, se deben abordar cuestiones Sociocientíficas para facilitar el uso de conceptos propios de la ciencia y su relación con el entorno.

Pregunta: *¿Por qué las personas que están expuestas a consumos excesivos y*

prolongados de Flúor pueden generar esas lesiones en sus dientes (manchas amarillas, marrones, hasta la ruptura)?

Los participantes conciben que las razones de las lesiones en los dientes son el consumo excesivo de Flúor, por el mal cuidado de los dientes, el consumo de bebidas alcohólicas y cigarrillos o por la edad (A mayor edad, mayor expuesta está la persona) (Figura 6.8).

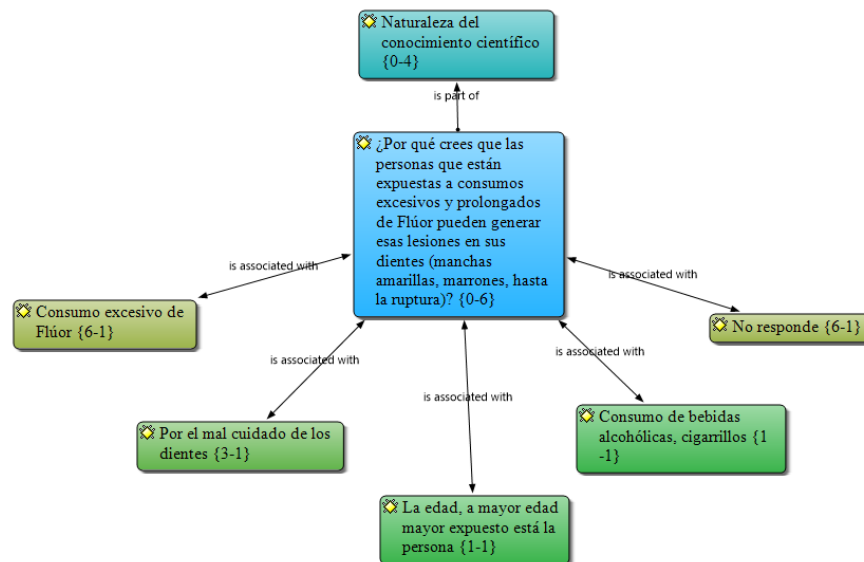


Figura 6.8: Subcategorías de la tercera pregunta de la Naturaleza del conocimiento científico

Seis (6) de los participantes mencionan que la razón de las lesiones de los dientes es el consumo excesivo de Flúor. Ejemplo de esto, es la afirmación:

E5.CI: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Por qué las personas que están expuestas a consumos excesivos y prolongados de Flúor pueden generar esas lesiones en sus dientes (manchas amarillas, marrones, hasta la ruptura?) “Se presenta un proceso de deterioro en sus dientes debido al exceso de flúor”

Esta subcategoría destaca que la causa de la fluorosis dental es el consumo excesivo y prolongado de Flúor, pero no se evidencia justificación. Al parecer los estudiantes dejan de lado implicaciones políticas (decreto fluoración del agua), económicas (no potabilización del agua) y culturales (consumo de la crema dental e incluso mal higiene bucal). Lo anterior puede ser por

desconocimiento o falta de habilidades para relacionar las implicaciones. Estos resultados coinciden con otras investigaciones como las de Pro (2012); Beltrán (2010); Tamayo (2014); Torres y Martínez (2011) y Torres y Solbes (2015); quienes manifiestan que la enseñanza de las Ciencias Naturales desde las teorías, leyes o conceptos conlleva a la falta de habilidades o capacidades para comprender o abordar una problemática; por esta razón proponen el abordaje de cuestiones Sociocientíficas porque estas involucran aspectos relacionados con su contexto, con conocimientos científicos, generan controversia y resultan ser motivantes para los estudiantes.

Mientras tanto 3 de los participantes conciben que la razón de las lesiones de los dientes está relacionada con el mal cuidado de los dientes. Esto es reflejado, en afirmaciones como:

E3.CI: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Por qué las personas que están expuestas a consumos excesivos y prolongados de Flúor pueden generar esas lesiones en sus dientes (manchas amarillas, marrones, hasta la ruptura?) “Por el lavado de sus dientes porque no los cepillan bien y por eso causan estas manchas”

Así mismo, un estudiante menciona que la razón de las lesiones de los dientes está relacionada con el consumo de bebidas alcohólicas y cigarrillos. A modo de ejemplo, el estudiante E14 dice:

E14.CI: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Por qué las personas que están expuestas a consumos excesivos y prolongados de Flúor pueden generar esas lesiones en sus dientes (manchas amarillas, marrones, hasta la ruptura?) “La razón puede ser por consumir bebidas alcohólicas, fumar, etc”

Por último, un estudiante menciona que la edad es la razón por la cual los dientes presentan estas lesiones. El estudiante dice:

E17.CI: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Por qué las personas que están expuestas a consumos excesivos y prolongados de Flúor pueden generar esas lesiones en sus dientes (manchas amarillas, marrones, hasta la ruptura?) “Que entre más la persona sea mayor de edad o vaya creciendo estas fluorosis va a ir aumentando y va desgastando el diente”

Estas últimas subcategorías, evidentemente muestran el desconocimiento de las razones de la fluorosis dental. Las bebidas alcohólicas y el consumo del cigarrillo están

relacionadas con enfermedades dentales como la caries dental, la periodontitis o la gingivitis, pero no es la causa de la fluorosis dental. Así mismo, la fluorosis dental se da en el tiempo de formación de los dientes, cuando los ameloblastos forman el esmalte dental en un periodo que comprende de los cero a los seis años y no como menciona el estudiante E17 que a mayor, mayor expuesta está la persona a esta enfermedad.

Cabe resaltar que 6 de los estudiantes no respondieron. Esto puede estar relacionado con lo que se menciona anteriormente, la falta de conocimiento o la falta de habilidades para relacionar las situaciones de las preguntas. Para esta pregunta no se evidencia conocimiento científico sobre la fluorosis dental, ni tampoco implicaciones de aspecto político, económico o cultural.

Pregunta ¿Qué proceso químico le sucede a sus dientes?

Los participantes conciben que el proceso químico que sucede en los dientes para la formación de las manchas blancas, amarillas y marrones es una reacción química, una hipomineralización del diente o no hay ningún proceso químico (Figura 6.9).

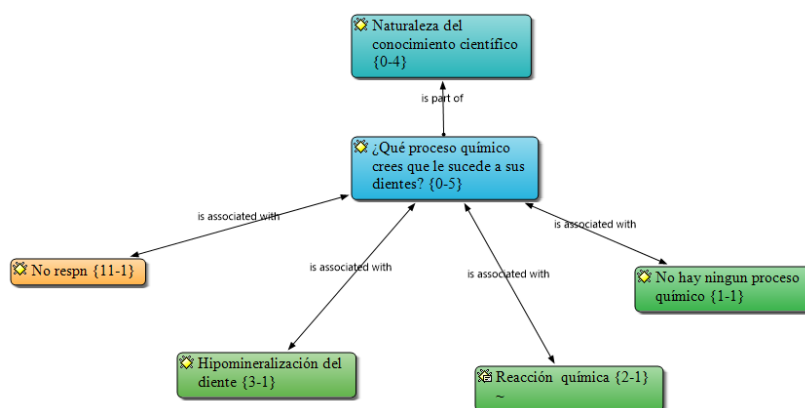


Figura 6.9: Subcategorías de la cuarta pregunta de Naturaleza del Conocimiento científico

Dos (2) de los participantes mencionan que el proceso que le sucede a los dientes cuando se forman las manchas blancas, amarillas y marrones es una reacción química.

Muestra de ello, se cita al estudiante E16:

E16.CI: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Qué proceso le sucede a sus dientes?] “Creo que el flúor genera una reacción en los dientes la cual genera la enfermedad”

Esta subcategoría muestra que los estudiantes conciben la fluorosis dental como una enfermedad producto de una reacción química. Sin embargo, no argumentan qué tipo de reacción química o que elementos participan; esto quiere decir, que no tienen claridad con respecto al proceso que le sucede a los dientes. Lo anterior puede estar relacionado con la forma en que se les ha presentado las Ciencias en el aula, como un cúmulo de conocimientos desconectados de las problemáticas que los rodean. Los estudiantes en grado décimo, según el plan de estudios, ya se les había presentado los temas de: *propiedades de los elementos de la tabla periódica, elemento, compuesto, electronegatividad, estados de oxidación, tipos de reacciones químicas y estequiometría*; pese a esto, los estudiantes no lograron relacionar estos conceptos con la enfermedad fluorosis dental. En este sentido, desde el abordaje de cuestiones Sociocientíficas, algunas investigaciones como la de Ruíz, Solbes y Furió (2013) destacan que el trabajar con controversias en el aula puede ser un recurso valioso para potenciar la competencia argumentativa en las clases de Ciencias.

Además, 3 de los participantes conciben que el proceso que se genera en los dientes cuando se forman las manchas blancas, amarillas y marrones es una hipomineralización del diente. A manera de ejemplo, un participante dijo:

E10.CI: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Qué proceso le sucede a sus dientes?] “Creo que sucederá una hipomineralización debido que afecta el tejido dentario”

Esta concepción está relacionada con la anterior por cuanto se menciona una *reacción química* pero no se dan razones utilizando el conocimiento científico. No obstante, en esta respuesta se menciona en qué lugar se da la reacción química (tejido dentario).

Por otro lado, un estudiante menciona que no hay ningún proceso para la formación de

las manchas blancas, amarillas y marrones. El estudiante afirma:

E12.CI: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Qué proceso le sucede a sus dientes?] “Las personas pueden generar esas lesiones en sus dientes por no cepillarse y no tener un buen cuidado dental. No hay un proceso químico”

Esta concepción pone de manifiesto el desconocimiento, la falta de información e incluso la falta de interpretación de los textos, puesto que en la situación que precedía a la pregunta se menciona el lugar donde es producido el daño y el proceso que a *grosso modo* se da. En esta respuesta se observa que el estudiante tiende a pensar que la fluorosis dental está relacionada con temas de higiene bucal y no con procesos ajenos como es el consumo de agua o sal fluorada.

Cabe resaltar que para esta pregunta, 11 de los participantes no respondieron la pregunta, esto quiere decir que más de la mitad de ellos desconocen que esta enfermedad tiene implicaciones tanto del conocimiento científico como social.

Las concepciones demuestran que los estudiantes presentan dificultad para establecer relaciones entre los conceptos de ciencia con procesos cotidianos.

6.1.4. Concepciones acerca de las relaciones CTSA

Esta categoría aborda aspectos relacionados con comprender la relación Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente desde la multidireccionalidad. Con todas las implicaciones de creencias culturales, intereses personales, del contexto y políticos. Asumir la existencia de problemáticas Sociocientíficas (controversias sociales que tienen su base en nociones científicas). Con relación a esta categoría, se utilizaron cuatro preguntas para identificar las concepciones iniciales de los estudiantes que corresponden a *¿Consideras qué la situación anterior puede ser objeto de estudio de las ciencias? ¿Por qué?, ¿Cuál ha sido el impacto de la Fluoración del agua y la sal en el Huila?, ¿Qué instituciones o personas están involucrados en el aumento de la Fluorosis dental en Colombia? y ¿Qué factores han influido en la*

evolución del conocimiento acerca de la fluorosis dental? Para la primera pregunta se encontraron 5 subcategorías, para la segunda pregunta 4 subcategorías, para la tercera pregunta 6 subcategorías y para la cuarta pregunta se encontraron 5 subcategorías.

Pregunta *¿Consideras qué la situación anterior puede ser objeto de estudio de las ciencias? ¿Por qué?*

Para esta pregunta los participantes conciben que la Fluorosis dental puede ser objeto de estudio de las ciencias porque busca la causa de las enfermedades, porque se basa en las afectaciones sociales, porque estudia nuevas situaciones o porque busca curar las enfermedades (Figura 6.10). De hecho, 16 participantes mencionaron que la fluorosis dental Si es un objeto de estudio de la Ciencia, las variaciones en las concepciones se evidencian en la justificación.

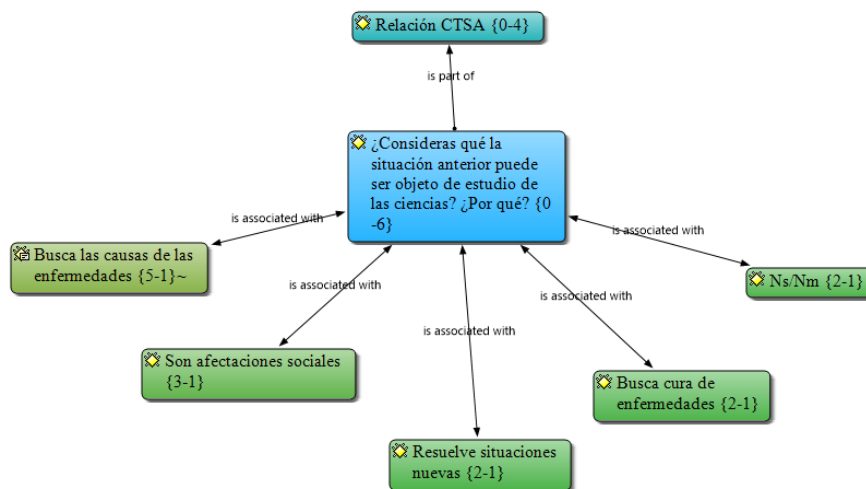


Figura 6.10: Subcategorías de la primera pregunta de Relación CTSA

Cinco (5) participantes conciben que la fluorosis dental puede ser objeto de estudio de la Ciencia porque esta busca la causa de las enfermedades. A modo de ejemplo, el estudiante El dijo:

E1.C1: [Haciendo referencia a la pregunta *¿Consideras qué la situación anterior puede ser objeto de estudio de las ciencias? ¿Por qué?*] “Si porque por medio de la Ciencia se puede saber que causa la fluorosis”

Esta respuesta limita el concepto de Ciencia, por el hecho de referirse exclusivamente a los resultados de esta. Se deben incluir otros aspectos que tienen que ver con los intereses particulares de los científicos, pero además, con los aspectos externos de la Ciencia como financiación, políticas, cobertura, formación, éticos, entre otros. En esta subcategoría se insiste como en la categoría de *Imagen de científico*, en pensar que el científico es el único responsable de solucionar las problemáticas que aquejan a la humanidad.

Por otro lado, 3 estudiantes mencionan que la fluorosis dental puede ser objeto de estudio de la Ciencia porque busca solucionar las afectaciones sociales. Muestra de ello, un estudiante menciona:

E5.CI: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Consideras qué la situación anterior puede ser objeto de estudio de las ciencias? ¿Por qué?] “Si porque para una cuestión que afecta a la mayoría de los seres humanos de tal forma que debería encontrar una solución”

Así mismo, 2 participantes conciben que la búsqueda de la cura de las enfermedades como la fluorosis dental es un objeto de estudio de la Ciencia. El estudiante E7 afirmó:

E7.CI: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Consideras qué la situación anterior puede ser objeto de estudio de las ciencias? ¿Por qué?] “Si porque tiene que buscar una cura para esa enfermedad”

Muy similar a la pregunta *factores que han influido en la construcción del conocimiento acerca de la Fluorosis dental*, los participantes exaltan en estas dos subcategorías el papel de la ciencia con la sociedad. Pero no reconocen los factores sociales que pueden influir en la ciencia.

Para terminar, 2 participantes afirman que las situaciones nuevas como la fluorosis dental pueden ser objeto de estudio de la Ciencia. A manera de ejemplo, un estudiante afirma:

E9.CI: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Consideras qué la situación anterior puede ser objeto de estudio de las ciencias? ¿Por qué?] “Si porque son hallazgos nuevos para algunas personas”

En esta última concepción se observa que los participantes conciben que las situaciones como la fluorosis dental son objeto de estudio de las Ciencias, situándolas como nuevas que

pueden generar controversia. Desde esta perspectiva, se puede pensar en distintas cuestiones Sociocientíficas para trabajar en el aula. Como el fracking como nueva política para la extracción de petróleo, la tala e incendios extensivos de árboles en el Amazonas, la legalización de la caza de tiburones, consecuencias ambientales de la minería, entre otras.

Pregunta: ¿Cuál ha sido el impacto de la Fluoración de la sal en el Huila?

En esta subcategoría los participantes conciben que el impacto de la fluoración de la sal en el Huila es la enfermedad como la Fluorosis dental, la contaminación del agua o la caries dental (Figura 6.11).

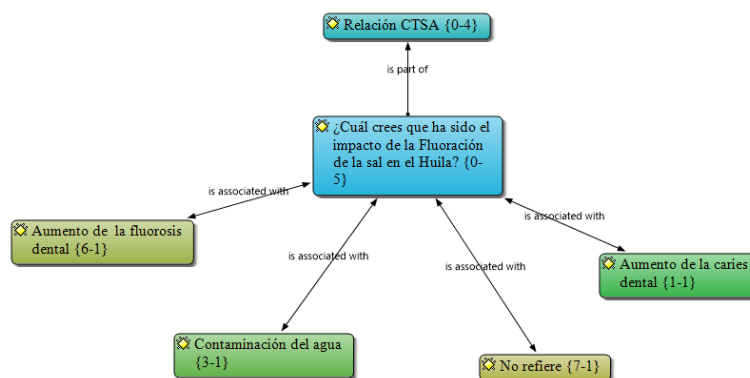


Figura 6.11: Subcategorías de la segunda pregunta de Relación CTSA

La primera subcategoría muestra que 6 estudiantes conciben que el impacto de la fluoración de la sal en el Huila ha sido el aumento enfermedad Fluorosis dental. A manera de ejemplo, el estudiante

E16.CI: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Cuál ha sido el impacto de la Fluoración del agua y la sal en el Huila?] “El impacto que se ha dado en el Huila es muy fuerte porque se han aumentado las personas con fluorosis dental”

En esta respuesta se puede evidenciar que los participantes asumen situaciones ajenas a la población como causantes de la fluorosis dental. También muestra que presentan posturas negativas frente a la fluoración de la sal, exponiéndola como un impacto político que ha generado esta enfermedad. Aun así, la respuesta es somera pues no se especifican situaciones como la bioacumulación o la caries dental.

Para la segunda, se presentaron 3 estudiantes que mencionan la contaminación del agua como impacto de la fluoración de la sal en el Huila. Ejemplo de esto:

E1.CI: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Cuál ha sido el impacto de la Fluoración del agua y la sal en el Huila?] “El impacto de la fluoración considero que es la contaminación al agua”

Por último, 1 estudiante afirma que el impacto de la fluoración del agua y la sal en Huila ha producido caries dental. El estudiante dice:

E2.CI: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Estás de acuerdo con la afirmación anterior? ¿Cuál ha sido el impacto de la Fluoración del agua y la sal en el Huila?] “El impacto que ha generado es que al consumir estos productos se eleva la caries dental”

En estas dos subcategorías se menciona situaciones que también puede desencadenar la fluoración de la sal en el Huila, que es la contaminación del agua y por ende la bioacumulación o la exposición de este mineral a otros seres vivos como los peces, anfibios o mamíferos en los que no se han realizado investigaciones sobre el impacto del Flúor. También se presenta la caries dental que puede ser producida cuando la fluorosis dental es moderada o grave. Estas dos concepciones dejan de lado aspectos relacionados con la fluorosis dental y la fluorosis esquelética.

Es necesario mencionar que 7 de los estudiantes no respondieron nada, evidenciando desconocimiento acerca de los impactos de la fluoración en el agua o la sal, falta de interpretación de las situaciones que precedían las preguntas o falta de habilidades relacionadas con el pensamiento crítico.

Pregunta ¿Qué instituciones o personas están involucradas en el aumento de la Fluorosis dental en Colombia?

En esta subcategoría los participantes conciben que las personas o instituciones involucradas en el aumento de la fluorosis dental son las entidades del gobierno y privadas, nosotros mismo, las empresas que producen productos con Flúor, los científicos o los niños (Figura 6.12).

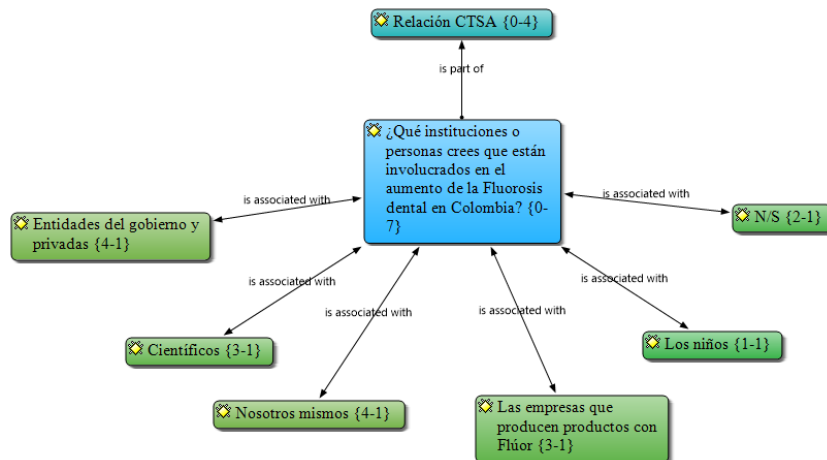


Figura 6.12: Subcategorías de la tercera pregunta de Relación CTSA

Cuatro (4) de los participantes mencionan que las entidades del gobierno y privadas son las que han estado involucradas en el aumento de la Fluorosis dental. A modo de ejemplo, la afirmación de un estudiante:

E9.CI: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Qué personas o instituciones están involucradas en el aumento de la Fluorosis dental en Colombia?] “Para mí se involucran las EPS, las empresas de petróleo, minerías al querer sacar el Flúor, extraer las riquezas de la tierra”

E10.CI: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Qué personas o instituciones están involucradas en el aumento de la Fluorosis dental en Colombia?] “Pues creo las directivas de las plantas de tratamiento de agua y las que se encargan de fabricar la sal”

Esto devela que los estudiantes conciben otros factores relacionados con la fluorosis dental como lo son las entidades de salud o del agua potable y las empresas privadas que se encargan de extraer los minerales del suelo o de fabricar la sal. Según esto, los participantes sitúan a la Fluorosis dental como un asunto no sólo científico sino social o político. Además, esta concepción les permite ampliar su campo de conocimiento e involucrarse en la resolución de problemas científicos que tienen implicaciones sociales. Aun así, la concepción es reducida porque no tiene en cuenta aspectos relacionados con los científicos, los odontólogos y la sociedad como ente regulador del gobierno. Esto quiere decir, que se presenta una relación unidireccional de la ciencia con la sociedad, pero no de la ciencia a la sociedad.

Para el caso puntual de la Fluorosis dental se han visto involucradas instituciones como

la OMS, la OPS, el Ministerio de salud y las Secretarías de salud, los odontólogos, los políticos, los científicos, las empresas de productos fluorados, las plantas de tratamiento de agua y la sociedad en general.

Por otro lado, 4 de los participantes conciben que nosotros mismos somos los involucrados en el aumento de la fluorosis dental. Uno de los estudiantes afirma:

E1.CI: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Qué personas o instituciones están involucradas en el aumento de la Fluorosis dental en Colombia?] “Considero que nosotros mismos ya que somos los causantes de la contaminación que se produce en el agua”

Esta concepción tiene en cuenta a la sociedad como personas involucradas en el aumento de la Fluorosis dental, pero deja de lado otros factores mencionados en la subcategoría anterior. Esto también es unidireccional de la sociedad a la ciencia y no de la ciencia a la sociedad.

Así mismo, 2 de los participantes mencionan que las personas o instituciones involucradas en el aumento de la fluorosis dental son los científicos. Ejemplo de esto:

E14.CI: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Qué personas o instituciones están involucradas en el aumento de la Fluorosis dental en Colombia?] “Científicos, doctores”

En esta concepción se puede evidenciar que el participante asume que son los científicos los únicos involucrados en el aumento de esta enfermedad, demostrando desconocimiento o ignorando otros factores mencionados anteriormente.

Y por último, 1 estudiante mencionó que los niños son las personas involucradas en el aumento de la fluorosis dental. El estudiante E3 dijo:

E3.CI: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Qué personas o instituciones están involucradas en el aumento de la Fluorosis dental en Colombia?] “Los niños son los más involucrados en este caso”

Esta concepción representa desconocimiento de la fluorosis dental, porque el estudiante asume que los niños que son los que se ven afectados, son los involucrados. Al parecer se presenta una dificultad para diferenciar estos dos términos.

Los estudiantes describen de manera conjunta las personas o instituciones involucradas en el aumento de la fluorosis dental; pero en ninguna de las respuestas las mencionan todas juntas. Esto quiere decir, que los debates acerca de esta controversia pueden ayudar a fortalecer las concepciones de todo el grupo. Abordar CSC puede favorecer estas visiones reducidas o tradicionales de la NdC (Solbes, 2011).

Pregunta ¿Qué factores han influido en la evolución del conocimiento acerca de la fluorosis dental?

Para esta pregunta los participantes conciben que los factores que han influido en la construcción del conocimiento acerca de la Fluorosis dental son: la investigación y el conocimiento, las situaciones de carácter social, la investigación en comunidades o factores económicos (Figura 6.13).

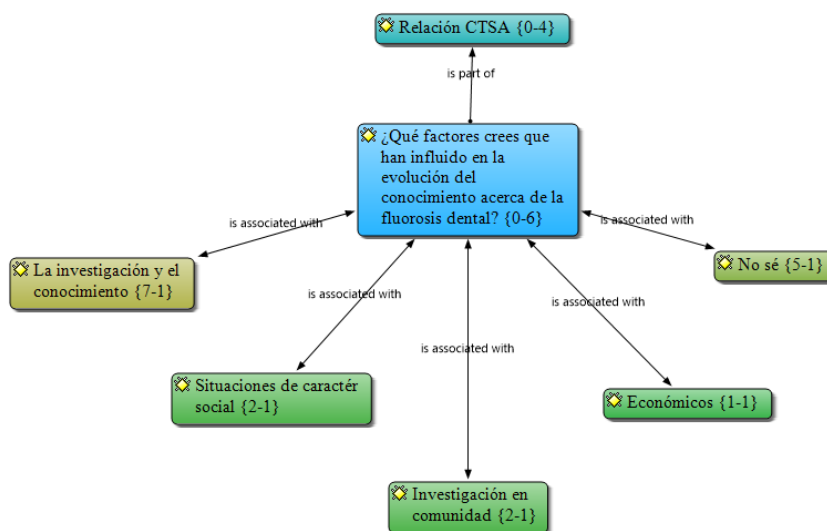


Figura 6.13: Subcategorías de la cuarta pregunta de Relación CTSA

La primera subcategoría muestra que 7 de los participantes mencionan que los factores que han influido en la construcción del conocimiento acerca de la Fluorosis dental son la investigación y el conocimiento. Lo anterior se puede ver justificado en respuestas como:

E2.CI: [Haciendo referencia a la pregunta: ¿Qué factores han influido en la evolución del conocimiento acerca de la Fluorosis dental?] “La investigación y el pensamiento”

E5.CI: [Haciendo referencia a la pregunta: ¿Qué factores han influido en la evolución del conocimiento acerca de la Fluorosis dental?] “Una mayor investigación y conocimiento”

En esta concepción se puede observar que los estudiantes tienen en cuenta el papel de la investigación y el conocimiento en la labor científica. Pero no incluyen en sus percepciones nada acerca de las relaciones internas y externas de la ciencia. Los estudiantes para esta subcategoría coinciden las concepciones en las categorías anteriores, donde se encontró que tenían en su mayoría visiones que desnaturalizan la ciencia.

En la siguiente, 2 de los estudiantes participantes afirman que los factores que han influido en la construcción del conocimiento acerca de la Fluorosis dental son las situaciones de carácter social. A modo de ejemplo, los participantes dan afirmaciones como:

E4.CI: [Haciendo referencia a la pregunta: ¿Qué factores han influido en la evolución del conocimiento acerca de la Fluorosis dental?] “El factor ha sido la mala protección de los dientes en cada uno de los habitantes y las investigaciones para resolver este problema”

Esta percepción integra aspectos relacionados con la influencia social. En este sentido, la construcción del conocimiento en torno a la fluorosis dental se ha dado por situaciones sociales, la ciencia busca una solución a problemáticas sociales. Esto converge con lo obtenido en las categorías anteriores (imagen de científico, naturaleza del conocimiento y construcción del conocimiento). Según esta subcategoría, la ciencia tiene una relación unidireccional con la sociedad y su función es interpretar los fenómenos; descartando cualquier repercusión de la sociedad a la ciencia.

Lo anterior también coincide con investigaciones como las de Torres (2014) donde se evidenció la concepción clásica y tradicionalista de la ciencia con relación a la sociedad y la cultura, en donde se concibe la ciencia y la tecnología como una actividad independiente de la sociedad en cuanto a que no se ve influenciada en ningún momento por los factores sociales, culturales, convicciones religiosas, entre otros. Así mismo, García *et al* (2001) denomina esta percepción como en un “*modelo lineal de desarrollo*”.

Así mismo, 2 estudiantes afirman que la investigación en comunidad ha influido en la construcción del conocimiento acerca de la Fluorosis dental. El estudiante E6 dice:

E6.CI: [Haciendo referencia a la pregunta: ¿Qué factores han influido en la evolución del conocimiento acerca de la Fluorosis dental?] “El factor de la investigación, el de compartir ideas, el de compartir opiniones y el trabajo en equipo”

Esta visión concuerda con los resultados de la pregunta *validación del conocimiento*. De tal forma que tiene en cuenta el funcionamiento interno de Ciencia como las discusiones, controversias, intereses particulares, entre otras situaciones relacionadas con la comunidad científica. No obstante, bajo esta perspectiva se ignoran las interacciones externas de la ciencia. Desde este análisis, ambas respuestas se consideran unidireccionales de las relaciones CTSA.

Por último, 1 estudiante menciona que el factor que ha influido en la construcción del conocimiento acerca de la Fluorosis dental es la economía. Muestra de ello, el estudiante E12 dice:

E12.CI: [Haciendo referencia a la pregunta: ¿Qué factores han influido en la evolución del conocimiento acerca de la Fluorosis dental?] “Factor económico”

Esta concepción tiene en cuenta la relación unidireccional entre sociedad y ciencia. En esta respuesta se observa que los factores económicos que tienen que ver con las relaciones externas de la ciencia afectan o influyen en la evolución del conocimiento acerca de la fluorosis dental. Sin embargo, es unidireccional porque no tiene en cuenta como la ciencia también influye en las sociedades.

Es de resaltar que 5 de los participantes no respondieron esta pregunta, mostrando desconocimiento. Los participantes consideran que el conocimiento científico se construye de manera unidireccional, ya sea porque mencionan que la ciencia influye en la sociedad o la sociedad influye en la ciencia. Pero en ninguna de las respuestas se evidencia que relacionen la multidireccionalidad de las ciencias. Desde esta perspectiva será difícil para los estudiantes

participar activamente de situaciones científicas que tengan impacto social y viceversa.

En efecto, esta categoría demuestra que los estudiantes como se mencionó en las anteriores categorías presentan concepciones de una ciencia neutral y tradicional, alejada de las situaciones humanas que realmente envuelven a la Ciencia. Además, los estudiantes no logran relacionar desde la multidireccionalidad la Ciencia con la Sociedad y el Ambiente; tampoco logran inferir aspectos relacionados a cuestiones políticas, económicas, culturales o intereses particulares.

Para concluir, este primer apartado de los resultados y análisis deja ver que es necesario promover la comprensión de la Naturaleza de la Ciencia desde el uso de CSC. Ya que esto les permitiría a los estudiantes abordar los problemas de su contexto desde varios campos de conocimiento (social, ambiental, científico, político, económico, cultural) para promover una percepción de ciencia más humana, provisional y falible, basada en una variedad de métodos y con múltiples relaciones. Además, favorecer la contrastación, la corroboración, la construcción de posturas más argumentadas, la toma de decisiones hasta la participación en la resolución de conflictos de su contexto relacionados con situaciones de tipo científico.

6.2. Presentación y análisis de los resultados de la aplicación de la secuencia

didáctica: Una cuestión Sociocientífica Fluorosis dental

En este apartado se presentan los resultados del diseño y la implementación de la Secuencia didáctica. Para sistematizar y analizar los resultados de la secuencia se abordarán las sesiones en orden según las actividades propuestas. Además, al inicio de cada sesión se expondrá cómo fue la implementación de la secuencia y qué expresaron los estudiantes cuando terminaba cada una de las actividades. Dado el caso, se mencionarán las categorías a las que se hace referencia cada sesión o actividad de la secuencia.

6.2.1. Primera sesión: Tras las huellas del Flúor

Esta sesión tal como lo muestra la tabla 6.1, se abordó inicialmente con una actividad de apertura, que consistía en entregarles por grupos de trabajo un vaso con algunos nombres o formulas químicas de elementos o compuestos relacionados con la fluorosis dental. Los estudiantes debían elegir *si esta sustancia realmente estuviera en un vaso ¿Se lo tomarían? ¿Por qué?* Las siguientes sustancias son las que estaban escritas en los papeles: Fluorita, Fluorapatita, Hidroxiapatita, CaF_2 , $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$, Flúor, Calcio, $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F})$, Bicarbonato de sodio y Ácido láctico.

| SESIÓN 1: TRAS LAS HUELLAS DEL FLÚOR | | | |
|---|--|---------|--|
| Propósito | Recursos | Tiempo | Descripción de las actividades |
| -Describir y reconocer la importancia de los antecedentes históricos para la obtención del Flúor -Incentivar la reflexión sobre las relaciones que la sociedad, el ambiente y la tecnología tienen con la ciencia. -Reconocer la fiabilidad, provisionalidad y progreso del conocimiento científico | -Vasos con el nombre del elemento o el compuesto químico. -Lectura Isaac Asimov “el electrón zurdo” Capitulo 18: Morir en el laboratorio -Vídeo: Historia del Flúor, Javier Santaolalla- Date un voltio. | 4 horas | ACTIVIDAD DE APERTURA: Conocimientos previos ACTIVIDAD 1: El electrón Zurdo- Isaac Asimov: Morir en el laboratorio ACTIVIDAD 2: Historia del Flúor según Javier Santaolalla-Date un voltio |

Tabla 6.1: Algunos aspectos didácticos de sesión 1: Tras las huellas del Flúor

En la actividad 1 se abordó en grupos de trabajo una lectura del divulgador científico

Isaac Asimov *El electrón zurdo- Capítulo 18: Morir en el laboratorio* (Anexo 5). Esta lectura hace un recorrido histórico desde el punto de vista de los científicos de cómo hicieron para descubrir, aislar y obtener el Flúor. En esta lectura se muestran los procedimientos químicos que realizaron, los aportes que cada uno realizó en la construcción del conocimiento científico acerca del Flúor con los obstáculos que se les presentó e incluso las muertes de algunos científicos que lo intentaron.

Luego de la lectura se socializó internamente en los grupos (Figura 6.14) y respondieron a las preguntas: *¿Cuáles fueron los personajes que intervinieron en el descubrimiento del Flúor? ¿Qué relaciones tenía el Flúor con la naturaleza y la sociedad?*, adicional a esto dibujaron a uno de los científicos que contribuyó en el descubrimiento del Flúor. Después se realizó la socialización de todos los grupos.



Figura 6.14: Socialización de la lectura de Isaac Asimov

Para terminar, se realizó la actividad 2 que giró en torno al vídeo de la historia del Flúor del divulgador científico Javier Santaolalla (Tabla 6.1). En este vídeo se expone de manera más dinámica y resumida la historia del Flúor que fue escrita por Isaac Asimov en 1977. A partir de esto se socializaron las respuestas de las preguntas: *¿Por qué era tan difícil obtener el flúor? ¿Por qué suele decirse que la ciencia es objetiva? ¿Se puede hablar de subjetividad en el ámbito de la ciencia?* y por último: *Javier Santaolalla es un Físico de*

partículas, pero además es Youtuber; en este caso: explica la ciencia a través de las redes sociales, especialmente en Youtube. ¿Estás de acuerdo con la forma que tiene Javier para divulgar la Ciencia? ¿Qué otras formas existan para divulgarla? ¿Qué importancia tiene esta divulgación?

A continuación, se presentan los principales resultados obtenidos en la sesión 1 según cada una de las actividades:

Actividad de apertura:

En esta actividad se encontró que los estudiantes desconocían la mayoría de las sustancias, sólo identificaban al Calcio y al Bicarbonato de Sodio y mencionan que sí la sustancias estuvieran en un frasco las consumirían. Los argumentos estaban relacionados con factores sociales y culturales. Para el caso del Calcio, afirmaban que habían escuchado que era bueno para sus huesos y que se encontraba en sustancias cómo la leche y el queso. Y para el caso del Bicarbonato de Sodio, mencionaron que sus familias lo usaban para aliviar malestares estomacales.

Además, mencionaron que consumirían las sustancias que estaban escritas con su fórmula química como: CaF_2 , $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$ y $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F})$ que corresponde a las sustancias de Fluorita, Hidroxiapatita y Fluorapatita. Los argumentos de ellos eran que estos compuestos contenían Calcio y por esta razón los consumirían. Al contrario, afirmaron que las sustancias que estaban escritas con nombres como el Flúor, la Fluorapatita, la fluorita y el ácido láctico no las conocían y que no las consumirían sin saber su naturaleza.

Lo anterior muestra que los estudiantes de grado Décimo no aplican los conceptos de elemento, compuesto y reacción química a su cotidianidad. Asumen que los compuestos por tener ciertos elementos van a conservar sus propiedades químicas y físicas. Situación que devela que su formación ha sido desde el aprendizaje de las teorías y conceptos químicos

alejados de su contexto.

Actividad 1: Morir en el laboratorio- Isaac Asimov

En esta actividad los estudiantes manifestaron que nunca habían realizado lecturas tan “antiguas” (1977) y de personajes que se encargaran de divulgar la ciencia. Además, afirmaron que la lectura había sido fácil de entender por la sencillez del lenguaje.

Para la pregunta *¿Cuáles fueron los personajes que intervinieron en el descubrimiento del Flúor?* los estudiantes debían elaborar una línea de tiempo señalando las personas que intervinieron y las contribuciones al descubrimiento del Flúor. Por consiguiente, esta pregunta indaga aspectos relacionados con la categoría *construcción del conocimiento*.

Los grupos G2, G3, G4 y G5 realizaron líneas de tiempo integrales, mostrando todas las contribuciones de cada científico. Incluyeron a los científicos que no lograron aislar y que incluso murieron o se enfermaron en el intento, pero que con sus posibles “errores” contribuyeron para que el siguiente científico avanzara en el descubrimiento.

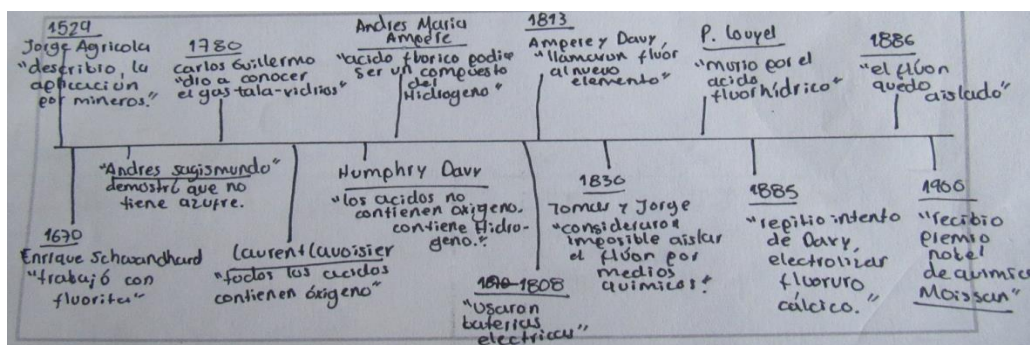


Figura 6.15: Línea de tiempo elaborada por estudiantes del G5

Muestra de ello, en la socialización de la pregunta un estudiante mencionó lo siguiente:

E10.S1A1.2: “Todos los científicos de la historia del Flúor contribuyeron en el descubrimiento del Flúor, incluso los que murieron aportaron algo para que los siguientes supieran que no hacer”

Por el contrario, el grupo G1 y G6 realizaron líneas de tiempo parciales, mostrando sólo las contribuciones “grandes” de los científicos, aquellas que aportaron conocimientos más significativos.

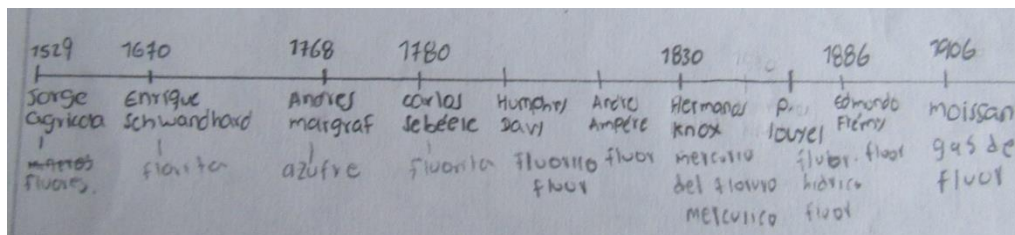


Figura 6.16: Línea de tiempo elaborada por estudiantes del G6

A partir de esta actividad se empiezan movilizar sus concepciones con respecto al pretest en la categoría *construcción del conocimiento científico*, puesto que ya se evidencia que los estudiantes tienen en cuenta situaciones de error, que están relacionadas con los múltiples métodos que pueden existir en ciencia para su construcción.

Para la siguiente pregunta *¿Qué relaciones tenía el Flúor con la naturaleza y la sociedad?* Los estudiantes debían encontrar las relaciones existentes entre el conocimiento acerca del Flúor con la naturaleza y la sociedad. Por consiguiente, la categoría que indaga es la de Relación CTSA.

Los grupos G2, G3, G5 y G6 mencionaron que el Flúor estaba relacionado con la sociedad porque había causado la muerte de muchos científicos y que se relacionaba con la naturaleza por su procedencia como mineral. Ejemplo de esto el grupo G2:

G2.S1A1: [Haciendo referencia a la pregunta *¿Qué relaciones tiene el Flúor con la naturaleza y la sociedad?*] “El flúor ha sido malo para las personas por acortar la vida de muchos científicos, para la naturaleza es un mineral que ayuda a descomponer metales y en lo social ayuda a grabar vidrios entre otras cosas”

Por otro lado, el grupo G4 mencionó que el Flúor estaba relacionado con la naturaleza por su procedencia como mineral y con lo social porque había sido descubierto por mineros.

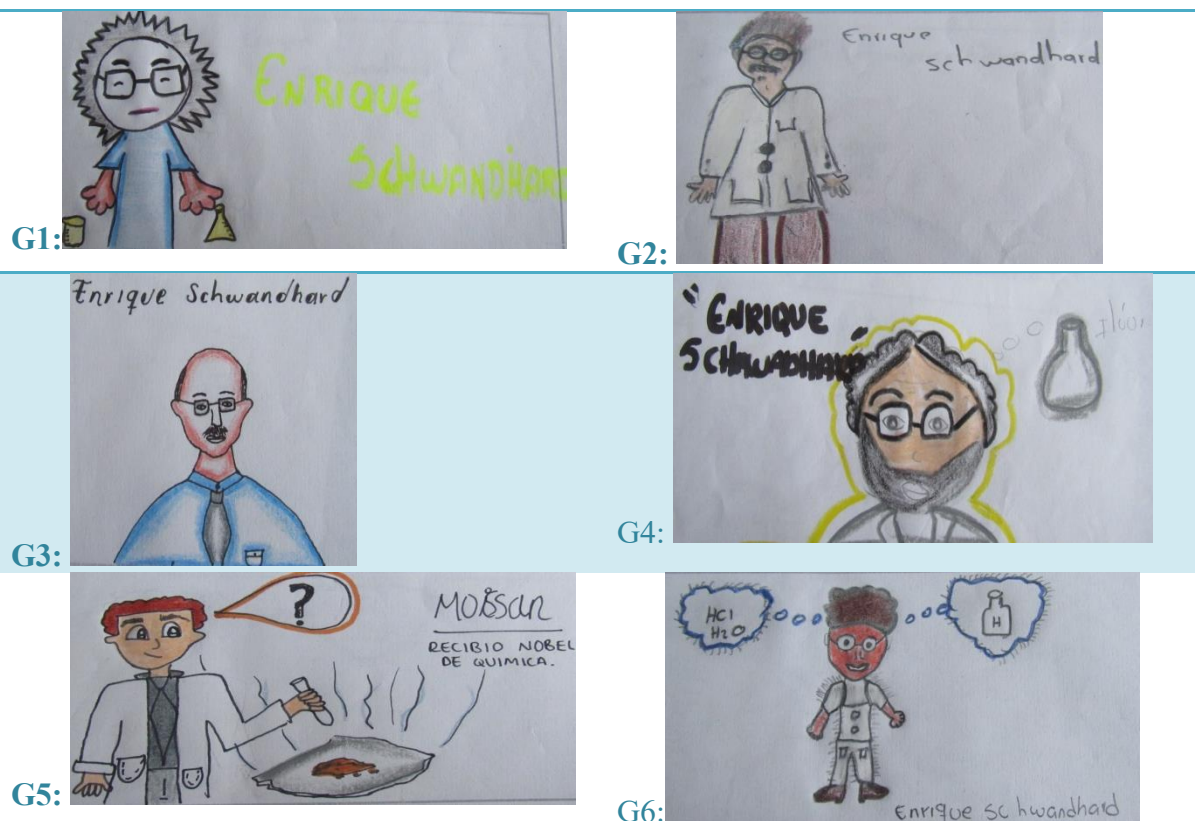
Ellos afirmaron:

G4.S1A1: [Haciendo referencia a la pregunta *¿Qué relaciones tiene el Flúor con la naturaleza y la sociedad?*] “que fue descubierto por mineros y el Flúor está hecho de naturaleza como lo es la roca”

Ambas respuestas son en términos generales similares, porque no se hacen inferencias de otras relaciones cómo la intervención del hombre en la naturaleza y la procedencia de la

mayoría de estos científicos (EE.UU). Tampoco se vincula hasta aquí la fluorosis dental como una relación del Flúor con la sociedad. Con esto se observa que aún se conservan unas concepciones unidimensionales de la relación CTSA. Al parecer es difícil para los estudiantes establecer las relaciones existentes con el conocimiento construido acerca del Flúor, la sociedad y el ambiente (Furió-Más; Furió-Gómez y Solbes, 2012).

La última actividad consistía en dibujar uno de los científicos que contribuyó en el descubrimiento del Flúor. Esta pregunta está relacionada con la categoría *Construcción del conocimiento e Imagen de científico*. Los participantes en general realizaron dibujos de los científicos con batas, gafas, canosos, viejos, solitarios, de raza blanca y con instrumentos de laboratorio, al parecer representando a un científico desde una mirada de ciencia positivista.



Estas percepciones de los estudiantes sobre la imagen de los científicos coinciden con los resultados de algunas investigaciones como las de Vásquez y Manassero (1998); Torrente y

Guevara (2014) y Serna y Vílchez (2018) que a través de dibujos o descripciones del aspecto físico de los científicos(as) evidenciaron que mayoritariamente los estudiantes conciben a los científicos bajo una visión estereotipada. De lo que Vásquez y Manassero (1998) denominan como *especie de química aplicada en el laboratorio*. Estas visiones están alejadas de la realidad científica y por ende de la naturaleza de la ciencia.

Actividad 2: Historia del Flúor- Javier Santaolalla

En esta actividad los estudiantes manifestaron que nunca habían visto a un científico “real” hacer divulgaciones científicas a través de las redes sociales, como es el caso de Javier Santaolalla, físico de partículas que publica videos en Youtube, Facebook, Twitter e Instagram acerca de la Física y algunos de Química bajo situaciones cotidianas.

Para la primera pregunta *¿Por qué era tan difícil obtener el flúor?* la categoría que indaga es *Naturaleza del conocimiento científico*.

Los grupos G1, G3, G4, G5 y G6 mencionaron que era difícil su obtención debido a la propiedad química: electronegatividad. A manera de ejemplo, citamos al grupo G6:

G6.S1A2: [Haciendo referencia a la pregunta *¿Por qué era tan difícil obtener el Flúor?*] “porque era una sustancia muy fuerte y arrancaba electrones de otra sustancia y era muy difícil separarlos de otra sustancia”

Según lo anterior, los participantes mencionan razones químicas de la dificultad de obtener el Flúor, pero no mencionan aspectos relacionados con la inversión en investigación, las coyunturas sociales o políticas que sucedieron en ese entonces. Tampoco mencionan que muchos científicos no lo intentaron aislar por intereses personales porque temían por sus vidas y por esta razón no lo intentaban.

Por otro lado, el grupo G2 mencionó “*Era muy arriesgado y al intentarlo se perdía la vida*”. Los participantes del grupo mencionan aspectos relacionados a los intereses personales de los científicos. Sin embargo, se muestra desconocimiento o ignoran las razones químicas

que también están implicadas en el descubrimiento del Flúor como por ejemplo su electronegatividad que fue un factor que influyó a que fuera el elemento químico con más tiempo de intentos para su descubrimiento.

Lo anterior deja ver que para para la mayoría de los participantes los temas científicos son exclusivamente de la ciencia, no tiene otras implicaciones como las económicas o de intereses personales. Aunque para este caso, los estudiantes muestran concepciones argumentadas desde el punto químico, evidenciando una progresión en la categoría de *Naturaleza del conocimiento científico*.

Para la siguiente pregunta *¿Por qué suele decirse que la ciencia es objetiva? ¿Se puede hablar de subjetividad en el ámbito de la ciencia?* la categoría que indaga es *la Naturaleza del conocimiento científico*.

Para los grupos G1, G2, G3 G4 y G6 la ciencia es objetiva y no puede ser subjetiva porque es absoluta, inmutable e infalible. En términos de ellos, citamos al grupo G2 y al grupo G4:

G2.S1A2: [Haciendo referencia a la pregunta *¿Por qué suele decirse que la ciencia es objetiva? ¿Se puede hablar de subjetividad en el ámbito de la ciencia?*] “La ciencia es objetiva porque siempre va a llegar a un solo punto. Se podría decir que si pero el punto de la ciencia es absoluto y no se puede discutir”

G4.S1A2: [Haciendo referencia a la pregunta *¿Por qué suele decirse que la ciencia es objetiva? ¿Se puede hablar de subjetividad en el ámbito de la ciencia?*] “porque es solo lo que digan los científicos, no hay subjetividad en ciencia”

Al contrario, el grupo G5 admite que la ciencia puede ser subjetiva porque depende del sujeto que la haga. Ellos afirman: *“la ciencia es objetiva porque cada científico puede tener un diferente procedimiento pero siempre va dar un mismo resultado, y puede ser subjetiva porque cada uno piensa cosas distintas”*

Para la mayoría de estudiantes del grado décimo de la IE Cascajal la ciencia no puede ser vista como un conocimiento provisional y con carácter dinámico y evolutivo.

Y por último la pregunta *¿Estás de acuerdo con la forma que tiene Javier para divulgar la Ciencia? ¿Qué otras formas existan para divulgarla? ¿Qué importancia tiene esta divulgación?* Indaga la categoría de *construcción del conocimiento*.

Todos los grupos estuvieron de acuerdo en la forma que tiene Javier para divulgar la Ciencia, afirmando que las redes sociales son el medio que más usan y de allí extraen la mayoría de la información. Además mencionan que es importante divulgar la información porque las personas necesitan conocer los avances y lo relacionado a la Ciencia. Muestra de esto, algunos respondieron así:

G1.S1A2: [Haciendo referencia a la pregunta *¿Estás de acuerdo con la forma que tiene Javier para divulgar la Ciencia? ¿Qué otras formas existan para divulgarla? ¿Qué importancia tiene esta divulgación?*] “si estamos de acuerdo, porque las redes sociales es el medio donde más se busca información en la actualidad y es importante porque así lo verán más personas”

G2.S1A2: [Haciendo referencia a la pregunta *¿Estás de acuerdo con la forma que tiene Javier para divulgar la Ciencia? ¿Qué otras formas existan para divulgarla? ¿Qué importancia tiene esta divulgación?*] “Si estamos de acuerdo y creemos que se debería utilizar de una forma más divertida y actualizada para así llamar la atención del público joven y esto es muy importante ya que se daría a conocer mejor la ciencia”

Para esta actividad los participantes empiezan a reconocer la divulgación como parte de la actividad científica. Evidenciando algunas movilizaciones en sus concepciones con respecto al pretest, categoría *construcción del conocimiento*. Además, reconocen que la ciencia es importante y por ende debe divulgarse. Sin embargo, sus argumentos se conservan someros, puesto que no involucran conceptos propios de la ciencia y sus interacciones internas y externas.

Hasta aquí se puede señalar que si se incluye en la CSC aspectos relacionados con la Historia de la Ciencia, favorecerá algunas concepciones de la Comprensión de la Naturaleza de la Ciencia.

Cabe resaltar que a partir de lo encontrado hasta la segunda actividad, se empezó a enfatizar las discusiones en torno a comprender que la ciencia tiene implicaciones sociales.

6.2.2. Segunda sesión: El omnívoro de la tabla periódica

Esta sesión tal como lo muestra la tabla 6.2, se abordó inicialmente la actividad 1 que propone una situación problematizadora que según Quintanilla (2006) y Torrente y Guevara (2014) son situaciones científicas que incluyen el contexto y que con la resolución de la situación se promueve competencias de pensamiento científico. A partir de esto, se plantea una situación problematizadora “Elemento químico que baila” para favorecer las habilidades científicas y de pensamiento crítico como la generación de hipótesis y de procedimientos, la observación, la comparación, la experimentación, el análisis, la reformulación y la toma de decisiones.

Esta situación problematizadora que se desarrolló se encuentra en el Anexo 5. Trata de una chica, bailarina, estudiante de colegio que se interesa por saber acerca del Flúor y ella lo termina comparando con un bailarín. A partir de esto, se plantearon las preguntas problematizadoras -¿Cuál es el efecto de la crema dental para impedir la acidez sobre los dientes? ¿Por qué Ana cree que el Flúor es un excelente bailarín acaso cuáles son las propiedades físicas y químicas del Flúor?- que los participantes respondieron a manera de hipótesis en grupos de trabajo y también plantearon los posibles procedimientos para solucionar la pregunta. Luego de esto se realizó la socialización de todos los grupos con sus hipótesis y posibles procedimientos para resolver las preguntas de la situación problematizadora.

| SESIÓN 2: EL OMNÍVORO DE LA TABLA PERIÓDICA | | | |
|--|--|---------|---|
| Propósito | Recursos | Tiempo | Descripción de las actividades |
| -Describir y reconocer las propiedades físicas y químicas del Flúor -Incentivar la reflexión sobre la forma en que los científicos construye el conocimiento -Mejorar los hábitos de | -Situación Problematizadora -Lectura “Química del Flúor” -Materiales para la práctica de laboratorio el daño de los dientes -Cartulinas para la | 8 horas | ACTIVIDAD 1: Situación problematizadora: “Elemento químico que baila” ACTIVIDAD 2: Práctica de laboratorio “El daño de los dientes” ACTIVIDAD 3: “La química del Flúor” ACTIVIDAD 4: Personificación del |

| | | | |
|---------------|-----------------|--|-------|
| higiene bucal | personificación | | Flúor |
|---------------|-----------------|--|-------|

Tabla 6.2: Algunos aspectos didácticos de sesión 2: El Omnívoro de la tabla periódica

En la actividad 2 se utilizaron los posibles procedimientos planteados en la situación problematizadora para realizar una práctica de laboratorio sobre “El daño de los dientes” (Ver anexo 5). Se utilizaron huevos porque su composición química es de CaCO_3 y reacciona con los ácidos de manera similar a cómo lo hacen los dientes. Los estudiantes debían observar los huevos y registrar sus observaciones (Textura y color), luego debían etiquetar los vasos y verter los líquidos que llevaron a clase (leche, agua, Gatorade y Coca-Cola). Luego debían tomar dos huevos, a uno aplicarle crema dental y al otro no, después sumergirlos en un vaso con vinagre (Ver figura 6.17). Seguido a esto, debían tomar las observaciones pasados 20 minutos, 4 horas y 24 horas. Por último debían responder unas preguntas relacionadas a la práctica y de nuevo la pregunta problematizadora.



Figura 6.17: Práctica de laboratorio “el daño de los dientes”

Para la actividad 3 los participantes realizaron la lectura “La química del Flúor” (Ver anexo 4), donde se relata las propiedades químicas, físicas y los usos cotidianos del Flúor. Para esta lectura ya se utilizó un lenguaje químico para que los estudiantes empezaran a familiarizarse con los conceptos propios de la ciencia. A partir de esto, resolvieron las preguntas orientadoras y la pregunta problematizadora por grupos de trabajo que luego fueron socializados en todo el salón.

Por último, en la actividad 4 realizaron la personificación del Flúor. La intención era

que dotaran de características humanas a un elemento químico utilizando las propiedades físicas y químicas en este caso del Flúor. Se entregaron unos ejemplos diseñados por un dibujante (ver anexo 5). Los participantes realizaron sus dibujos en un octavo de cartulina y realizaron las descripciones del mismo.

A continuación, se presentan los principales resultados obtenidos en la sesión 2 según cada una de las actividades:

Actividad 1: Situación problematizadora: “Elemento químico que baila”

En esta actividad los estudiantes manifestaron que les parecía muy difícil plantear los posibles procedimientos, porque no eran actividades que solían hacerse en sus clases. Pues los procesos siempre los asignaba el docente y ellos solo los ejecutaban. Para el planteamiento de las hipótesis, los participantes utilizaron algunos conceptos de la ciencia.

Para la primera pregunta problematizadora *¿Cuál es el efecto de la crema dental para impedir la acidez sobre los dientes?* los estudiantes respondieron así: el grupo G1, G2, G3, G4 y G5 mencionaron que el efecto de la crema era gracias al Flúor que contiene. Puesto que este elemento impedía que se formen los ácidos que producen las bacterias y que provocan caries dental. A modo de ejemplo se cita al grupo G1:

G1.S2A1: [Haciendo referencia a la pregunta *¿Cuál es el efecto de la crema dental para impedir la acidez sobre los dientes?*] “El flúor en la pasta dental impide que se forme ácidos que producen bacterias (ácido láctico) y este ácido forma enormes agujeros negros de caries”

En cambio, el grupo G6 no mencionó la razón por la que el Flúor previene la caries dental, solamente dijo:

G6.S2A1: [Haciendo referencia a la pregunta *¿Cuál es el efecto de la crema dental para impedir la acidez sobre los dientes?*] “El efecto de la crema es el Flúor”

Para la segunda pregunta problematizadora *¿Por qué Ana cree que el Flúor es un excelente bailarín, acaso cuales son las propiedades físicas y químicas del Flúor?* todos los grupos mencionaron que Ana cree que el Flúor es un excelente bailarín, porque este elemento

tiene alta electronegatividad y puede reaccionar con cualquier otro elemento fácilmente incluso con los gases nobles. Esto es reflejado en afirmaciones como las de los grupos G3 y G5:

G3.S2A1: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Por qué Ana cree que el Flúor es un excelente bailarín, acaso cuales son las propiedades físicas y químicas del Flúor?] “Porque el Flúor tiene la capacidad de reaccionar con todos los elementos. Es un elemento mineral que se funde con mayor facilidad”

Ejemplo de respuesta de la primera y segunda pregunta problematizadora del grupo G3:

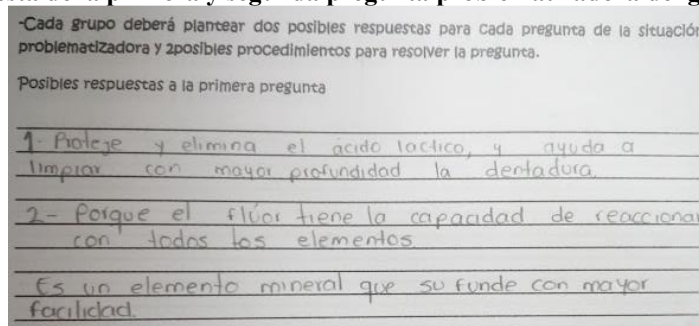


Figura 6.18: Respuestas de la primera y segunda pregunta problematizadora del grupo G3

G5.S2A1: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Por qué Ana cree que el Flúor es un excelente bailarín, acaso cuales son las propiedades físicas y químicas del Flúor?] “Ana cree que el Flúor es un excelente bailarín porque es un elemento que reacciona con todos los elementos por su alta electronegatividad e incluso con los gases nobles”

Lo anterior deja ver que la mayoría de los estudiantes empiezan a mencionar al Flúor como sustancia importante en sus productos odontológicos para la prevención de la caries dental. A partir de esto, se puede evidenciar la progresión de los estudiantes con respecto al pretest, ya que para esta pregunta abordan razones con fundamentos científicos. Desde de la socialización se pudo observar en los estudiantes actitudes de motivación por resolver la situación problema.

Para los posibles procedimientos que aplicarían para resolver la pregunta problematizadora los estudiantes plantearon diferentes procesos. Por ejemplo el grupo G1 afirmó que utilizaría la búsqueda bibliográfica, muestra de ello dijo: “*buscar tutoriales en Youtube e información sobre esto y así llegar a resolver la pregunta. Leer el documento para*

poder saber bien la opinión de Ana". Mientras que los grupos G2, G3, G4 y G6 mencionaron que utilizarían un *"tipo de práctica de laboratorio"* utilizando la crema dental. A modo de ejemplo, se cita al grupo G3:

G3.S2A1: [Haciendo referencia a la pregunta *¿Cuál sería el posible procedimiento para resolver la pregunta problema?*] *"Realizando investigaciones acerca de lo que han venido haciendo otros científicos y a las conclusiones que han llegado. Realizando varios experimentos"*

Por otro lado el grupo G5 manifestó cuál sería el proceso que aplicaría explicando el paso a paso: *"Procedimiento: llenamos un vaso con vinagre, luego bañamos con crema dental completamente el huevo, ya teniendo el huevo cubierto con crema dental lo insertamos en el vaso con vinagre y demás de un tiempo y esperamos que reacción química y física se da. Conclusión: la cascara de huevo va a tomar mayor resistencia"*

En lo anterior, se puede evidenciar que los estudiantes no están acostumbrados y les es difícil plantearse posibles procesos para solucionar problemáticas relacionadas con aspectos científicos. Esto puede deberse a que las prácticas de laboratorio que se trabajan en la mayoría de instituciones giran en torno a seguir una *"receta de cocina"*, dejando de lado aspectos críticos y por ende del contexto. Este tipo de situaciones pueden provocar visiones deformadas de la actividad científica, como se evidenció en el pretest donde los estudiantes mencionaban que los científicos solo buscaban respuestas a las preguntas y aplicaban unos *"paso a paso"*. Por ende, realizar actividades donde los estudiantes planten como resolver las situaciones puede favorecer la comprensión de la Naturaleza de la Ciencia.

Actividad 2: Práctica de laboratorio "El daño de los dientes"

En esta actividad los estudiantes mencionaron que les gustó porque pudieron experimentar a partir de las hipótesis y los procedimientos planteados por ellos mismos. Afirmaron que este tipo de actividades no son comunes en su institución. Muestra de ello un estudiante menciona: E5: *"Lo que más me gusto de la actividad fue la parte de los*

experimentos que realizamos ya que logramos resolver las dudas que teníamos de la situación problema de Ana, además estas actividades no se realizan muy constante en la institución y me parece algo muy chévere”

Para las preguntas *¿Qué piensan que va a pasar con sus dientes si tomas líquidos que son ácidos? ¿Por qué? y ¿Qué bebida piensa usted que es la mejor para sus dientes? ¿Por qué?* que indaga aspectos de la *categoría naturaleza de la ciencia*. Los grupos G1, G2, G3, G5 y G6 coinciden al afirmar que cuando se consume líquidos ácidos sus dientes pierden minerales- desmineralización de la Hidroxiapatita- provocando caries dental. Los grupos dan respuestas como:

G1.S2A2: [Haciendo referencia a la pregunta *¿Qué piensan que va a pasar con tus dientes si tomas líquidos que son ácidos? ¿Por qué?*] “Si tomamos líquidos ácidos los dientes se van a desmineralizar porque los ácidos hace que los dientes pierdan sus propiedades”

G5.S2A2: [Haciendo referencia a la pregunta *¿Qué piensan que va a pasar con sus dientes si tomas líquidos que son ácidos? ¿Por qué?*] “Se van a debilitar, porque se va a perder el calcio de los dientes haciendo que se debiliten con más facilidad, degradando la Hidroxiapatita”

Además, estos mismos grupos afirman que las mejores bebidas para sus dientes son el agua y la leche, porque según sus observaciones estas sustancias no degradarían los dientes. A diferencia de sustancias como la gaseosa Coca-cola y el Gatorade que son más ácidas y por ende fomentarían la caries dental. A modo de ejemplo, se cita al grupo G2:

G2.S2A2: [Haciendo referencia a la pregunta *¿Qué bebida piensa usted que es la mejor para sus dientes? ¿Por qué?*] “Agua y leche porque son las sustancias no ácidas y así no se degradará la Hidroxiapatita que es de lo que están hechos los dientes”

Por otro lado, el grupo G4 afirmó que al consumir bebidas ácidas sus dientes se van a manchar. Además, mencionan que el agua es la única sustancia que consumirían.

G4.S2A2: [Haciendo referencia a la pregunta *¿Qué piensan que va a pasar con sus dientes si tomas líquidos que son ácidos? ¿Por qué?*] “La va a manchar, va a dar el tono amarillento porque de pronto son muy fuertes los ácidos”

G4.S2A2: [Haciendo referencia a la pregunta *¿Qué bebida piensa usted que es la mejor para sus dientes? ¿Por qué?*] “el agua porque no tiene ningún efecto en los dientes y no afecta la estructura”

Según lo anterior, los participantes en su mayoría mencionan que las sustancias ácidas son las que pueden provocar la caries dental. Cabe resaltar, que ninguno de los grupos relacionó esta situación con el ácido que excretan las bacterias. Las respuestas de los grupos de estudiantes dejan ver que para esta segunda actividad de la segunda sesión ya están utilizando conceptos científicos como la desmineralización del esmalte dental (Hidroxiapatita).

En la socialización de la actividad los participantes expresaron que no se cepillaban sus dientes después del almuerzo escolar, que ellos se los cepillaban sólo cuando llegaban a casa (4pm). A partir de esta experiencia los participantes afirman que empezarán a cuidar más sus dientes cepillándolos tres veces al día y correctamente, además alimentándose de mejor manera. Durante la socialización también mencionaron preguntas como *¿Si este es el daño que estas bebidas causan a nuestros dientes, qué otros daños causarán a nuestro cuerpo o nuestros huesos?*

Al finalizar la actividad los estudiantes volvieron a responder la pregunta problematizadora, en la siguiente tabla se muestran las concepciones antes y después de la resolución de la situación:

[Haciendo referencia a la pregunta Situación Problema: *¿Cuál es el efecto de la crema dental para impedir la acidez sobre los dientes?*]:

| Grupo | Antes | Después |
|-------|---|---|
| G1 | <i>“El flúor en la pasta dental impide que se forme ácidos que producen bacterias (ácido láctico) y este ácido forma enormes agujeros negros de caries”</i> | <i>“porque protege los dientes para prevenir que el ácido producido por las bacterias afecte los dientes”</i> |
| G2 | <i>“Nosotros creemos que el efecto de la crema dental impiden que se forme el ácido láctico que es el responsable de crear la caries”</i> | <i>“Con la ayuda de la crema dental se impide que el ácido láctico dañe el diente, gracias a la formación de Fluorapatita que se da por la reacción con el Flúor aplicado que contiene la crema dental”</i> |
| G3 | <i>“Protege y elimina el ácido láctico, y ayuda a limpiar con mayor profundidad la dentadura”</i> | <i>“proteger la dentadura impidiendo que se forme el ácido láctico que forma la caries”</i> |
| G4 | <i>“Impedir que se formen ácidos que producen bacterias y agujeros negros”</i> | <i>“la ayuda de la crema dental al contener el Flúor evita el ácido láctico que es la causa de la caries. El Flúor elimina o neutraliza el ácido láctico”</i> |
| G5 | <i>“El efecto de la crema dental para impedir</i> | <i>“el efecto que tiene es proteger el diente de las</i> |

| | | |
|----|---|---|
| | <i>la acidez en los dientes, es que básicamente impide la acidez de las bacterias haciendo imposible el desarrollo de las caries en nuestros dientes”</i> | <i>bacterias impidiendo la pérdida de la Hidroxiapatita y del color original de los dientes, por ende su calcio y mantiene una buena protección dental”</i> |
| G6 | <i>“El efecto de la crema es el Flúor”</i> | <i>“el efecto es más protección porque tiene Flúor y este no deja que dañen los dientes por culpa de las bacterias que producen el ácido”</i> |

Tabla 6.3: Concepciones antes y después de la resolución de la primera pregunta problematizadora

En las anteriores concepciones se puede evidenciar que al finalizar los grupos muestran argumentos utilizando razones científicas producto de la resolución de la pregunta y de la práctica de laboratorio “el daño de los dientes”. Además, que el uso de prácticas de laboratorio contextualizadas favorece la habilidad científica de indagación (procesos científicos y destrezas relacionadas con la aplicación de la metodología científica). Que según Vásquez y Manassero (2012) es un aspecto importante en la comprensión de la naturaleza de la Ciencia.

Actividad 3: La química del Flúor

Para esta actividad los estudiantes manifestaron que no les agradó, puesto que debían hacer lectura de conceptos propios de la ciencia y que les era más difícil entender. Además, afirmaron que las actividades contenían muchas preguntas y que eso los “aburría”. Situación que sirvió para modificar las siguientes sesiones. Se optó por disminuir el número de preguntas y aplicar más la socialización. A modo de ejemplo un estudiante dijo: E11: *Esta actividad me gustó, pero me interesaría más que socializáramos más y que nos hiciera menos preguntas para escribir, ya que vuelve hay veces aburridor.*

Para la pregunta *Utilizando las experiencias de las últimas sesiones indica ¿Cómo los científicos construyen su conocimiento?* la categoría que indaga es la *construcción del conocimiento*.

Los grupos conciben la construcción del conocimiento: experimentando, usando el método científico, buscando respuestas, a partir de errores o gracias al pensamiento de los

científicos anteriores.

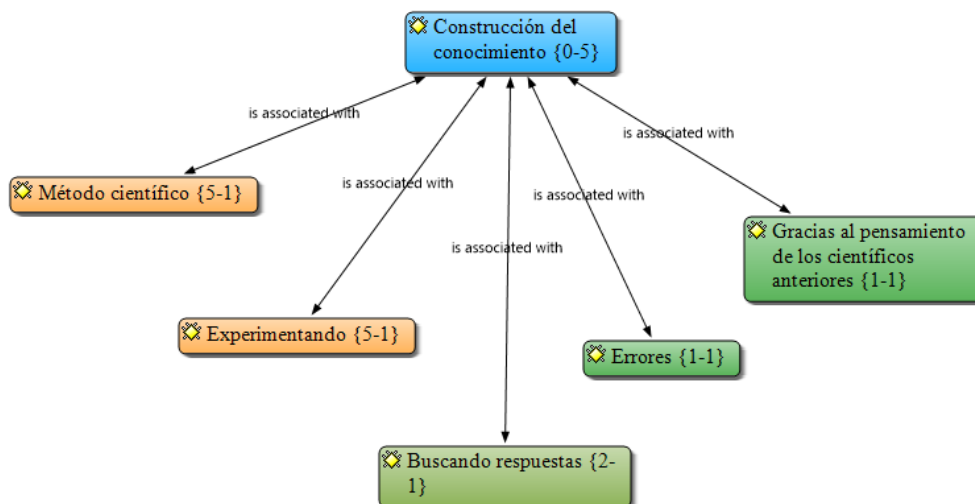


Figura 6.19: Subcategorías de construcción del conocimiento científico

Para la sistematización se tuvo en cuenta que los grupos de estudiantes en sus respuestas mencionan una o más de una subcategorías. De igual forma se menciona la frecuencia de cada respuesta con relación al total de menciones dadas.

Para las afirmaciones del *método científico* y de *experimentando* los participantes de los grupos mencionaron 5 veces el método científico y 5 veces la experimentación. Para *buscando respuestas* los grupos mencionaron tan solo 2 veces, y por último para los *errores* y *gracias al pensamiento de los científicos anteriores*, los participantes mencionaron 1 vez cada una.

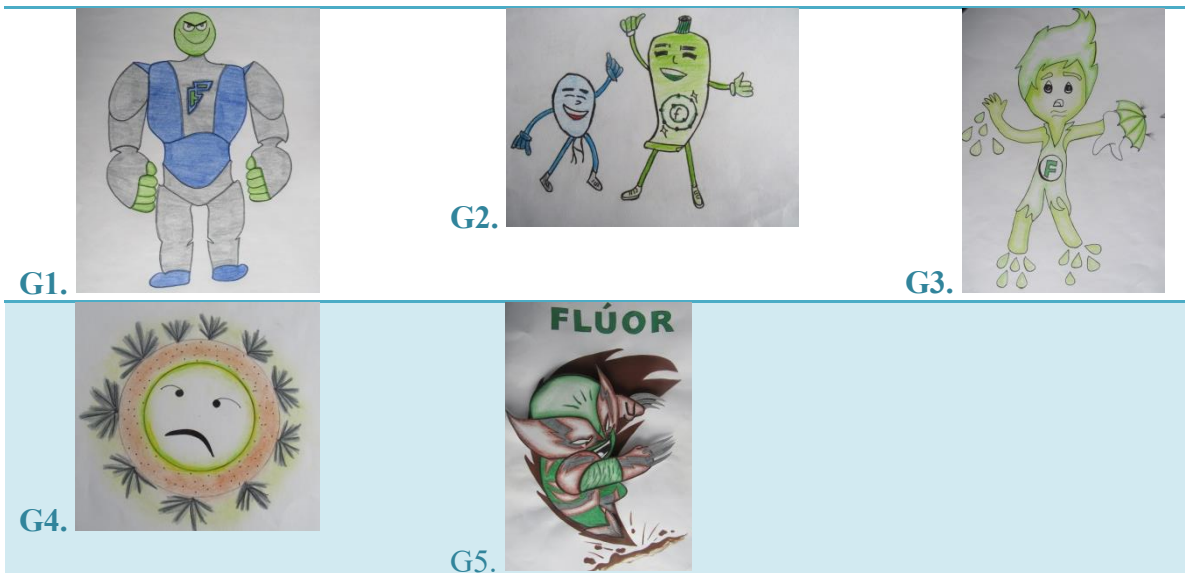
En lo anterior se puede observar una movilización en las concepciones de construcción del conocimiento, ya que los estudiantes no reducen este proceso a un solo método, sino que nombran más de uno y en este caso dos categorías nuevas que son los *errores* y *gracias al pensamiento de los científicos anteriores*. Estas últimas dos respuestas, aunque minoritarias, dejan ver que los estudiantes empiezan a integrar otras situaciones que están relacionadas con la Naturaleza de la Ciencia.

En investigaciones como las de Ruiz, Solbes y Furió (2013) se propone que las CSC pueden desarrollar pensamiento crítico; a pesar de esto, encontraron que los estudiantes *sostienen sus argumentos en las percepciones inmediatas a la realidad y en el sentido común*; por esta razón proponen, que las CSC además de ser abordadas con debates y socializaciones, deben tener actividades similares a la resolución de situaciones problematizadoras.

Como se ha mostrado en esta sesión el uso de situaciones problematizadoras en el aula favorece las habilidades científicas, que son parte de las competencias de pensamiento crítico que están relacionadas con la comprensión de la Naturaleza de la Ciencia (Torres y Solbes, 2015). Para esta sesión ya se observaron movilizaciones en las concepciones iniciales (pretest) y los participantes empezaron a mostrar razones argumentadas utilizando conceptos científicos.

Actividad 4: Personificación del Flúor

Para esta actividad el grupo G6 no participó, debido a que ambos estudiantes no asistieron. A continuación se presentan los dibujos de las personificaciones de los grupos G1-G5.



Los grupos G1 y G5 lo identifican como un personaje fuerte por su *electronegatividad*, lo pintan de *color verde* por su coloración natural, se puede decir que para estos grupos el Flúor es un superhéroe por los usos que el hombre le ha dado. Para el grupo G2 y G3 el Flúor es un elemento que ayuda a las personas para *proteger sus dientes*, además representan la capacidad que tiene de “*Fluir*”. Por último el grupo G4 no evidencia ninguna propiedad relacionada con el Flúor y ninguna personificación.

Estas representaciones del Flúor son otra manera para indagar en los estudiantes la relación que creen que existe entre este elemento y la sociedad. Esto significa que para la mayoría de los estudiantes de grado Décimo el Flúor es un elemento con alta electronegatividad que por sus características químicas favorece con algunos usos al ser humano. Cabe resaltar, que cuando se hizo la actividad se aclaró que este era un ejercicio para identificar las concepciones y no para deformar en ellos la imagen que podría existir de los elementos químicos.

Con relación a la actividad 2 de la sesión 1 donde se indagó textualmente *¿Qué relaciones tiene el Flúor con la naturaleza y la sociedad?* los grupos G2, G3, G5 y G6 mencionaron que el Flúor estaba relacionado con la sociedad de manera negativa, porque era un elemento que no beneficia a los seres humanos. Esto quiere decir, que los estudiantes tuvieron movilizaciones en cuanto a sus concepciones del Flúor. Ahora lo ven como un elemento que puede ser muy fuerte, pero que puede traer beneficios a los seres humanos. Es decir, que esta actividad permitió conocer a través de las imágenes o los símbolos, la concepción que los estudiantes tienen acerca del Flúor y de cómo este se relaciona con la sociedad.

6.2.3. Tercera sesión: El laberinto del Flúor

Esta sesión tal como lo muestra la tabla 6.4, se abordó inicialmente con la actividad 1

que consistió en hacer lectura de un texto que cuenta la historia de la Fluorosis dental, desde su descubrimiento hasta la actualidad. Luego se realizó la socialización del texto por medio de diapositivas donde se incluían varios gráficos, esquemas y mapas. Seguido a esto, los participantes debían en grupos de trabajo responder a unas preguntas orientadoras (Ver figura 6.20): Según la lectura: *¿Qué proceso se sigue en ciencia para que se acepte un nuevo conocimiento científico o se rechace el anterior? Describe tu respuesta con un ejemplo, Dibuja uno de los científicos que contribuyó al descubrimiento de la fluorosis dental, ¿Crees que fluoración del agua potable es una buena medida para evitar la caries dental? ¿Por qué?, ¿Cuáles son los métodos que utilizaron los científicos para llegar a sus conclusiones? Esquematízalos.* Después se realizó la socialización grupal.



Figura 6.20: Socialización de la lectura Check-In de la fluorosis dental

| SESIÓN 3: EL LABERINTO DEL FLÚOR | | | |
|--|---|---------|--|
| Propósito | Recursos | Tiempo | Descripción de las actividades |
| -Describir y reconocer la fluorosis dental -Identificar y reconocer los procesos que los científicos llevan a cabo para la construcción de conocimiento -Incentivar la reflexión sobre los científicos y su papel en la sociedad -Reconocer el papel de las empresas productoras, de los científicos, los políticos, la cultura y la sociedad en la construcción del saber científico | -Lectura “Historia de la fluorosis dental” -Noticias Fluorosis dental -Panorama de la Fluorosis dental en Colombia INS-Video -Juego de Roles | 6 horas | Actividad 1: Check-In de la fluorosis dental Actividad 2: Retro creatividad Actividad 3: El radar de las noticias Actividad 4: Panorama de la fluorosis dental en Colombia: Aquí, allí, y en todas partes Actividad 5: Juego de Roles |

Tabla 6.4: Algunos aspectos didácticos de sesión 3: El laberinto del Flúor

Luego, se realizó la actividad 2 en la que los estudiantes tenían que diseñar una historieta con la historia de la fluorosis dental. Los parámetros para el diseño se pueden ver en

el anexo 5.

Se continuó con la actividad 3 en la que se entregaron a los estudiantes noticias relacionadas con la fluorosis dental en Colombia y en el Huila (Ver anexo 5). La intención de la actividad era que los estudiantes leyeran la noticia y luego propusieran una pregunta. A partir de esto, se realizó una socialización con todos los grupos.

Seguido a esto, se realizó la actividad 4 la cual se utilizó para que los participantes conocieran sobre el panorama de la fluorosis dental en Colombia y en el Huila, se utilizaron diapositivas y dos vídeos: uno del INS (*¿Sabes qué es la fluorosis dental y la exposición al flúor?*) y otro de una entrevista a una funcionaria del Ministerio de Salud de Colombia (*Fluorosis Dental invitada Sandra Misnaza Castrillón Odontóloga Salubrista*) los links se encuentran en el anexo 5 y por último, una socialización con unas preguntas orientadoras.

Para terminar, se realizó la actividad 5 donde los estudiantes debían asumir un rol según la situación dada (Ver anexo 5). La situación fue diseñada utilizando una controversia que había en una comunidad indígena cercana a Cascajal que se llama Yanacona y la potabilización del agua con Flúor. Cada estudiante asumió un rol (Representante Indígena, Alcalde(sa) , Odontóloga(o) , Representante de OMS, Niño(a) indígena, Mujer indígena embarazada, Periodista, Empresario de Flúor) y se procedió a realizar un debate que giró en torno a la pregunta: *¿Estaría de acuerdo con la fluoración del agua potable? ¿Por qué?* Al finalizar cada estudiante sacó las conclusiones del debate.



Figura 6.21: Debate juego de roles

A continuación, se presentan los principales resultados obtenidos en la sesión 3 según cada una de las actividades:

Actividad 1: Check-In de la Fluorosis dental

En esta actividad los estudiantes estuvieron sorprendidos porque muchos de ellos tienen esta enfermedad, pero no sabían que era un problema de salud pública en Colombia, y que ellos no eran los únicos afectados. A manera de ejemplo, un estudiante dijo: E18: *“La actividad me gustó mucho porque hubo un gran cambio en mi conocimiento ya que yo padecía de esta enfermedad y no sabía las razones por las cuales me dio”*.

Para la pregunta *¿Qué proceso se sigue en ciencia para que se acepte un nuevo conocimiento científico o se rechace el anterior? Describe tu respuesta con un ejemplo* indaga la categoría de *construcción de conocimiento*.

Los grupos G3, G4, G5 y G6 manifestaron que el proceso es llevar sus conclusiones a una comunidad científica o a la sociedad y que ellos son quienes validan su conocimiento, además afirman que cuando algún científico comete un error es en comunidad como se intentan solucionar. Muestra de ello, el grupo G6 menciona:

G6.S3A1: [Haciendo referencia a la pregunta *¿Qué proceso se sigue en ciencia para que se acepte un nuevo conocimiento o se rechace el anterior? Describe tu respuesta con un ejemplo*] *“la verdad, los científicos deben presentar sus trabajos a otros científicos o a las comunidades para que ellos acepten el nuevo conocimiento. Ejemplo: lo que le pasó a Mckay”*

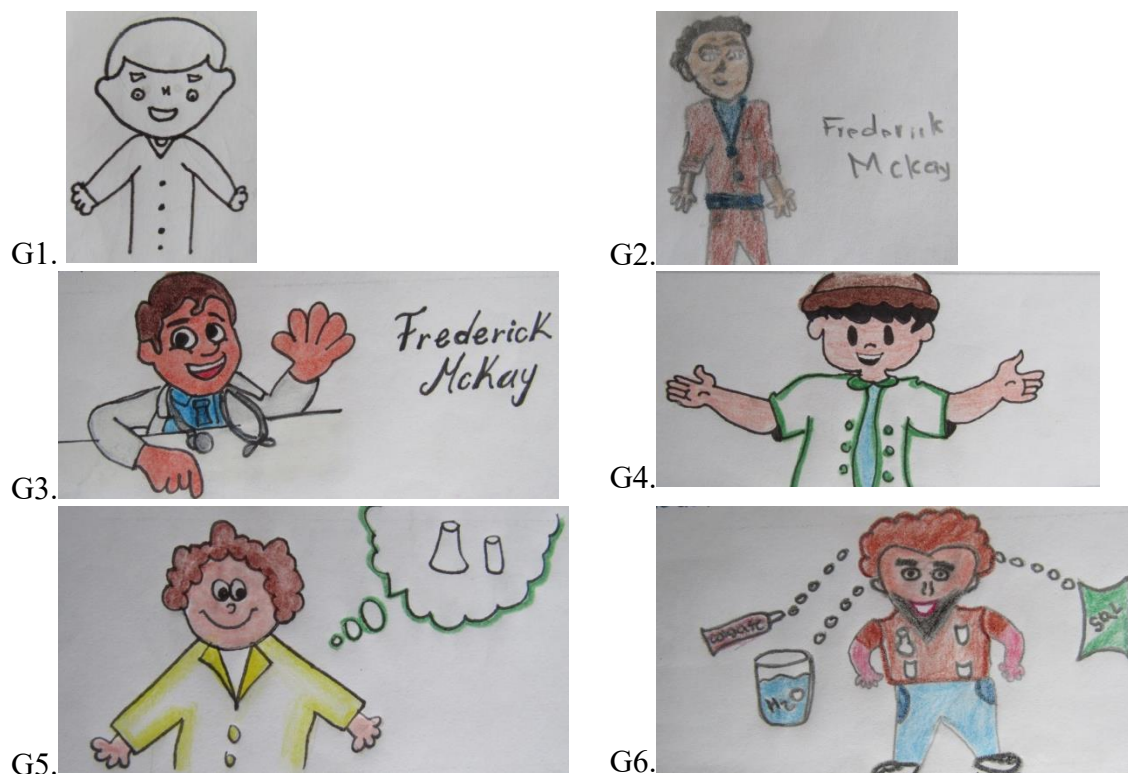
Por otro lado, los grupos G1 y G2 afirman que los científicos deben presentar sus conclusiones, pero no mencionan a quienes. A modo de ejemplo, el grupo G1 dijo:

G1.S3A1: [Haciendo referencia a la pregunta *¿Qué proceso se sigue en ciencia para que se acepte un nuevo conocimiento o se rechace el anterior? Describe tu respuesta con un ejemplo*] *“Los científicos tienen que presentar las evidencias para que prueben que su investigación es cierta”*

En lo anterior se muestra una movilización en las concepciones iniciales de los participantes, ya que inicialmente no mencionaban el trabajo en comunidades científicas, desconocían el trabajo de grupos de investigación o de semilleros de investigación. Incluso un

grupo mencionó el ejemplo del científico Frederick Mckay quien trabajo con un grupo de investigación y sus conclusiones fueron validadas por ellos, la sociedad y el gobierno. Para este momento de la secuencia los estudiantes admiten que la construcción del conocimiento científico no es siempre individual, también se debe al trabajo de grupos. Sin embargo, aún no se mencionan otros aspectos que involucran las relaciones con la ciencia externa.

La siguiente actividad consistía en dibujar uno de los científicos que contribuyó al descubrimiento de la fluorosis dental. Esto está relacionado con las categorías *Construcción del conocimiento e Imagen de científico*. A continuación se muestran los dibujos de los grupos:



Para este momento de la secuencia didáctica los estudiantes han movlizado sus concepciones acerca de la imagen de científico. Puesto que al iniciar la secuencia en la sesión 1 actividad 1, ellos dibujaron a los científicos como viejos con gafas, con batas y canosos.

Para esta actividad se observa que los participantes realizan dibujos de científicos con aspectos de una persona normal, incluso como médicos u odontólogos. Cabe resaltar que los dibujan con instrumentos de laboratorio, esto permite evidenciar que los estudiantes sostienen que los científicos pueden ser personas normales, sin atribuciones extraordinarias, pero que deben tener cuerpos coherentes de conocimiento, habilidades y por trabajar en las Ciencias Exactas están inmersos en un campo que en este caso puede ser un laboratorio.

Además, para el pretest se evidenció que los estudiantes manifestaron que un odontólogo no podría ser un científico; esto quiere decir, que los resultados de esta actividad muestran una progresión en las concepciones iniciales de los estudiantes; al parecer, gracias al abordaje de la historia de la ciencia pero en especial por utilizar una cuestión Sociocientífica como es la fluorosis dental.

Para la siguiente pregunta *¿Crees que la fluoración del agua potable es una buena medida para evitar la caries dental? ¿Por qué?* se aborda la categoría *Relación CTSA*.

Los grupos G2, G3, G4 y G5 estarían de acuerdo con implementar la fluoración del agua potable para evitar la caries dental, sus argumentos se basan en los beneficios que trae en temas de salud pública a la sociedad. Así lo afirma el grupo G2:

G3.S3A1: [Haciendo referencia a la pregunta *¿Crees que la fluoración del agua es buena medida para evitar la caries dental?, ¿Por qué?*] “Si porque esto impide que se forme la caries dental”

G4.S3A1: [Haciendo referencia a la pregunta *¿Crees que la fluoración del agua es buena medida para evitar la caries dental?, ¿Por qué?*] “si porque el agua tiene Flúor y este evita la caries dental”

Por otro lado, para el grupo G1 y G6 la fluoración en el agua no debería implementarse puesto que los niños(as) se pueden exponer al consumo excesivo de Flúor, causando Fluorosis dental.

G1.S3A1: [Haciendo referencia a la pregunta *¿Crees que la fluoración del agua es buena medida para evitar la caries dental?, ¿Por qué?*] “No estamos de acuerdo ya que el agua es consumida por todas las personas incluyendo a los niños que son los que están expuestos a tener fluorosis”

Para este punto de la secuencia didáctica los estudiantes reconocen que el Flúor es un

elemento que puede favorecer la prevención de la caries dental, argumentos que no mencionaron en el pretest, ni en las sesiones anteriores.

Tan sólo dos grupos se acercan mencionando que el exceso de Flúor puede dañar los dientes de los niños de 0-6 años. Es importante destacar, que aunque estas nociones son importantes los estudiantes aún no realizan inferencias de la problemática en general, ya que investigaciones realizadas en Chile como las de Romero *et, al* (2017) muestran que la fluoración del agua potable no es una medida que realmente impacte a la sociedad en la prevención de la caries dental, ellos compararon la tasa de caries dental en países donde se realiza fluoración del agua potable, la sal o la leche con países donde no se aplica alguna de estas medidas. Además, aseguran que para garantizar un efecto mayor el Flúor debe ser tópico y no sistémico.

Y Por último, para la pregunta *¿Cuáles son los métodos que utilizaron los científicos para llegar a sus conclusiones? Esquematízalos* que aborda la categoría *Construcción del conocimiento*

Todos los grupos realizaron sus esquemas basados en las conclusiones de los científicos, exponiendo los métodos que utilizaron para llegar a cada una. A manera de ejemplo, al grupo G3 esquematizó:

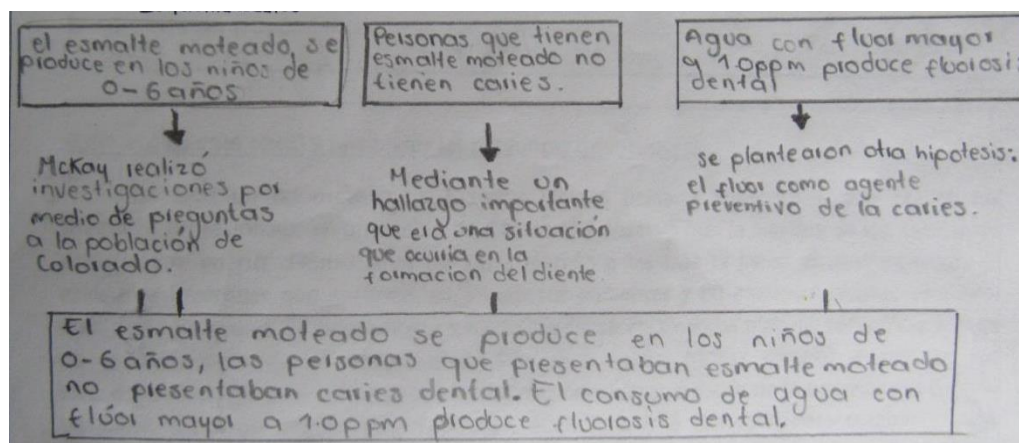


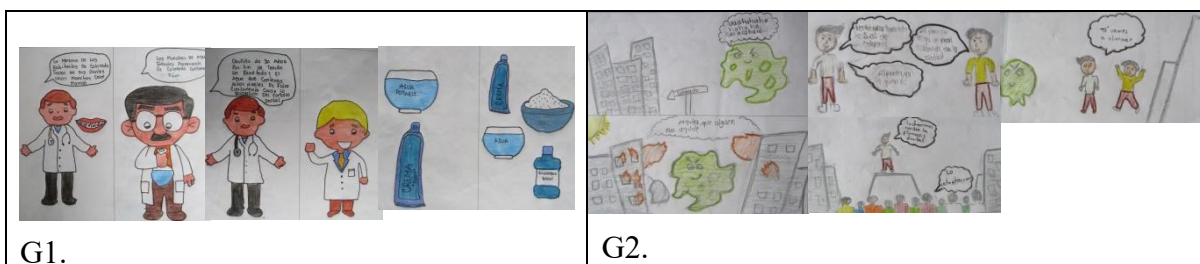
Figura 6.22: Esquema elaborado por los estudiantes del grupo G3

En los esquemas se observa que los estudiantes incluyen métodos como las entrevistas a las personas, la observación y las hipótesis. Sin embargo, aún permanece una visión rígida de la ciencia (Vilches y Furió, 1999). Si bien los participantes empiezan a enunciar algunos aspectos del “método científico”, su visión no integra los múltiples métodos que pueden llevar a la producción científica, algunos métodos vinculados *a la inspiración, al azar, al error, a los contextos internos a las teorías y a situaciones socioeconómicas* (Osorio, 2018).

Actividad 2: Retro creatividad

En esta actividad los participantes realizaron historietas utilizando la fluorosis dental, se observaron motivados, dijeron que nunca en sus clases de Ciencias Naturales habían realizado actividades como esta. Muestra de ello, un estudiante dijo: *E17: Anteriormente las áreas de Química y Biología eran para mí una de las clases más aburridoras por todo el tema de la metodología y la dinámica que se usaba en las clases. Por ejemplo, con esta actividad de la historieta muchos nos reímos y aprendimos algo nuevo, además que todo gira en torno a la fluorosis dental”*

La historieta elaborada por todos los grupos de estudiantes no se queda en mostrar únicamente entretenimiento o humor, sino que se evidencian aspectos reflexivos en entorno a una problemática científica que ellos expresan que *es social*. A continuación se presentan las historietas elaboradas por los grupos:



en sus concepciones con respecto al pretest y a la categoría *Relación CTSA*; porque relacionan las situaciones sociales con las científicas, incorporando eventos históricos. El grupo G2 y G4 muestran una relación adicional que es la política pública y la movilización social.

Lo anterior muestra que la elaboración de historietas basadas en controversias Científicas con incidencia social, se muestra como una herramienta llamativa para los estudiantes y que promueve la comprensión de la Naturaleza de la Ciencia. Estos resultados coinciden con las investigaciones de Pabón *et, al* (2010) y Beltrán (2017) quienes implementaron las historietas como recurso didáctico para una CSC como los BIOCIDAS y la Vacuna contra la malaria (*caso de Manuel Elkin Patarroyo*) respectivamente. Además, investigaciones como las de Viau, Szigety, Tintori (2015) que realizaron intervenciones didácticas utilizando historietas de física que ayudan a *desmitificar la Ciencia y hacerla más humana (con sus correspondientes defectos y virtudes) aproximándola a los estudiantes*.

Actividad 3 y 4: El radar de las noticias y panorama de la fluorosis dental

En esta actividad los estudiantes manifestaron desconocer los casos de fluorosis dental y se sorprendieron mucho al encontrar índices tan altos y progresivos en Colombia y en el Huila. Ellos afirman que su fuente de información no son las noticias de los periódicos, sino las redes sociales y en algunas ocasiones la televisión. Además, se realizó la socialización de los textos que a cada seis de los integrantes les correspondió uno diferente. Muestra de esto, el estudiante E2 dijo: *“Realmente esta actividad me gustó porque nos dieron la oportunidad de brindarnos una información que al principio no le veía interés, pero que es muy importante e interesante porque nosotros estamos siendo afectados y otros habitantes también”* En esta actividad los estudiantes expresaron que la lectura de las noticias les había mostrado un panorama de la fluorosis dental.

Todos los estudiantes plantearon preguntas relacionadas con la noticia que habían leído

(ver anexo 5). Estas preguntas dejan ver que los participantes están asumiendo la fluorosis dental como Cuestión Sociocientífica. Puesto que mencionan situaciones relacionadas a la fluoración del agua y la sal para la prevención de la caries dental (situaciones de carácter científico) con implicaciones sociales (desarrollo de otras enfermedades como la fluorosis dental y esquelética en las poblaciones de estratos bajos), incluso políticas (política de salud pública para la fluoración de la sal y plan centinela para la vigilancia y control del Flúor) y económicas (inversión en investigación). A modo de ejemplo, los estudiantes E3, E1 y E15, preguntan:

E3.S3A3: [Haciendo referencia al plantear una pregunta según la lectura de la noticia] “¿Qué medidas debe tener la secretaría de salud del Huila con respecto a los altos niveles del Flúor en centros poblados como el Juncal y nuestra vereda?”

E1.S3A3: [Haciendo referencia al plantear una pregunta según la lectura de la noticia] “¿Es posible que se elimine el Flúor del agua? ¿Qué alternativas existen para disminuir el Flúor?”

E15.S3A3: [Haciendo referencia al plantear una pregunta según la lectura de la noticia] “¿Por qué Colombia no realiza investigaciones en todos los Municipios para determinar los niveles de Fluorosis? ¿Se podría evitar los altos niveles de Flúor en estas regiones de Colombia?”

Al realizar la socialización, se logró responder las preguntas de los participantes con los aportes de las lecturas de ellos mismos. Por ejemplo, en la socialización se dijo:

E9.S3A3: ¿Qué consecuencias tendrían ingerir Flúor durante el embarazo y cómo hacemos para prevenir?

E15.S3A3: “El bebé va a tener Fluorosis dental porque lo que consume la madre le llegará al niño y desarrollará en él la enfermedad porque el periodo de formación del diente va de 0-6 años, o sea, desde que está en la barriga se empieza a formar el diente”

E1.S3A3: “Yo creo que para prevenir la fluorosis dental como primera medida las mamitas deberían saber que si consumen el agua fluorada o sal o se comen la crema dental desarrollarán esta enfermedad en sus hijos, entonces es un tema también de educación”

Lo anterior indica que realizar lecturas de noticias favorece la comprensión de la Naturaleza de la Ciencia porque es una herramienta que permite entender el problema desde lo científico como desde lo social, lo económico y político. Sin embargo, los estudiantes aún lo expresan de manera individual y separada.

Lo analizado hasta aquí coincide con estudios como los de García (2013) quien expone que el uso de las noticias con contenidos científicos como las enfermedades, el cambio climático, los avances científicos, entre otros; son una fuente de información completa que pueden contribuir a la comprensión de la naturaleza de la Ciencia, porque favorecen la idea de progreso y dinamismo continuo de la Ciencia. Además, este autor afirma *que no cabe duda que toda la controversia científica, publicada en la prensa diario, supone una excelente oportunidad para acercar al lector a aspectos esenciales de la auténtica actividad científica* (p.68).

Actividad 5: Juego de roles

Esta actividad fue una de las que más agradó a los participantes, puesto que debían ponerse en el papel de otros y entender las problemáticas Sociocientíficas desde todas las instituciones o personas involucradas y/o afectadas. Además, los estudiantes afirmaron que no conocían la comunidad Yanacona y sus problemáticas con el agua potable, a pesar de que uno de sus compañeros pertenece a una comunidad indígena. A modo de ejemplo, el estudiante E8 afirmó: *“la actividad juego de roles me gustó porque fue creativa y diferente a lo acostumbrado, fue más fácil entender el tema y además yo no conocía otras problemáticas como las de los indígenas”* En esta actividad los estudiantes escogieron por voluntad propia el rol que querían desempeñar. Es necesario resaltar que de los 18 participantes 15 asistieron a esta actividad. A continuación se muestran los roles que escogió cada participante:

| Código | Rol elegido |
|--------|-------------------------|
| E1 | Niño(a) indígena |
| E2 | Representante indígena |
| E3 | Periodista |
| E4 | Indígena |
| E6 | Empresario(a) Flúor |
| E7 | Indígena |
| E8 | Mujer embarazada |
| E10 | Representante de la OMS |

| | |
|------------|------------------------|
| E11 | Alcalde(sa) |
| E12 | Niño(a) indígena |
| E14 | Odontólogo(a) |
| E15 | Niño(a) indígena |
| E16 | Periodista |
| E17 | Alcalde(sa) |
| E18 | Representante indígena |

Tabla 6.6: Roles elegidos según código de cada participante

La actividad inició con la lectura de la situación y cada participante socializó su respuesta a la pregunta: *¿Estaría de acuerdo con la fluoración del agua potable? ¿Por qué?* la cual indaga la categoría *Relación CTSA*.

Según cada rol los participantes presentaron su postura, exponiendo razones de tipo científico; como por ejemplo, que la exposición prolongada y excesiva del Flúor puede provocar fluorosis dental o fluorosis esquelética. También expusieron razones de tipo social; como por ejemplo, que los más afectados iban a ser los niños del cabildo. Además dieron razones de tipo cultural; como por ejemplo, que si se fluoraba el agua cambiaría la naturaleza del agua y esto afectaría la cosmovisión de los indígenas. Cabe resaltar, que un estudiante realizando el rol de niño(a) indígena manifestó otras razones de tipo ambiental, porque afectaba no sólo al hombre sino también a los animales y cultivos que se riegan con el agua y expuso razones de tipo político expresando que el gobierno no tenía la capacidad para controlar la cantidad de agua o de sal que consumían las personas, así que debían abstenerse de implementar estas políticas (Ver figura 6.22).

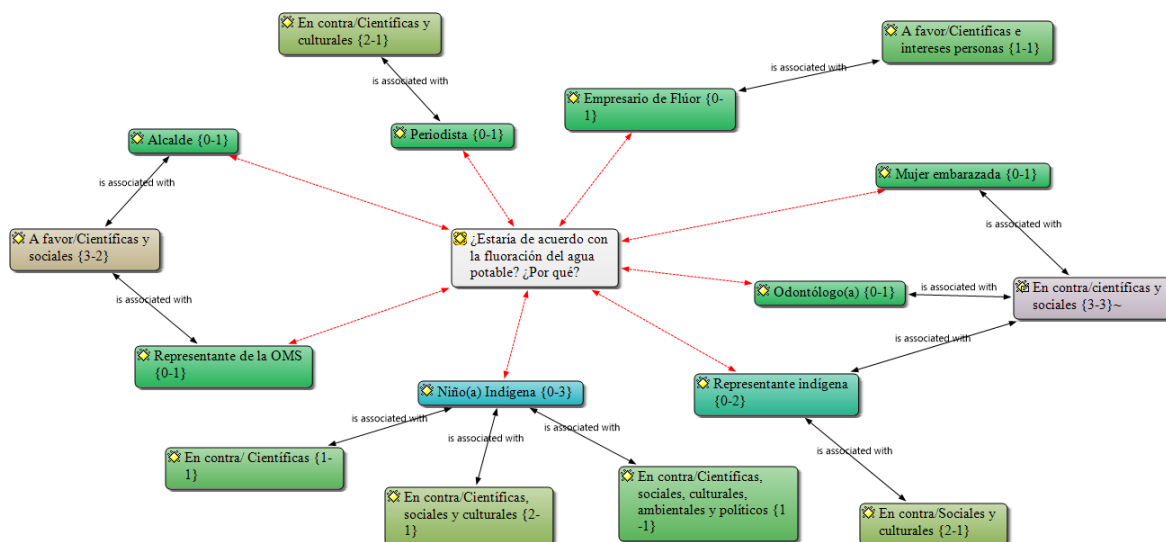


Figura 6.22: Clasificación de las respuestas de los participantes según su rol

A partir de estas posturas se desencadenaron otras discusiones, y por último cada estudiante sacó las conclusiones del debate. Allí se evidenció que los estudiantes siguen enriqueciendo sus concepciones acerca de la cuestión Sociocientífica, incluso uno de ellos menciona razones relacionadas con la ética. Muestra de ello, algunos participantes afirmaron:

E15.S3A5: [Haciendo referencia a las conclusiones del debate] “No sería bueno la fluoración del agua ya que no se puede controlar la cantidad de Flúor que se consumiría además no sería necesaria ya que los indígenas utilizan mecanismos naturales para la salud de sus dientes y al tener acceso del flúor en el agua podrían tener riesgo de adquirir fluorosis dental. La fluoración del agua podría dañar la cosmovisión que tienen los indígenas también traería complicaciones en la salud como la enfermedad de la fluorosis esquelética

E18.S3A5: [Haciendo referencia a las conclusiones del debate] “Con el debate logré aprender de las consecuencias y beneficios sobre la fluoración del agua, también de sus problemas que causan la fluorosis en los dientes en los niños de 0-6 años y sobre tener los dientes sanos y que las leyes de los indígenas son propias y ellos pueden usar y elegir las propias medicinas para sus dientes”

Esta actividad permitió a los estudiantes conocer diferentes posturas, además favoreció la construcción de argumentos utilizando razones de tipo científico, social, cultural, ambiental, político, económico y/o ético. Hasta aquí se evidencia que relacionan e involucran el problema con más de un factor. Mostrando una movilización en las concepciones acerca de la categoría *Relación CTSA*, ya que ellos construyeron sus posturas teniendo en cuenta algunas de las relaciones multidireccionales de la Ciencia.

Lo anterior se confirma en investigaciones como las de Torres y Martínez (2010); Beltrán (2010); Díaz y Jiménez (2012) y Martínez y Villamizar (2014) quienes han realizado investigaciones utilizando el juego de roles en el aula con el abordaje de una Cuestión Sociocientífica, ellos afirman que este tipo de actividades *posibilitan la participación crítica y responsable frente a controversias de la sociedad actual* (Torres y Martínez, 2010. p.29).

Por último, los estudiantes para esta actividad mencionaron implícitamente el dilema ético de la Cuestión Sociocientífica. Puesto que ellos afirmaban que los indígenas, incluso cualquier persona, debería poder elegir qué consume, pero al implementar estas políticas públicas de salud se les vulnera este derecho, porque deben consumir el agua potable que ya viene con Flúor –obligatoriamente- o deben consumir el agua Fluorada.

Por otro lado, las medidas públicas para la prevención de la caries dental elaboradas desde la política de salud de protección deben *asegurar la equidad de acceso y asegurar la obtención de beneficios para toda la sociedad, restringiendo en cierto grado la autonomía personal*, en este caso asegurar que todas las personas consuman la sal o el agua o la leche fluorada para obtener el beneficio en toda la sociedad, limitando la autonomía personal.

Investigaciones como las de Mendoza (2007) en Chile exponen los argumentos a favor y en contra de la fluoración del agua potable, que concluye expresando que *la fluoración del agua potable es una medida legítima que debe ser apoyada, justificándose la limitación de la autonomía individual en nombre del bien común*. Al aplicar este análisis propuesto por Mendoza (2017) se concluye que es necesaria la limitación de la autonomía individual para el bien colectivo (Eliminar la caries dental) y que *la fluoración del agua resulta ser una medida éticamente adecuada*. Pero esto solo es beneficioso en cuanto la política demuestre control de la cantidad de Flúor en el suministro (agua, sal o leche). Pero como no es así, se expone a las personas al consumo excesivo de Flúor y por ende, a la formación de fluorosis dental y

esquelética, sin la posibilidad de elegir entre el agua con flúor o sin flúor, entre la sal sin flúor o con flúor.

6.2.4. Cuarta Sesión: Bioquímica de la fluorosis dental

Esta sesión tal como lo muestra la tabla 6.7, se abordó inicialmente con una actividad acerca de ¿Cómo se forman los dientes?, allí se socializaron los procesos químicos y biológicos que suceden en los tejidos dentarios. Se utilizó diapositivas y vídeos (ver anexo 5). Luego se procedió a realizar la actividad 2, que consistió en preparar una entrevista a una funcionaria de la Secretaría de Salud de Timaná, encargada del área de Salud Bucal. Cada grupo elaboró dos preguntas para esta entrevista según las indicaciones (ver anexo 5) y se seleccionaron las funciones para la entrevista (presentadores, moderador(a), entrevistadores, relatores).

| SESIÓN 4: LA BIOQUÍMICA DE LA FLUOROSIS DENTAL | | | |
|---|---|---------|--|
| Propósito | Recursos | Tiempo | Descripción de las actividades |
| -Describir y reconocer la formación del esmalte dental -Conocer la interacción química en la formación de la Hidroxiapatita y Fluorapatita -Incentivar la reflexión sobre los métodos que utilizan los científicos para hacer ciencia | -Formación del diente- Diapositivas -Preparación de preguntas para la entrevista a odontólogo invitado | 3 horas | Actividad 1: ¿Cómo se forman mis dientes? Actividad 2: Nos preparamos para una entrevista |

Tabla 6.7: Algunos aspectos didácticos de sesión 4: Bioquímica de la fluorosis dental

A continuación, se presentan los principales resultados obtenidos en la sesión 4 según cada una de las actividades:

Actividad 2: Nos preparamos para una entrevista

Al iniciar la actividad los estudiantes estaban muy motivados, porque tendrían en su salón una persona experta en el tema, a la que podrían hacer todas las preguntas que estuvieran relacionadas con la CSC Fluorosis dental. Cada grupo diseñó dos preguntas que precedían de una pequeña descripción de la situación. A continuación se presentan los resultados de las 12

preguntas en total planteadas por los seis grupos de trabajo:

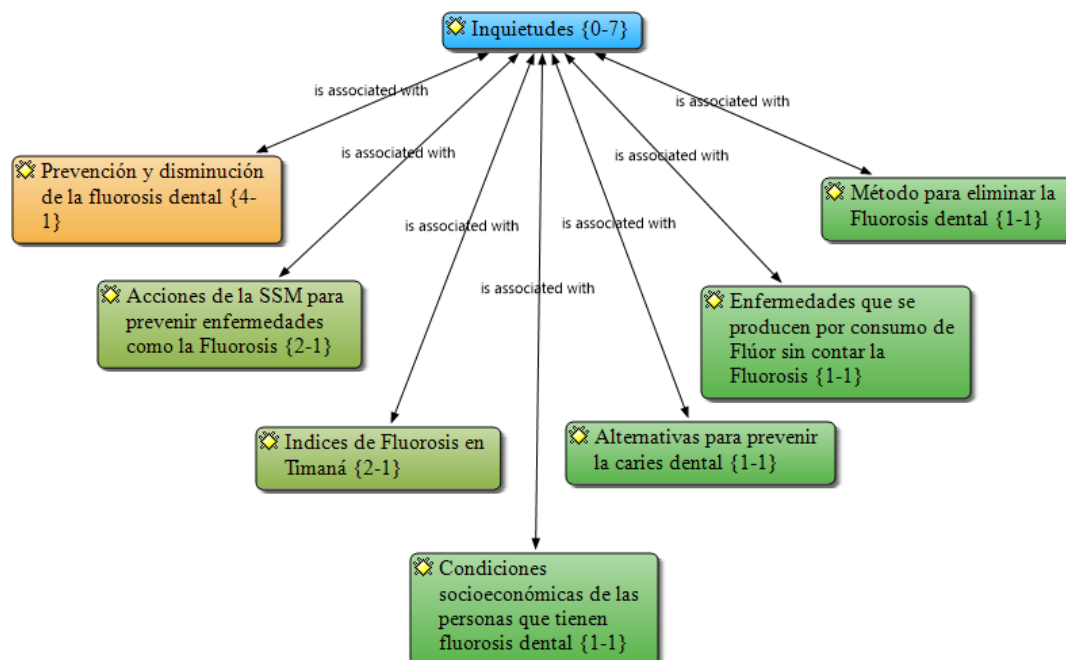


Figura 6.23: Inquietudes de los estudiantes acerca de la Fluorosis dental

Según la figura 6.23 *la prevención y disminución de la fluorosis dental* es el principal cuestionamiento, dejando ver su preocupación social de esta enfermedad. A manera de ejemplo, los grupos plantearon las siguientes preguntas:

G5.S4A2: [Haciendo referencia a la pregunta que le harían a la delegada de la Secretaría de salud del Municipio de Timaná del programa de salud bucal] “¿Usted como creería que podríamos nosotros (los estudiantes de la IE Cascajal) contribuir en la prevención y disminución de la fluorosis dental en la comunidad?”

G2.S4A2: [Haciendo referencia a la pregunta que le harían a la delegada de la Secretaría de salud del Municipio de Timaná del programa de salud bucal] “Sabiedo que la fluorosis dental es muy poco conocida ¿Qué métodos utilizaría para divulgar la fluorosis dental y prevenir en las comunidades afectadas?”

Similar a esto, la subcategoría *acciones de la Secretaría de Salud de Timaná para prevenir enfermedades como la fluorosis dental*, expresa una solicitud a la Secretaría de Salud sobre los procesos que están llevando a cabo para prevenir esta y otras enfermedades relacionadas con la salud bucal. Ejemplo de esto, es la pregunta:

G1.S4A2: [Haciendo referencia a la pregunta que le harían a la delegada de la Secretaría de salud del Municipio de Timaná del programa de salud bucal] “Ya que en el departamento del Huila se han

presentado altos niveles de Fluorosis dental ¿Qué ha hecho la entidad en la que usted trabaja para prevenir esta enfermedad?”

Otra respuesta, aunque minoritaria es las *condiciones socioeconómicas de las personas que tienen fluorosis dental en el Municipio de Timaná-Huila*, la cual expresa una preocupación por conocer las situaciones sociales y económicas de las personas que tienen esta enfermedad.

El grupo preguntó:

G4.S4A2: [Haciendo referencia a la pregunta que le harían a la delegada de la Secretaría de salud del Municipio de Timaná del programa de salud bucal] “La fluorosis dental afecta principalmente a los niños de 0-6 años de edad, desde su experiencia: ¿Cuáles son las condiciones de los afectados en términos de acceso a agua potable, ruralidad, estrato social, entre otras?”

Lo que se puede evidenciar con las preguntas planteadas por los participantes es el cuestionamiento al gobierno por los programas que tienen para divulgar la prevención de esta enfermedad, también cuestionan los índices altos de fluorosis dental en Timaná y la falta de reportes en los Ministerios de Salud para incluir a Timaná en el plan Centinela. Por otro lado, cuestionan la falta de investigación en otras alternativas para evitar la caries dental que no sea el uso del Flúor. En todos los cuestionamientos se observa que los participantes están relacionando el conocimiento científico con las situaciones de carácter social, político y económico.

Lo anterior indica que los participantes han tenido progresiones en la comprensión de la Naturaleza de la Ciencia, ya cuestionan este tipo de situaciones científicas con factores sociales, políticos y económicos.

6.2.5. Quinta Sesión: Entre líneas y Entrelíneas

Esta sesión tal como lo muestra la tabla 6.8, se abordó inicialmente con la entrevista organizada en la sesión anterior. Para esto se habían establecido los roles de cada participante. Luego de esto se sacaron las conclusiones de la actividad (Figura 6.24)



Figura 6.24: Entrevista a funcionaria de la secretaría de salud de Timaná

| SESIÓN 5: ENTRE LÍNEAS Y ENTRELÍNEAS | | | |
|--|---|---------|--|
| Propósito | Recursos | Tiempo | Descripción de las actividades |
| -Conocer las características de las personas que trabajan en la ciencia -Evaluar argumentos relacionados con las implicaciones CTSA | -Entrevista a invitado -Situación problematizadora | 4 horas | Actividad 1: Tenemos un invitado Actividad 2: Situación Problematizadora: “Suma Social” |

Tabla 6.8: Algunos aspectos didácticos de sesión 5: Entre líneas y Entrelíneas

Por último, se abordó una situación problematizadora denominada “Suma social” que trata de la situación que vive una lideresa social con respecto a la fluoración de la sal y el agua y la fluorosis dental (ver anexo 5). Los estudiantes debían plantear razones para apoyar el argumento de *Sofía* y plantear razones para refutar su argumento. Al finalizar se realizó la socialización.

Actividad 1: Tenemos un invitado

En esta actividad los estudiantes estuvieron a gusto, pues sus inquietudes iban a poder ser resueltas por una persona diferente a su profesor y además, experto en estos temas. Ellos afirmaron que en ninguna clase habían tenido la oportunidad de entrevistar a un experto sobre algún tema. La Entrevista inició a cargo de los participantes E3 y E16 quienes hicieron la apertura, dieron el saludo a la invitada, ellos dijeron:

“Buenos días compañeros, le damos la bienvenida a Andrea Medina, delegada de la secretaría de salud Municipal de Timaná, ella lleva trabajando junto a la secretaría de salud 8 años en el área de salud bucal y tiene 10 años de experiencia. Buenos días, nosotros somos el grado Décimo de la institución Educativa Cascajal, nos enorgullece tenerla como invitada el día de hoy, esperamos sea una conversación amena, más que pensar que es una entrevista, esperamos podamos dialogar. El objetivo de la charla es que nos

colabores respondiendo unos interrogantes que han salido fruto del trabajo acerca de la Fluorosis dental en clase de Ciencias Naturales. Haremos algunas preguntas basadas en la experiencia que tienes como funcionaria de la secretaría de Salud en el área de salud oral. Te queremos pedir la autorización verbal para filmar la charla que tendremos”

A lo que la funcionaria responde:

Experta en salud oral: “Buenos días, para mi también es un honor poderles colaborar y solucionar sus dudas acerca de los problemas que tenemos de fluorosis dental y por las inquietudes que ustedes tienen, y claro que doy mi autorización para la grabación”

El moderador que fue el estudiante E18 dijo:

Moderador E18: “La dinámica de la actividad será: haremos una ronda de preguntas, yo iré indicando a quien le corresponderá, sacaremos unas conclusiones de esa ronda y luego la segunda ronda. Les pido a las personas encargadas de hacer las preguntas ser lo más precisos y hablar claramente. Agradezco la atención, iniciamos con el grupo G6”

A partir de aquí se desarrolló la primera sección de preguntas:

G6: La fluorosis se caracteriza porque las personas presentan unas manchas blancas, amarillas o marrones. ¿Usted sabe, si hay algún método para quitar esas manchas de los dientes?

Experta en salud oral: “Si, si hay un método esas manchas de colores que ustedes mencionan se puede poner unas carillas o resinas estéticas, estas solo se colocan cuando las personas son adultas, o sea solo se colocan cuando los dientes están formados, a los niños se les pone resinas porque cuando tienen fluorosis dental el diente es como si se les desboronara por el exceso de consumo de Flúor, en el agua, la sal, las cremas dentales y a esto el mal higiene oral...Lo que sucede con la fluorosis es que el diente se vuelve como poroso y esto hace que cualquier sustancia lo pueda dañar, lo más complicado es la fluorosis severa, porque es como si se le cayera el diente por partecitas”

Moderador E18: .. Se me ocurre una pregunta, ¿esas carillas que usted mencionan tienen algún costo?, sabiendo que esta problemática se ha desarrollado en las personas por un mal manejo de la política pública de salud”

Experta en salud oral: “Las carillas si son en la parte de adelante, no tienen ningún costo; pero cuando son estéticas si cuestan, más o menos 140 mil, dependiendo de la cantidad de resina que se necesite para cada diente”

G1: “Ya que en el departamento del Huila se han presentado altos niveles de fluorosis dental. ¿Qué ha hecho la entidad en la que usted trabaja para prevenir esta enfermedad?”

Experta en salud oral: “Yo trabajé para la ESE en el hospital, y allí estamos generando un programa que viene desde el Ministerio de Salud y de la Secretaría de Salud departamental del Huila, esta estrategia es para prevenir la fluorosis dental, entonces desde las mujeres embarazadas hacemos las capacitaciones y desde el primer año de vida del niño empezamos hacer las consultas odontológicas para descartar la fluorosis dental, también se le aplica a los niños el Flúor en barniz para prevenir la caries dental, que es la aplicación directamente en el diente. Nosotros vamos a los colegios, con las madres comunitarias, en diferentes poblaciones, pero notamos que a las personas no les gusta mucho el tema del odontólogo y no asisten a estas charlas, a pesar de que nosotros vamos hasta las veredas”

G2: “Sabido que usted ha visitado diferentes veredas del municipio de Timaná, nos podría decir: ¿En qué vereda ha encontrado más índices de fluorosis dental?”

Experta en salud oral: “Pues la verdad no puedo decir en qué vereda hay más fluorosis, porque en general en todas las veredas de Timaná hay bastantes casos de Fluorosis, pero sí sé que en las zonas rurales es peor los daños, porque allí el agua no es potable y adicional consumen la sal que tiene Flúor”

Moderador E18: ..Tengo una pregunta.. Nosotros estuvimos revisando el panorama de la Fluorosis dental en Colombia y encontramos que en el último reporte del... Instituto Nacional de Salud no aparece Timaná como un Municipio con Fluorosis dental, pero los demás Municipios cercanos si tienen niveles medios de fluorosis, ¿Qué es lo que sucede?

Experta en salud oral: Lo que sucede es que el reporte se hace cuando los niños pasan a odontología,

porque allí es donde se valora la fluorosis dental, que se hace con un examen clínico, los higienistas orales no pueden hacer esto, son los odontólogos, así que muy probablemente estas personas no están asistiendo al odontólogo y no pueden ser reportadas a la secretaría de salud. Pero aquí en Timaná lo que hemos observado en las veredas es que si se presentan altos grados de Fluorosis dental”

G3: “La fluorosis dental es una enfermedad causada por el consumo excesivo y prolongado de flúor de más de 1ppm en el agua, en la sal y en los productos odontológicos. Este flúor es aplicado al agua o la sal para prevenir la caries dental ¿Qué otras alternativas considera usted podrían prevenir o disminuir la caries dental, para evitar el consumo del Flúor?”

Experta en salud oral: “Pues yo por lo menos, pienso que las personas deberían mejorar su cepillado, la visita al odontólogo, porque si vamos allí nos pueden diagnosticar y ayudarnos a tiempo de solucionar las enfermedades como la caries dental. Por lo menos ahora en la Secretaría de Salud Departamental se ha venido utilizando una estrategia, porque ahora es nueva, resulta que los niños después de los 6 años están presentando altos niveles de Fluorosis, entonces los niños usaban mal la crema dental, usaban más de lo necesario, lo ideal es aplicar de crema el tamaño de una lenteja, esa es la cantidad necesaria para aplicarnos, si aplicamos más ya habría un exceso de Flúor en nuestros dientes”

Moderador E18: “.. Y vemos que en las propagandas de cremas dentales como Colgate, muestran un montón de crema en el cepillo de diente...”

Experta en salud oral: “Es que lo que importa es la calidad del cepillado”

G5: ¿Usted como creería que podríamos nosotros (los estudiantes de la IE Cascajal) contribuir en la prevención y disminución de la fluorosis dental en la comunidad?

Experta en salud oral: “Bueno, como la mayoría son de acá, y como la mayoría estudia en esta institución entonces es de transmitir lo que saben, el agua que se consume debe ser tratada y hervida, que la crema dental los niños la sepan utilizar, que vayan al odontólogo, que participen de las actividades que tenemos de la secretaría, lo que les decía llevarlos desde el primer año de edad, ustedes como participantes de esta comunidad, pues enseñarles eso, de cómo usar el agua, regular el consumo de sal y el uso de la crema dental, que nosotros seamos esa voz, teniendo en cuenta que esto es una zona rural y es en estas zonas donde más se presenta”

G4: “La fluorosis dental afecta principalmente a los niños de 0-6 años de edad, desde su experiencia: Puede indicarnos más o menos un porcentaje o contextualizarnos si la fluorosis que ha observado es leve, moderado o grave. ¿Cuáles son las condiciones de los afectados en términos de acceso a agua potable, ruralidad, estrato social, entre otras?”

Experta en salud oral: “Esto ya lo he venido hablado, no puedo decir cuáles son los números porque no tengo aquí los datos, puedo decir que se presenta mucho la fluorosis leve y en algunos casos la fluorosis severa, casi siempre es porque el agua que consumen no es tratada, o en las plantas de tratamiento no hacen el control que se necesita, los estratos son los más bajos y las zonas rurales como les había dicho”

El fragmento anterior deja ver que los participantes al dialogar con la funcionaria, les surgen otros interrogantes que son pertinentes a las situaciones planteadas y esto genera una controversia en el grupo. Situaciones como los cuestionamientos expresados por el moderador- que era la voz de todos sus compañeros- con respecto a la cantidad de crema que se debería usar y la cantidad de crema que se observa en los comerciales de cremas dentales que se ven en la televisión.

Además, esta parte de la entrevista sirvió para conocer algunas situaciones relacionadas con la Fluorosis dental en el Municipio de Timaná; como por ejemplo, los altos niveles de Fluorosis en el Municipio que no han sido reportados “porque las personas no acuden al

odontólogo”; al parecer, en la cultura de estas personas no está la salud oral. También se observó el interés de los estudiantes por cuestionar las condiciones sociales de las personas más afectadas, a lo que la entrevistada coincidió con el último reporte de ENSAB IV que sustenta que las personas afectadas por el consumo excesivo y prolongado de Flúor son las de bajos recursos económicos, las de zonas rurales y los niños. Por otro lado, no se evidencia claridad por parte de estas entidades en materia de prevención y promoción, se reducen a unas *charlas educativas en los colegios y con las madres comunitarias*, ignorando otros recursos como los periódicos o la televisión local. Es de resaltar que la funcionaria concuerda con los argumentos de los estudiantes, cuando afirman que el consumo excesivo y prolongado de Flúor se debe a que las personas consumen más de una fuente de Flúor y el estado no ha tomado medidas serias con respecto a esta situación (potabilizar el agua de todas las zonas rurales de Colombia o eliminar el Flúor de la sal o capacitar a las personas entorno a esta problemática).

A partir de aquí inicia la segunda sección de preguntas:

G2: “Sabido que la fluorosis dental es muy poco conocida ¿Qué métodos utilizaría para divulgar la fluorosis dental y prevenir en las comunidades afectadas?”

Experta en salud oral: “A parte de los que ya les conté, incluso hemos ido a las emisoras, pienso que podría hacerse más charlas para generar la conciencia en este tema de fluorosis dental. Podría ser desde las clases, incluir estos temas en las clases así como ustedes lo están haciendo, no se de pronto si ustedes tienen alguna idea, sería bueno para estudiarla en la secretaría de salud”

Moderador E18: “Cuando nosotros empezamos a trabajar este tema de la fluorosis dental, no sabíamos nada, qué era? Por qué nos daba? Sí, porque en los medios de comunicación masivos no han tocado estos temas, que falta para llegar a estos medios?”

Experta en salud oral: “Sería bueno por ejemplo, en la televisión, pero desafortunadamente todo es plata y si por lo menos el Ministerio de Salud no se programa o no se proyecta estas cosas, de captar otras formas para mostrar eso... por lo menos si uno quisiera podríamos hacer la solicitud al Ministerio de Salud, entonces se puede dar la opción”

G1: “Teniendo en cuenta que uno de los mecanismos para la prevención de las enfermedades es la educación. ¿Han dado a conocer a la comunidad Timanense sobre esta enfermedad? ¿Qué métodos de educación han utilizado?”

Experta en salud oral: “.. Eso es lo que les venía diciendo”

G6: “La fluorosis esquelética se caracteriza porque las personas se les endurecen los huesos y no los pueden mover. ¿Conoce algún caso aquí en el municipio de Timaná de fluorosis esquelética?”

Experta en salud oral: “No conozco ningún caso, tal vez los niveles de Flúor no han sido tan altos para esta enfermedad”

G5: “Supongamos que la fluoración del agua fuera una política de estado ¿Usted como ayudaría a prevenir el consumo excesivo de flúor en la comunidad, teniendo en cuenta que la niñez sería la más

afectada?”

Experta en salud oral: “Pues dando las charlas educativas, concientizando a la comunidad y pues la idea es que todos puedan tener un acueducto o un agua mejor tratada. Yo personalmente yo iría donde el alcalde, me asesoría para ver si en mi vereda puede haber agua potable, demostrando que hay un problema como la fluorosis dental que afecta a los niños”

G4: “Si una persona consume Flúor en la sal o en agua en exceso y prolongadamente.

¿Qué problemas o consecuencias a parte de la fluorosis dental tendría la persona en términos de la salud bucal?”

Experta en salud oral: “La caries dental, y la caries dental cuando no es tratada pueden perder los dientes”

G3: “Teniendo en cuenta su experiencia como funcionaria de la secretaría de salud ¿Cómo se encuentra la salud bucal en los Timanenses y cuáles son las enfermedades que prevalecen y que han hecho para controlar estas enfermedades?”

Experta en salud oral: “Desafortunadamente hay muchos casos de caries dental, hay muchos niños de 12 y 13 años que han perdido sus dientes para toda la vida, las enfermedades también la periodontitis que es cuando el diente se mueve, la gingivitis y pues la fluorosis dental”

Relator E12: “Primero agradecerle por la compañía y por la información brindada que desde ahora será muy importante para nosotros y pues nuestro conocimiento, cómo actuar frente a la fluorosis dental y cómo prevenirla”

En la segunda parte de la entrevista se puede evidenciar que la funcionaria de la secretaría muestra una posibilidad de que los estudiantes hagan parte de la solución de esta problemática proponiéndoles que desde el liderazgo social pueden participar. También se expone en este segmento que los niveles de fluorosis no han sido tan elevados como para provocar fluorosis esquelética, situación que sí ocurrió en un centro poblado del Huila llamado el Juncal. Adicional, la funcionaria manifiesta la importancia de tratar estas cuestiones en el colegio, en sus clases, junto a sus maestros.

Lo anterior pone de manifiesto que los participantes han empezado a tomar posturas argumentadas frente a esta problemática que aqueja su comunidad que tiene implicaciones no sólo científicas, sino políticas, culturales y económicas. Evidenciando así, una movilización con respecto a sus concepciones iniciales del pretest y del inicio de la secuencia didáctica. La invitación de personas preparadas en estos temas y que desempeñan su trabajo en las comunidades, permite afianzar la apropiación de los conocimientos científicos con nociones sociales.

Actividad 2: Situación Problematizadora: “Suma Social”

Para esta actividad los estudiantes presentaron sus posturas justificando o refutando un argumento de una lideresa social, quien está -según la situación-, en contra de cualquier fuente de Flúor. Es necesario aclarar, que para esta actividad los estudiantes respondieron de manera individual y que participaron 14 de los 17 que estaban asistiendo. A continuación se evidencian sus argumentos según la clasificación dada:

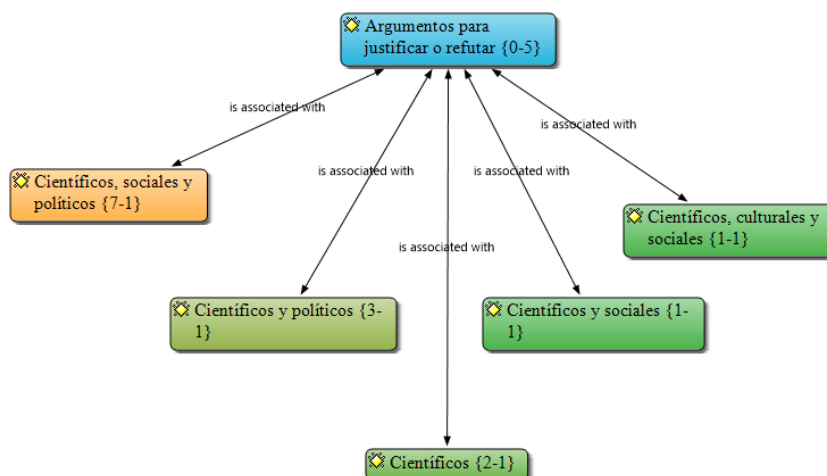


Figura 6.25: Clasificación de los argumentos para justificar o refutar de los participantes.

En la figura 6.25 se observa que los participantes al proponer argumentos para refutar o justificar la posición de la lideresa social Sofía acerca de la no potabilización del agua, mayoritariamente (7 estudiantes) utilizan razones *científicas, sociales y políticas*, esto evidencia una construcción de las relaciones de la cuestión Sociocientífica fluorosis dental por parte de los estudiantes. Muestra de ello, uno afirmó:

E11.S5A2: [Haciendo referencia a Explicar la manera en que se podría justificar o refutar el argumento de Sofía]: “Apoyo el argumento de Sofía Castillo cuando dice que el Flúor es malo en grandes cantidades, esto es cierto y puede sufrir de enfermedades como la fluorosis dental, caries y llegado el caso de dar fluorosis esquelética a las personas y no estoy de acuerdo cuando ella dice: rechazar cualquier fuente de suministro de Flúor, también hay que tener en cuenta que el Flúor tiene grandes beneficios a las personas cuando se consume en dosis controladas, por ejemplo, prevenir caries dental, todo es cuestión de educación hacia las personas y también es importante que existan recursos suficientes por parte del estado, para informar y educar a todas las comunidades para enfrentar esta situación”

Además, la figura 6.25 muestra que 5 de los participantes establecen relaciones entre la ciencia, la sociedad, la política y la cultura. Tan sólo 2 estudiantes mantienen exclusivamente

razonamientos científicos para justificar o refutar un argumento. A manera de ejemplo, se cita al estudiante E14:

E14.S5A2: [Haciendo referencia a la pregunta Explique la manera en que se podría justificar o refutar el argumento de Sofía] “El argumento de Sofía es cierto porque ella explica que consumir el Flúor en muchas cantidades y prolongadamente es dañino y puede afectar el sistema humano. No estoy de acuerdo en que se quite el Flúor totalmente porque este ayuda a prevenir la caries dental”

Lo anterior evidencia que el cuestionamiento de situaciones problematizadoras que giren en torno a cuestiones Sociocientíficas como la fluorosis dental, favorece la construcción de opiniones independientes que pueden argumentar justificando o refutando el problema no sólo desde una postura, sino desde varias. Estos resultados coinciden con estudios como los de Torres (2014) quien expone que este tipo de actividades *posibilita entender los diálogos en el aula y permiten dar apertura a expresar opiniones y analizar los referentes teóricos.*

6.2.6. Sexta Sesión: Reflexionemos y Pensemos en nuestra comunidad

En esta sesión tal como lo muestra la tabla 6.9, los estudiantes participaron de una actividad donde debían tomar una decisión en torno a la fluoración de más de una fuente, inicialmente se propuso la siguiente pregunta problematizadora *Si tuvieras la mayoría de edad y tuvieras que votar por un candidato a la gobernación del Huila quien está a favor de la aplicación de Flúor en más de una fuente (agua, sal, leche, etc.) ¿Qué decisión tomarías? ¿Por qué?* Luego los participantes debían escribir su respuesta y partiendo de esto, socializarla con todo el grupo. Por último, cada uno elaboró sus conclusiones.

| SESIÓN 6: REFLEXIONEMOS Y PENSEMOS EN NUESTRA COMUNIDAD | | | |
|---|---------------------------------------|---------------|---|
| Propósito | Recursos | Tiempo | Descripción de las actividades |
| -Incentivar la reflexión sobre las relaciones multidireccionales que tienen la ciencia, la tecnología, la sociedad y el ambiente -Promover la discusión de las implicaciones de los problemas sociales y políticos en la ciencia -Generar controversia en una situación científica con implicaciones sociales y políticas | -Pregunta problematizadora -Debate | 3 horas | Actividad 1: Argumento mi posición |

Tabla 6.9: Algunos aspectos didácticos de sesión 6: Reflexionemos y Pensemos en nuestra comunidad

A continuación, se presentan los principales resultados obtenidos en la sesión 6 según cada una de las actividades:

En esta actividad los estudiantes se presentaron dispuestos a la participación del debate, muchos de ellos se sentían apasionados porque en esta situación debían tomar una decisión de carácter político sobre la fluoración de más de una fuente en su Departamento. Uno de ellos manifestó: E3: *“Me gustó todo, la mesa redonda donde todos nos cuestionábamos y redactábamos, sacábamos conclusiones y dábamos a conocer nuestros puntos de vista y decisiones sobre la fluorar más de una fuente, al principio fue difícil porque debíamos tomar una decisión que no afectaba a una sola persona, sino a toda una comunidad”*

Todos los estudiantes a la pregunta *Si tuvieras la mayoría de edad y tuvieras que votar por un candidato a la gobernación del Huila quien está a favor de la aplicación de Flúor en más de una fuente (agua, sal, leche, etc.) ¿Qué decisión tomarías? ¿Por qué?* Respondieron que no votarían por ese candidato, la mayoría de sus argumentos están sustentados en que el consumo excesivo y prologando de Flúor puede desarrollar la fluorosis dental y la fluorosis esquelética; y que las poblaciones más afectadas iban a ser los niños. Además, que la caries dental podría también desarrollarse al consumir excesivamente el Flúor porque iba a debilitar el esmalte dental. En varios de los argumentos se observa también propuestas para solucionar este problema, a través de la educación o capacitación de las comunidades acerca de esta situación y la inversión en investigación para encontrar otros productos que puedan ayudar a disminuir la caries dental, sin afectar como sucede al consumir en exceso el Flúor. Por otro lado, añadieron que el gobierno no podría controlar la cantidad de agua que consume una

persona, que no es la misma cantidad de agua la que consume una persona en Neiva, que una persona en San Agustín, donde los climas son tan distintos. Las siguientes afirmaciones pueden ejemplificar esto:

E12.S6A1: [Haciendo referencia a la pregunta Si tuvieras la mayoría de edad y tuvieras que votar por un candidato a la gobernación del Huila quien está a favor de la aplicación de Flúor en más de una fuente (agua, sal, leche, productos odontológicos) ¿Qué decisión tomarías? ¿Por qué?] “Tomaría la decisión de no votar por ese candidato, porque primero que todo pensando en los niños pequeños, porque si eso de la fluoración en todos esos productos ocurriera, a nosotros que ya somos mayores de 6 años no nos va a pasar nada. Pero como en el Huila hay tantos niños pequeños y ellos también consumen mucha agua, sal y más que todo la leche, entonces a todos estos niños les afectaría en su salud bucal, ya que con tanto exceso de Flúor les haría mucho daño a los niños”

E15.S6A1: [Haciendo referencia a la pregunta Si tuvieras la mayoría de edad y tuvieras que votar por un candidato a la gobernación del Huila quien está a favor de la aplicación de Flúor en más de una fuente (agua, sal, leche, productos odontológicos) ¿Qué decisión tomarías? ¿Por qué?] “No votaría por él porque al tener varias fuentes que contengan Flúor la comunidad se vería con mayor riesgo especialmente los niños de adquirir fluorosis dental al tener varias fuentes de Flúor además no se podría mantener un control de la cantidad de Flúor que consumiría cada persona porque aquí se consume distinta cantidad que en los lugares calientes. También al tener acumulación de Flúor podría tener fluorosis esquelética”

E16.S6A1: [Haciendo referencia a la pregunta Si tuvieras la mayoría de edad y tuvieras que votar por un candidato a la gobernación del Huila quien está a favor de la aplicación de Flúor en más de una fuente (agua, sal, leche, productos odontológicos) ¿Qué decisión tomarías? ¿Por qué?] “No votaría por él porque creo que ya sería muchas fuentes de Flúor donde se podría pasar la cantidad de Flúor que es debido a consumir y pienso que si el Flúor protege a los dientes de las caries se debería aplicar solo en productos odontológicos o que el gobierno proponga hacer investigaciones en otros elementos diferentes que ayuden a la caries”

Para la socialización los estudiantes estaban muy emocionados por saber las posturas de sus compañeros. Cada estudiante expresó su decisión explicando con sus argumentos. Luego los estudiantes empezaron a debatir esas decisiones, incluso se expresaron puntos de vista significativos, preguntándose entre ellos:

E5: “¿Qué pasaría con las personas que no conocen sobre la fluorosis dental?”

E15: “Nada, ellos votarían por ese candidato, porque les parecería genial que les añadieran más Flúor para prevenir la caries dental, sin conocer que esto si se consume mucho puede traer graves consecuencias...”

E1: “Las personas deben tener conocimiento sobre la fluorosis para que sepan las causas y consecuencias que trae para la salud especialmente en los niños. Se debería utilizar el Flúor en productos odontológicos para prevenir las caries y ya”

E10: “yo creo que para votar o tomar una decisión debemos estar bien informados para así saber las consecuencias y las desventajas que nos trae. Queda muy claro que la fluoración de distintas fuentes nos causa una enfermedad problemática, también que con esto consumimos demasiada cantidad de Flúor y nos causa fluorosis en los dientes y en los huesos”

Como conclusiones del debate, los estudiantes aseguraron que:

E16.S6A1: Haciendo referencia a las conclusiones del debate] “Para poder realizar la fluoración se debería informar a la comunidad sobre beneficios y las consecuencias. Para votar por un candidato primero se debe estudiar sus propuestas”

E2.S6A1: [Haciendo referencia a las conclusiones del debate] “Debemos analizar muy bien las cosas, los pro y los contras que contraería tomar la decisión de fluorar el agua. Debemos pensar en la salud de los niños principalmente y contribuir para que estén bien. Y no solo debemos pensar por el bien de una persona, debemos pensar por el bien de toda una comunidad”

Lo anterior deja ver que los estudiantes empiezan a asumir posturas políticas frente a situaciones Sociocientíficas como es la Fluorosis dental. Es importante resaltar que para los estudiantes es más importante los intereses colectivos que individuales, de esta manera predominando una visión de ciencia humanizada como actividad social y política. A partir de esta actividad basada en la toma de decisiones, se logró observar que los participantes han construido un conocimiento acerca de la fluorosis dental, basado en distintas áreas de conocimiento y esto les permite entender el problema desde varios lugares y por ende tomar decisiones pensando de manera colectiva. Situación que puede ser favorable para los estudiantes, porque esto les permite entender que existen problemas Sociocientíficas en los que ellos deben participar críticamente porque son sujetos políticos, que deben informarse bien, encontrar distintas posturas, argumentar y tomar decisiones pensando lo que es mejor para la sociedad (Torres y Solbes, 2015).

6.2.7. Séptima sesión: Foro “Fluorosis dental en el Huila”

En esta sesión tal como lo muestra la tabla 6.10, se tenía planeado con los estudiantes elaborar un foro para que ellos comunicarán a su comunidad la cuestión Sociocientífica Fluorosis dental y su panorama en el Huila (Ver anexo 5). Actividad que no se pudo desarrollar porque las actividades que se decidan en la Institución Educativa deben ser previstas desde el inicio del año y ya existía la programación para otras actividades: día del inglés, feria empresarial, entre otras. A partir de esto, se decidió aceptar la invitación de la Institución Educativa María Auxiliadora IEMA del Municipio de Elías-Huila que organizó un

foro regional sobre problemáticas relacionadas a las Ciencias Naturales. Los estudiantes prepararon la ponencia para este foro y allí se desarrolló la actividad

| SESIÓN 7: FORO “FLUOROSIS DENTAL EN EL HUILA” | | | |
|---|---|---------|--|
| Propósito | Recursos | Tiempo | Descripción de las actividades |
| -Divulgar el conocimiento construido sobre la fluorosis dental -Incentivar la reflexión sobre las relaciones multidireccionales que tienen la ciencia, la tecnología, la sociedad y el ambiente -Promover la discusión de las implicaciones de los problemas sociales y políticos en la ciencia | -Diapositivas para la presentación -Foro | 5 horas | Actividad 1: Foro con comunidad |

Tabla 6.10: Algunos aspectos didácticos de sesión 7: foro “Fluorosis dental en el Huila”

A continuación, se presentan los principales resultados obtenidos en la sesión 6 según cada una de las actividades:

Para esta actividad, como se mencionó anteriormente, los participantes plantearon una ponencia titulada “La fluorosis dental: Una cuestión Sociocientífica”. La ponencia debía tener unas pautas que la IEMA había asignado. La estructura de la ponencia elaborada por los estudiantes fue:

- Contextualización de la Institución Educativa Cascajal-Timaná-Huila
- Flúor y usos del Flúor
- ¿Qué es la fluorosis dental?
- Bioacumulación
- Panorama de la fluorosis dental en Colombia y en el Huila
- Propuesta para mitigar la enfermedad
- Conclusiones.

Los estudiantes que participaron de esta actividad elaborando y presentando la ponencia en el foro, fueron E1, E11 y E17 (Figura 6.26)



Figura 6.26: Ponencia Fluorosis dental: Una cuestión Sociocientífica E1, E11 y E17

Los estudiantes estructuraron la ponencia y se mostraron empoderados de la situación controversial, mostraron a la comunidad de Elías la problemática, su panorama y algunas estrategias a corto y largo plazo para mitigar esta enfermedad. Estas estrategias que mostraron en el foro, fueron construidas previamente con todos sus compañeros de clase, las propuestas fueron:

Corto plazo

- Conocer sobre la problemática y el panorama.
- Determinar los niveles de fluorosis dental en los diferentes municipios
- Educación, incluir estos temas en las diferentes áreas

Largo plazo

- Quitar el decreto de fluoración de la sal

- Aumentar las capacitaciones y la educación relacionada a la caries dental
- Controlar la cantidad de Flúor en el agua potable
- Como política pública que todas las comunidades tengan acceso al agua potable
- Invertir en investigaciones para buscar otros medios para evitar la caries dental

Las anteriores propuestas son valiosas para la presente investigación, porque en parte son el resultado del proceso de reflexión que ha tenido todo el grado Décimo con respecto a la CSC fluorosis dental. En estas propuestas se observa que los estudiantes tienen intereses colectivos y no personales, además que las construyen entendiendo la interacción CTSA ya que las plantean a corto y a largo plazo. Esto les permite entender la ciencia con sus dinámicas y características sociales-culturales-políticas-económicas.



Figura 6.27: Certificación de asistencia como ponente al I Foro Ambiental Regional IEMA para los estudiantes E1, E11 y E17

6.3. Análisis del Pre-Postest acerca de la Naturaleza de la Ciencia

Para el análisis de este apartado se organizó según las categorías de investigación. Se identificaron y caracterizaron las concepciones finales de los estudiantes de grado Décimo y se compararon con las iniciales. De esta manera se describe la incidencia de la CSC en los estudiantes del pre al postest. Para la descripción de los resultados se estableció los siguientes colores:

| Subcategorías del Pretest | Subcategorías emergentes del Postest |
|--|--|
| Concepciones lejanas de la CNdC: Color blanco | Concepciones más completas de la CNdC: Color violeta |
| Concepciones que se acercan al contexto de la CNdC: Color azul | |

Categoría Imagen de científico(a)

Según los resultados compilados en la tabla 6.11 y 6.12 se evidencian progresiones significativas en las subcategorías con visiones de científico(a) descontextualizadas y deformadas a visiones de científico más humanizadas.

| CATEGORÍA IMAGEN DE CIENTÍFICO | | | | | | | | | |
|---|-------------------|------------|--------------------------------|----------------------|---------------------|--------------------|---------------------------------------|--|-------------------------|
| ¿Consideras que todos los personajes nombrados hasta ahora son científicos? ¿Por qué? | | | | | | | | | |
| Test/subcategoría | Buscan respuestas | Investigan | Aportan información a un campo | Descubren algo nuevo | No es un odontólogo | Tiene conocimiento | Investigan en comunidades científicas | Contribuir investigando a solucionar problemáticas relacionadas con la Ciencia | Construyen conocimiento |
| Pre | 6 | 4 | 2 | 2 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Post | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 6 | 6 | 2 |

Tabla 6.11: Comparación de las subcategorías del pre al postest para la categoría *Imagen de Científico*

En la tabla 6.11 se evidencia que para la primera pregunta en la subcategorías *buscan respuestas*, *descubren algo nuevo*, *no es un odontólogo* y *tiene conocimiento*, se situaron 11 estudiantes y para el cuestionario final ningún estudiante. Al contrario se evidencian nuevas

subcategorías mayoritarias (14 estudiantes): *investigan en comunidades científicas, contribuyen investigando a solucionar problemáticas relacionadas con la Ciencia y construyen conocimiento*, que dejan ver imágenes más reales y sociales de la actividad científica.

Algunas afirmaciones de las categorías emergentes fueron:

E15.CF: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Consideras que todos los personajes nombrados hasta ahora son científicos? ¿Por qué?] “Si porque construyen ciencia al tener una problemática como lo fue el esmalte moteado, empezaron a buscar que enfermedad era y tuvieron grandes hallazgos los cuales ayudan a entender y saber sobre ello”

E6.CF: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Consideras que todos los personajes nombrados hasta ahora son científicos? ¿Por qué?] “Si porque todos aportaron un conocimiento a una problemática sin necesidad de ser un descubridor, además pueden ser odontólogos, cualquier persona con la capacidad de asombro o la inquietud en algo puede aportar al conocimiento”

| ¿Cuál debe ser el papel del científico con la sociedad y el ambiente? | | | | | | |
|---|--------------------------------------|--|-----------------------|-------------------|-------------|---|
| Test/subcategoría | Encontrar soluciones a los problemas | Contribuir a la solución de las problemáticas sociales | Divulgador de ciencia | Dejar de producir | No responde | Contribuir a la solución de las problemáticas sociales y divulgar |
| Pre | 4 | 3 | 3 | 1 | 6 | 0 |
| Post | 3 | 3 | 6 | 0 | 0 | 5 |

Tabla 6.12: Comparación de las subcategorías del pre al postest para la categoría *Imagen de Científico*

Y para la segunda pregunta (tabla 6.12) las subcategorías alejadas de una visión humana de científico *dejar de producir y no responde*, se situaron 7 estudiantes y al finalizar ningún estudiante. Y para las subcategorías *divulgar la Ciencia, encontrar soluciones a los problemas y contribuir a la solución de las problemáticas sociales* se observa que los estudiantes se mantienen; sin embargo, emerge una subcategoría con 5 estudiantes que es *contribuir a la solución de las problemáticas sociales y divulgar* concepción que tiene en cuenta que la actividad científica es contribuir y no precisamente el científico es el único responsable de solucionar las problemáticas, como se mencionó en el pretest. Además se observa una movilización significativa en el papel del científico como divulgador de la

Ciencia, involucrando de esta manera la relación científico-sociedad.

Ejemplo de estas concepciones más humanas de científico son:

E2.CF: [Haciendo referencia a la pregunta Según las situaciones descritas ¿Cuál debe ser el papel del científico con la sociedad y el ambiente?] “informar, ayudar con propuestas que no afecten a la sociedad y al medio ambiente ya que se debe pensar no solo en el bien propio sino en toda la sociedad”

E11.CF: [Haciendo referencia a la pregunta Según las situaciones descritas ¿Cuál debe ser el papel del científico con la sociedad y el ambiente?] “juega un papel importante, pues al aportar a solucionar las situaciones él deberá como primera medida informar a toda la sociedad sobre esta situación para que podamos ser personas responsables y tomar decisiones frente a esto”

En lo concerniente a la categoría imagen de científico se puede evidenciar que los estudiantes construyen concepciones de la actividad científica y del papel del científico relacionando lo social. Es decir, tienen en cuenta los factores sociales que inciden en la construcción del conocimiento científico y que están relacionadas con las personas que hacen ciencia.

Categoría Construcción del conocimiento

Para esta categoría se han organizado los resultados del pre al postest en la tabla 6.13, 6.14 y 6.15. Se encontró que hubo movilización en las concepciones tradicionales y dogmáticas de la construcción de ciencia a concepciones que incluyen aspectos sociales de la misma.

| CATEGORÍA CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO | | | | | | | |
|--|--------------|--|--|-------------------------|--|-------------------------------------|--------------|
| ¿Qué hizo el Doctor Henry Trendley Dean para llegar a la conclusión que llegó? | | | | | | | |
| Test/subcategoría | Investigando | Investigando y comparando sus resultados | Encontrando respuestas a las preguntas | Haciendo un paso a paso | Investigando con comunidades científicas | Usando aportes de otros científicos | Experimentos |
| Pre | 9 | 4 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| Post | 1 | 10 | 0 | 0 | 4 | 1 | 1 |

Tabla 6.14: Comparación de las subcategorías del pre al postest para la categoría *Construcción de conocimiento científico*

Para la pregunta *¿Qué hizo el Doctor Henry Trendley Dean para llegar a la conclusión que llegó?* Inicialmente se situaron 13 estudiantes en las subcategorías *haciendo un paso a*

paso, encontrando las respuestas a las preguntas e investigando siendo visiones unidimensionales, operativistas e individuales de la construcción de conocimiento científico. Como se ha mencionado anteriormente, no es exclusivamente la investigación o el método científico los procesos por los cuales se ha construido la Ciencia, porque también es a través de los errores, las revoluciones científicas, las rupturas sociales, los problemas culturales y políticos. Como es el caso de la enfermedad Fluorosis dental, donde los científicos han llegado a conclusiones a través de problemas sociales, políticos, económicos y de interés particular. Por otro lado, la subcategoría *investigando y comparando sus resultados* donde inicialmente se situaron 4 finalizó con 10 estudiantes, es significativa la movilización de esta concepción porque en esta se menciona la investigación como habilidades científicas y cuerpos coherentes de conocimiento que son importantes para la construcción de conocimiento, pero al comparar implícitamente se hace referencia a la relación social de la ciencia-trabajo científico en comunidades-. Como es el caso de la Fluorosis dental donde el Doctor Henry Trendly Dean trabajó en conjunto con una comunidad de científicos que llegaron a la conclusión de la cantidad de Flúor que podía consumir una persona para que este evitará la caries dental. Así mismo, emergen con 5 estudiantes las subcategorías *investigando con comunidades científicas y usando aportes de otros científicos*, que tienen en cuenta explícitamente las relaciones ciencia y sociedad, donde se concibe la construcción de conocimiento desde y con comunidades científicas, se evidencia además la evolución y el dinamismo de la Ciencia. Muestra de algunas respuestas de los estudiantes que incluyen aspectos más dinámicos y sociales de la construcción de ciencia son:

E7.CF: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Qué hizo el Doctor Henry Trendly Dean para llegar a la conclusión que llegó?] “El investigó la epidemiología de la fluorosis con su grupo de investigación preguntándose ¿Cuál era el consumo máximo para que a las personas les de Fluorosis dental? Y de esta manera aportó al campo de la odontología ayudando a la prevención de la caries dental y a saber cuál es el máximo consumo de Flúor para que los gobiernos y las personas pudieran controlar para que no les diera fluorosis dental”

E12.CF: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Qué hizo el Doctor Henry Trendly Dean para llegar a la conclusión que llegó?] “Creo que investigó con otros científicos mucho sobre el tema de la Fluorosis dental y buscó muchas alternativas para saber por qué daba esto, hasta que finalmente encontró que: sí el agua potable tenía mucho exceso de Flúor (más de 1ppm) podría ser dañino para la salud”

| ¿Cómo estos personajes “elaboraron” la ciencia? | | | | | |
|---|---------------------|---------------------------------|----------------|-----------------------------------|---|
| Test/subcategoría | Buscando respuestas | Utilizando el método científico | Experimentando | Investigación y trabajo colectivo | Realizando investigaciones incluidos aspectos: errores, asombro |
| Pre | 8 | 7 | 2 | 0 | 0 |
| Post | 1 | 0 | 0 | 10 | 6 |

Tabla 6.15: Comparación de las subcategorías del pre al postest para la categoría *Construcción de conocimiento científico*

Para la pregunta *¿Cómo estos personajes “elaboraron” la ciencia?* todas las subcategorías del pretest que corresponden a *buscando respuestas, utilizando el método científico y experimentado* presentaban una visión positivista de la ciencia, donde la construcción se realiza exclusivamente desde el método científico, desde la búsqueda de respuesta o desde la experimentación (Tabla 6.15). Esto quiere decir que para el postest emergen dos subcategorías con 16 participantes que son: *Investigación y trabajo colectivo y Realizando investigaciones incluidos aspectos: errores, asombro*. Estas nuevas concepciones dejan ver que los estudiantes comprenden la articulación entre lo social y lo científico, vinculando particularmente la fluorosis dental como una enfermedad producto de problemáticas sociales, la fluoración del agua y de la sal como producto de situaciones de azar que tuvo implicaciones económicas para disminuir costos de enfermedades como la caries dental. Las afirmaciones que muestran estas subcategorías emergentes son:

E9.CF: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Cómo estos personajes “elaboraron” ciencia?] “Pues en primer lugar ellos tenían la capacidad de asombro que les sirvió para preguntaron por qué y pues con los análisis descubrieron algo por accidente. Que lo que producía esto era el Flúor un elemento que es muy electronegativo que al combinarse en exceso con el calcio de los dientes puede producir estas manchas, pero que al parecer podía ayudar a prevenir la caries dental”

E2.CF: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Cómo estos personajes “elaboraron” ciencia?] “Mediante las investigaciones, haciéndose preguntas mediante experimentos, pero lo más importante fue el trabajo en equipo los debates, foros entre ellos que sirvieron para encontrar la solución a esta problemática que

aquejaba el pueblo de Colorado, después de esto otra cosa importante fue la publicación de los resultados porque sirvió para que otros científicos siguieran con la investigación y comprobaran que efectivamente era el agua con exceso del elemento Flúor la que producía esta enfermedad”

| ¿Qué proceso se sigue en ciencia para que se acepte un nuevo conocimiento científico o se rechace el anterior? | | | | | |
|--|---------------|-----------------|----------------------|-------------|---------------------------------------|
| Test/subcategoría | Investigación | Experimentación | Comunidad científica | No responde | Comunidades científicas y la sociedad |
| Pre | 9 | 4 | 1 | 3 | 0 |
| Post | 4 | 2 | 5 | 0 | 6 |

Tabla 6.16: Comparación de las subcategorías del pre al postest para la categoría *Construcción de conocimiento científico*

En la tabla 6.16 se exponen los resultados del pre-postest de la pregunta *¿Qué proceso se sigue en ciencia para que se acepte un nuevo conocimiento científico o se rechace el anterior?* Donde se evidencia que inicialmente las subcategorías mayoritarias (16) *investigación, experimentación y no responde* finalizan con 6 participantes. Es importante resaltar nuevamente que la investigación ha aportado grandes avances a la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad. Pero esta concepción es limitada por no tener en cuenta las interacciones sociales que se desarrollan en las comunidades científicas para que se acepte un nuevo conocimiento o se rechace el anterior. Así mismo, la historia de la fluoración de la sal y del agua en Colombia, muestra cómo las comunidades científicas, pero también la sociedad con sus aspectos económicos e incluso intereses particulares son los que validan los conocimientos científicos. Esta concepción como se mencionó en el pretest tiene en cuenta estos aspectos pero desconoce la relación social de la Ciencia. Para este caso inicialmente 9 estudiantes lo concebían así y finalizaron 4.

Para la subcategoría *Comunidad científica* en el pretest se halló un estudiante y para el postest 5 estudiantes. Así mismo, la subcategoría emergente para esta pregunta fue *comunidades científicas y la sociedad* donde se encuentran 6 estudiantes. Estas últimas dos

subcategorías dejan ver que 11 de los 17 estudiantes conciben la validación del conocimiento científico, comprendiendo el funcionamiento interno de la ciencia donde las comunidades científicas juegan un papel importante, en las que se tiene en cuenta las discusiones, controversias, intereses particulares y otras situaciones que interaccionan con la construcción de Ciencia. Además, en algunas de las concepciones de estas subcategorías se evidencian relaciones no solo de aspecto social y científico, sino político. Muestra de ello son las siguientes afirmaciones:

E9.CF: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Qué proceso se sigue en ciencias para que se acepte un nuevo conocimiento científico o se rechace el anterior?] “Pues mirando la conclusión bajo el apoyo de otros científicos, porque en la ciencia todos aportan, incluso las personas del común por eso ellos hicieron encuestas a las personas que tenían Fluorosis dental, porque de allí podían obtener mucha información”

E4.CF: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Qué proceso se sigue en ciencias para que se acepte un nuevo conocimiento científico o se rechace el anterior?] “Para que se acepte un nuevo conocimiento o se rechace se debe hacer conocer a las comunidades científicas, pero a las personas también para que de igual manera ellas decidan, también pienso que los gobiernos participan porque son los que también en este caso aprobaron la fluoración del agua o de la sal”

Categoría Naturaleza del conocimiento científico

En las tablas 6.17, 6.18, 6.19 y 6.20 se evidencian diferencias significativas entre las subcategorías descontextualizadas de la naturaleza de la Ciencia a concepciones de ciencia humanizadora. Para esta categoría los participantes demuestran conocimiento de los conceptos propios de la ciencia y su relación múltiples dimensiones.

| CATEGORÍA NATURALEZA DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO | | | | |
|--|-------------------|---------------------|-------------|----------------------|
| Según la situación descrita de la Fluorosis dental ¿Qué entiendes por Ciencia? | | | | |
| Test/subcategoría | Ciencia infalible | Ciencia acumulativa | No responde | Ciencia humanizadora |
| Pre | 13 | 1 | 3 | 0 |
| Post | 4 | 0 | 0 | 13 |

Tabla 6.17: Comparación de las subcategorías del pre al postest para la categoría *Naturaleza del conocimiento científico*

Para la primera pregunta de esta categoría *Según la situación descrita de la Fluorosis dental ¿Qué entiendes por Ciencia?* se observa una movilización del pretest al postest entre las subcategorías de *ciencia infalible, acumulativa y no responde* a la concepción de *ciencia humanizadora* (Tabla 6.17). Esto quiere decir que para los participantes se deja de lado la idea de que la Ciencia debe dar respuestas absolutas sin equivocarse, que no tiene limitaciones ni restricciones del conocimiento; para dar paso a una concepción de ciencia como un conocimiento falible y provisional con múltiples relaciones con la sociedad y el ambiente. Por lo que fue valioso para los estudiantes entender los dilemas científicos desde varios campos de conocimiento (social, político, cultural, entre otros). Con relación a esta categoría de ciencia humanizadora algunos participantes afirmaron:

E1.CF: [Haciendo referencia a la pregunta: Según la situación descrita la fluorosis dental ¿Qué entiendes por ciencia?] “La ciencia es la encargada de investigar acerca de los problemas científicos-sociales”

E11.CF: [Haciendo referencia a la pregunta: Según la situación descrita la fluorosis dental ¿Qué entiendes por ciencia?] “Es el conocimiento que se construye en comunidades científicas, pero también indígenas, campesinos, personas del común buscan la respuesta a cualquier problema que sufren, hay que tener en cuenta que para poder hacer ciencia se necesita del conocimiento, pero también la imaginación y la creatividad”

E6.CF: [Haciendo referencia a la pregunta: Según la situación descrita la fluorosis dental ¿Qué entiendes por ciencia?] “Es un conocimiento que también se ha construido con errores, pero a partir de ellos también evoluciona, por ejemplo en la Fluorosis dental se ve que los científicos, la sociedad y los políticos han participado, pero también se han encontrado cosas por accidente como es la prevención de la caries dental ”

| CATEGORÍA NATURALEZA DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO | | | | | | | | |
|--|--------------------------------------|--------------------------|------------|---------------------------|---------|-------------------------------------|--------------------------|------------------------|
| ¿Consideras que la enfermedad dental descrita es causada por alteraciones genéticas y/o ambientales y/u otras? | | | | | | | | |
| Test/subcategoría | Genéticas y ambientales no justifica | Ambientales no justifica | Antrópicas | Genéticas por la herencia | Ninguna | Ambientales por los microorganismos | Ambientales y antrópicas | Ambientales, justifica |
| Pre | 4 | 4 | 3 | 2 | 3 | 1 | 0 | 0 |
| Post | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 11 | 5 |

Tabla 6.18: Comparación de las subcategorías del pre al postest para la categoría *Naturaleza del conocimiento científico*

Para la pregunta *¿Consideras que la enfermedad dental descrita es causada por*

alteraciones genéticas y/o ambientales y/u otras? se presentó en el cuestionario inicial que los 17 estudiantes se encontraban en las subcategorías: *genéticas y ambientales no justifica, ambientales no justifica, antrópicas, genéticas por la herencia, ambientales por los microorganismos* (Tabla 6.18). En estas concepciones mencionadas en el análisis del pretest, las únicas respuestas que se acercan son *ambientales no justifica o antrópicas* porque los participantes mencionan estos factores como causantes de la fluorosis dental, pero no especifican cuáles y qué los causa.

Por otro lado, las subcategorías emergentes fueron *ambientales y antrópicas-justifica* y *ambientales-justifica*, donde los participantes mencionan que la fluorosis dental si es causada por alteraciones ambientales particularmente porque el agua no se potabiliza en algunas regiones de Colombia, como es el caso del centro poblado el Juncal-Huila donde las personas deben tomar el agua de un aljibe que está rodeado de rocas que contienen compuestos fluorados, exponiendo a estas poblaciones al consumo excesivo de Flúor. Y también por factores antrópicos como lo es la fluoración de la sal que según el IQEN (2015) no se controlan los parámetros de Flúor que son de 180-220ppm; ejemplo de esto, en Municipios como Gigante-Huila se ha encontrado sal con niveles de Flúor por encima de 255ppm. Además hay plantas de tratamiento de agua potable (según el Plan de Vigilancia Centinela, 2017) donde se han encontrado compuestos fluorados con concentraciones de más de 1.0ppm que es el parámetro de consumo establecido por la OMS. También algunos participantes mencionan que al ser antrópicas se incluyen aspectos relacionados a políticas públicas como la Potabilización del agua para evitar la exposición del Flúor y el control del Flúor en el agua potable y la sal.

Estas concepciones son más favorables, porque contribuye a comprender las causas permitiendo involucrarse en la solución de problemáticas relacionadas con la parte ambiental y

antrópica. En algunas afirmaciones se observa que los participantes exponen la bioacumulación como razón ambiental, aunque esta situación todavía es objeto de discusión por cuanto no se han realizado investigaciones, sin embargo se sabe que el Flúor es un elemento que los humanos y los animales no pueden degradar.

Es necesario aclarar, que los estudiantes exponen que son factores ambientales y antrópicos y que la población afectada son los niños de 0-6 años, porque a los adultos no les afecta. Algunos ejemplos de estas nuevas concepciones son:

E13.CF: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Consideras que la enfermedad dental descrita es causada por alteraciones genéticas y/o ambientales y/u otras? “Esta enfermedad es causada en los niños por alteraciones ambientales, un ejemplo es las personas que no cuentan con agua potable, es posible que esta agua que consumen exceda el nivel de Flúor permitido y las personas puedan sufrir de esta enfermedad, pero digamos que no es sólo ambiental porque el gobierno debería garantizar el agua potable en estas comunidades y así evitar enfermedades del estómago y la fluorosis dental o esquelética”

E15.CF: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Consideras que la enfermedad dental descrita es causada por alteraciones genéticas y/o ambientales y/u otras? “Ambiental, porque el Flúor al estar en diferentes fuentes como por ejemplo el agua, las plantas, los animales, cultivos también se verán afectados y cuando los niños de 0-6 años lo consumen tendrían más acumulación de Flúor”

E6.CF: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Consideras que la enfermedad dental descrita es causada por alteraciones genéticas y/o ambientales y/u otras? “No porque es una enfermedad causada por las malas decisiones de los altos mandos o de nosotros mismos que no tomamos partido de esto (aunque algunas veces es causada de naturalmente por depósitos de Flúor en la tierra que se mezclan con el agua que consumen las personas)”

| CATEGORÍA NATURALEZA DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO | | | | | | |
|--|---------------------------|-----------------------------------|---------|--|-------------|---|
| ¿Por qué las personas que están expuestas a consumos excesivos y prolongados de Flúor pueden generar esas lesiones en sus dientes (manchas amarillas, marrones, hasta la ruptura)? | | | | | | |
| Test/subcategoría | Consumo excesivo de Flúor | Por el mal cuidado de los dientes | La edad | Consumo de bebidas alcohólicas y cigarrillos | No responde | Consumo excesivo de Flúor, pérdida de los minerales por la alta electronegatividad, edad de 0-6 años y falta de información de las políticas de salud |
| Pre | 6 | 3 | 1 | 1 | 6 | 0 |
| Post | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 |

Tabla 6.19: Comparación de las subcategorías del pre al postest para la categoría *Naturaleza del conocimiento científico*

En la tabla 6.19 se evidencia los resultados de la pregunta ¿Por qué las personas que están expuestas a consumos excesivos y prolongados de Flúor pueden generar esas lesiones

en sus dientes (manchas amarillas, marrones, hasta la ruptura)? para el pretest se hallaron cuatro subcategorías descontextualizadas de la Naturaleza del conocimiento científico: *Por el mal cuidado de los dientes, la edad, consumo de bebidas alcohólicas y cigarrillos, no responde* con 11 estudiantes y para el postest ningún estudiante se situó en estas subcategorías.

Por otro lado, la concepción *Consumo excesivo de Flúor* al inicio presentó 6 estudiantes y al finalizar 3 estudiantes; es importante resaltar lo mencionado en el análisis del pretest que esta subcategoría destaca que la causa de la fluorosis dental es el consumo excesivo y prolongado de Flúor, pero no se evidencia justificación. A diferencia de la subcategoría emergente mayoritaria (14 estudiantes) *Consumo excesivo de Flúor, perdida de los minerales por la alta electronegatividad, edad de 0-6 años y falta de información de las políticas de salud* demuestra que relacionan los conceptos propios de la Ciencia (Formación del diente y reacciones químicas que suceden como la hipomineralización) y reconocen implicaciones políticas (decreto fluoración de la sal), económicas (no potabilización del agua) y culturales (consumo de la crema dental e incluso mal higiene bucal). Para ejemplificar esto, se cita algunas respuestas de los participantes:

E17.CF: [Haciendo referencia a la pregunta *¿Por qué las personas que están expuestas a consumos excesivos y prolongados de Flúor pueden generar esas lesiones en sus dientes (manchas amarillas, marrones, hasta la ruptura)?*] “Porque llegan a un nivel excesivo de Flúor, en la edad de 0-6 años si se consume gran cantidad de Flúor esto puede ocasionar estas lesiones hasta peores, consumiendo el Flúor en el agua porque no está potabilizada, en la sal por norma de la secretaría de salud y pastas dentales, entre otros. Y Además, no sabiendo lo que les puede ocasionar, es decir, por falta de información”

E9.CF: [Haciendo referencia a la pregunta *¿Por qué las personas que están expuestas a consumos excesivos y prolongados de Flúor pueden generar esas lesiones en sus dientes (manchas amarillas, marrones, hasta la ruptura)?*] “Por la falta de información que hay, las personas no toman conciencia de los excesos y los niños son los más vulnerables a esta situación, adicional que no hay un control sobre la cantidad de Flúor en la sal y algunas personas no tienen agua potable”

| |
|---|
| CATEGORÍA NATURALEZA DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO |
| ¿Qué proceso químico le sucede a sus dientes? |

| Test/subcategoría | Hipomineralización del diente | Reacción química | No hay ningún proceso químico | No responde | Hipomineralización en el esmalte dental por pérdida de la Hidroxiapatita |
|-------------------|-------------------------------|------------------|-------------------------------|-------------|--|
| Pre | 3 | 2 | 1 | 11 | 0 |
| Post | 2 | 0 | 0 | 0 | 15 |

Tabla 6.20: Comparación de las subcategorías del pre al postest para la categoría *Naturaleza del conocimiento científico*

Para la última pregunta de esta categoría *¿Qué proceso químico le sucede a sus dientes?*, se encontró que en el cuestionario inicial mayoritariamente (11) de los participantes no respondían (Tabla 6.20). Poniendo de manifiesto el desconocimiento, la falta de información e incluso la falta de interpretación de los textos, puesto que en la situación que precedía a la pregunta se menciona el lugar donde es producido el daño y el proceso que a *grosso modo* se da. Además, se observa que 1 estudiante respondió que la fluorosis dental está relacionada con temas de higiene bucal y no con procesos químicos. Para el caso del pretest, estas dos subcategorías desaparecen.

Por otro lado, se mantienen una subcategoría que corresponde a la *hipomineralización del diente* pasa de 3 a 2 estudiantes. Esta concepción es cierta pero no específica en ellas el proceso químico, tan sólo lo menciona.

Y por último la subcategoría emergente mayoritaria (15 estudiantes) la *Hipomineralización en el esmalte dental por pérdida de la Hidroxiapatita*, esta concepción articula los conceptos bioquímicos con el problema, a manera de ejemplo se cita a algunos estudiantes:

E18.CF: [Haciendo referencia a la pregunta *¿Qué proceso le sucede a sus dientes? ¿Por qué?*] “Lo que sucede es que al consumir excesivamente el Flúor, este tiene más electronegatividad y puede arrancar cualquier electrón de otro elemento químico como el calcio en este caso, degradando la Hidroxiapatita que es el esmalte dental natural”

E7.CF: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Qué proceso le sucede a sus dientes? ¿Por qué?] “Daños en los dientes porque el Flúor es el compuesto más electronegativo y reacciona con el calcio de la Hidroxiapatita y forma la Fluorapatita”

E10.CF: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Qué proceso le sucede a sus dientes? ¿Por qué?] “La hipomineralización del diente donde el Flúor arranca los electrones del calcio para formar enlaces y dar lugar a la pérdida de la Hidroxiapatita”

Categoría Relación CTSA

Para esta categoría en las tablas 6.21, 6.22, 6.23 y 6.24 se evidencian progresiones significativas en las concepciones iniciales y las finales. Emergen subcategorías donde se observa la relación multidireccional de la Ciencia con otros factores. Además en esta categoría se muestra claramente que los estudiantes asumen la Fluorosis dental como una Cuestión Sociocientífica.

| CATEGORÍA DE RELACIÓN CTSA | | | | | | |
|--|---------------------------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------------|-------------|--|
| ¿Consideras que la situación anterior puede ser objeto de estudio de las ciencias? ¿Por qué? | | | | | | |
| Test/subcategoría | Buscas las causas de las enfermedades | Son afectaciones sociales | Resuelve situaciones nuevas | Busca cura de enfermedades | No responde | Contribuir con investigaciones a la solución de las problemáticas Sociocientíficas |
| Pre | 5 | 3 | 2 | 2 | 5 | 0 |
| Post | 3 | 2 | 0 | 0 | 0 | 12 |

Tabla 6.21: Comparación de las subcategorías del pre al postest para la categoría *Relación CTSA*

En las respuestas del pre-postest de la pregunta *¿Consideras que la situación anterior puede ser objeto de estudio de las ciencias? ¿Por qué?* se muestra un número representativo de movilizaciones. Para las subcategorías con una visión limitada de la Ciencia y sus interacciones: *resuelve las situaciones nuevas, busca cura de las enfermedades, no responde* inicialmente se ubicaron 9 estudiantes y al finalizar la intervención didáctica ninguno (Tabla 6.21).

En contraste, las subcategorías *buscan las causas de las enfermedades y son*

afectaciones sociales muestra una disminución mínima. Y por último la concepción emergente- mayoritaria (12)- fue *Contribuir con investigaciones a la solución de las problemáticas Sociocientíficas*, debido a que consideran la fluorosis dental como una *polémica* de la ciencia que tiene *implicaciones sociales*. A modo de ejemplo, las respuestas de algunos estudiantes para esta subcategoría son:

E4.CF: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Consideras que la situación anterior puede ser objeto de estudio de las ciencias? ¿Por qué?] “Si porque la fluorosis es una enfermedad que debe estudiar la ciencia y las implicaciones sociales porque ha aumentado por la política de salud de la fluoración de la sal para evitar la caries dental”

E5.CF: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Consideras que la situación anterior puede ser objeto de estudio de las ciencias? ¿Por qué?] “Si porque es una situación polémica y necesita ser investigada”

| CATEGORÍA DE RELACIÓN CTSA | | | | | | | |
|--|---|------------------------|-----------------------------|-------------|--|----------------------------------|--|
| ¿Cuál ha sido el impacto de la Fluoración de la sal en el Huila? | | | | | | | |
| Test/subcategoría | Aumento de la Fluorosis dental en los niños | Contaminación del agua | Aumento de la caries dental | No responde | Aumento de la fluorosis dental y esquelética | Aparición de la fluorosis dental | Beneficios para las personas adultas, para los niños enfermedad como la fluorosis dental |
| Pre | 6 | 3 | 1 | 7 | 0 | 0 | 0 |
| Post | 8 | 0 | 0 | 0 | 5 | 3 | 1 |

Tabla 6.22: Comparación de las subcategorías del pre al postest para la categoría *Relación CTSA*

En la tabla 6.22 se puede observar la categorización de las respuestas del pre y postest de la pregunta *¿Cuál ha sido el impacto de la Fluoración de la sal en el Huila?*, donde las subcategorías alejadas de la relación CTSA de la fluorosis dental son: *Contaminación del agua*, *aumento de la caries dental* y *no responde* que disminuyen significativamente, pasan de 11 estudiantes a ningún estudiante. Con respecto a la subcategoría *aumento de la fluorosis dental en los niños* se evidencia un incremento en el postest, pero a diferencia del pretest se observa que los participantes utilizan argumentos estadísticos.

Para las subcategorías emergentes *Aumento de la fluorosis dental y esquelética*,

aparición de la fluorosis dental se evidencia que los estudiantes relacionan el impacto de una política pública para prevenir la caries dental con la aparición e incluso aumento de la fluorosis dental y esquelética. Algunas afirmaciones que confirman esto son:

E10.CF: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Cuál ha sido el impacto de la Fluoración del agua y la sal en el Huila?] “Un impacto cultural enorme y social ya que es una enfermedad o apareció una enfermedad que en tiempos atrás en Colombia no existía, ya que en los reportes de las secretarías de salud no se evidencia, solo a partir de 1998”

E16.CF: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Cuál ha sido el impacto de la Fluoración de la sal en el Huila?] “En el departamento del Huila se han presentado casos de fluorosis dental y esquelética lo cual antes no existía en el departamento, tampoco ha disminuido los niveles de caries dental, en el Municipio de Timaná las cifras de esta enfermedad son elevadas, incluso niños desde los 13 años pierden sus dientes”

| CATEGORÍA DE RELACIÓN CTSA | | | | | | | |
|--|-----------------------------------|-------------|-----------------|---|-----------|-------------|--|
| ¿Qué instituciones o personas están involucradas en el aumento de la Fluorosis dental en Colombia? | | | | | | | |
| Test/subcategoría | Entidades del gobierno y privadas | Científicos | Nosotros mismos | Las empresas que fabrican productos con Flúor | Los niños | No responde | Entidades del gobierno, privadas, los científicos, medios de comunicación y la población |
| Pre | 4 | 3 | 4 | 3 | 1 | 2 | 0 |
| Post | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 |

Tabla 6.23: Comparación de las subcategorías del pre al postest para la categoría *Relación CTSA*

Para la pregunta *¿Qué instituciones o personas están involucradas en el aumento de la Fluorosis dental en Colombia?* inicialmente los participantes concebían que eran únicamente *los científicos, nosotros mismos, las empresas productoras de compuestos fluorados, los niños y no responde*. Al parecer describían de manera conjunta las personas o instituciones involucradas en el aumento de la fluorosis dental, pero en ninguna de las respuestas las mencionan todas juntas. Al finalizar la intervención didáctica en el postest se evidencia que ningún estudiante si situó en estas subcategorías.

Por el contrario, la subcategoría *entidades del gobierno y privadas* aumento en el postest, como se mencionó en el análisis del pretest, esta concepción es acertada e incluye

factores relacionados con la fluorosis dental como lo son las entidades de salud o del agua potable y las empresas privadas que se encargan de extraer los minerales del suelo o de fabricar la sal. Es decir, que los estudiantes consideran la Fluorosis dental como un asunto no sólo científico sino social o político.

Así mismo, la subcategoría emergente fue *entidades del gobierno, privadas, los científicos, medios de comunicación y la población* en la que se observa que los participantes ampliaron la manera de entender la fluorosis dental, incluyendo varios factores que influyen en esta situación. Se presenta una relación multidireccional de la ciencia con la sociedad.

Algunos estudiantes respondieron así:

E11.CF: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Qué personas o instituciones están involucrados en el aumento de la Fluorosis dental en Colombia?] “Algunas entidades públicas (OMS, secretaría de salud local, departamental y nacional) y también los medios de comunicación por la falta de llevar la información a las comunidades para que todas las personas conozcan dicha situación que está afectando a toda la población y también que las personas que tienen el conocimiento informen más a las personas”

E17.CF: [Haciendo referencia a la pregunta ¿Qué personas o instituciones están involucrados en el aumento de la Fluorosis dental en Colombia?] “El gobierno, las entidades de la salud, el mismo pueblo”

| CATEGORÍA DE RELACIÓN CTSA | | | | | | | |
|--|------------------------------------|--------------------------------|----------------------------|------------|-------------|--|-----------------------------|
| ¿Qué factores han influido en la evolución del conocimiento acerca de la fluorosis dental? | | | | | | | |
| Test/subcategoría | La investigación y el conocimiento | Situaciones de carácter social | Investigación en comunidad | Económicos | No responde | Sociocientíficos, económicos, políticos y culturales | Socioculturales y políticos |
| Pre | 7 | 2 | 2 | 1 | 5 | 0 | 0 |
| Post | 0 | 3 | 1 | 0 | 0 | 12 | 1 |

Tabla 6.24: Comparación de las subcategorías del pre al postest para la categoría *Relación CTSA*

En cuanto a la pregunta *¿Qué factores han influido en la evolución del conocimiento acerca de la fluorosis dental?* se observa que *la investigación y el conocimiento, económicos y no responde* son subcategorías que para el postest desaparecen. Emerge una subcategorías: *Sociocientíficos, económicos, políticos y culturales* que para el postest se encuentran 12

participantes, esta concepción muestra que los participantes ahora incluyen otros aspectos que tienen que ver con los intereses particulares de los científicos, pero además, con los aspectos externos de la Ciencia como financiación, políticas, cobertura, formación, éticos, entre otros. A continuación se evidencia con algunas respuestas de los participantes:

E9.CF: [Haciendo referencia a la pregunta: ¿Qué factores han influido en la evolución del conocimiento acerca de la Fluorosis dental?] “Pues los aportes económicos para hacer las investigaciones, los científicos que las realizan, los políticos, las culturas y las sociedades que aprueban o están de acuerdo con esto, pero hay que tener en cuenta que también está relacionado con el tema de los Estados Unidos de allí es de donde proviene el Flúor que se aplica”

E17.CF: [Haciendo referencia a la pregunta: ¿Qué factores han influido en la evolución del conocimiento acerca de la Fluorosis dental?] “Las propuestas de los científicos, el factor económico para hacer investigaciones, porque aquí en Colombia es escaso, también el factor cultural que las personas no tienen buen higiene oral y esto hace que se deban generar políticas para que a las personas no les de caries dental, la organización mundial de la salud que interviene en esto diciéndoles a los países que deben fluorar el agua o la sal para evitar la caries dental, pero no dicen que los gobiernos deben controlar y también toda la sociedad que al final es la que puede aprobar o desaprobado todo esto”

7. Conclusiones y recomendaciones

Al identificar las concepciones iniciales acerca de la comprensión de la Naturaleza de la Ciencia en cada una de las categorías de análisis se encontró que los participantes tienen visiones descontextualizadas de la imagen de científico, al parecer reducían la actividad científica a solucionar los problemas a inventar o descubrir algo, sin reconocer las limitaciones o restricciones del conocimiento científico. Se evidenció que se descargaba toda la responsabilidad de las problemáticas mostrando desconocimiento acerca del funcionamiento interno y externo de la Ciencia. Se entendía la construcción de conocimiento exclusivamente desde el método científico ignorando los múltiples procesos relacionados a factores humanos y también las incidencias de otros campos de conocimiento. El conocimiento científico se concebía únicamente de manera individual sin interacciones sociales como grupos de investigación. La visión de ciencia era positivista y desde el control riguroso, dejando de lado el azar, la incertidumbre, la duda y la creatividad. No se observó una vinculación entre el conocimiento científico con nociones sociales o políticas o culturales.

Los resultados presentados en la secuencia didáctica y el postest indican que la CSC fluorosis dental incidió en la CNdC, evidencia de esto son las movilizaciones significativas de las categorías de investigación del pre al postest.

Es necesario resaltar que todas las categorías avanzaron de manera similar por cuanto están articuladas entre sí. La comprensión de una puede conllevar a la otra y viceversa.

Imagen de científico

Con respecto a la primera categoría que corresponde a la imagen de científico, la CSC evidenció su incidencia desde la primera sesión, donde los participantes realizaron los dibujos de los científicos que contribuyeron al descubrimiento del Flúor. Ellos dibujaron sujetos con batas, gafas, canosos, viejos, solitarios, de raza blanca y con instrumentos de laboratorio. Pero

cuando se realizó la socialización empezaron a surgir dudas y cuestionamientos. Luego al trabajar la actividad de esa misma sesión acerca de la divulgación científica, los estudiantes empezaron a describir dentro de la labor científica, grupos de investigación y la relación ciencia-sociedad. Para la sesión 2: el omnívoro de la tabla periódica, los estudiantes asumieron desde la ciencia escolar, el papel de resolver una situación y esto les permitió reconocer las limitaciones y restricciones que puede tener el conocimiento científico. Luego para la sesión 3: El laberinto del Flúor, a través de la historia de la Fluorosis dental, los estudiantes comprendieron que los científicos, trabajan en equipo, cuestionan los conocimientos, divulgan el conocimiento, tienen intereses particulares y cometen errores. Evidencia de esto, los estudiantes en sus dibujos de científico los representaron con aspectos de una persona normal, incluso como médicos u odontólogos; sin embargo, aún los dibujan con instrumentos de laboratorio, esto es importante porque muestra que los estudiantes sostienen que los científicos pueden ser personas normales, sin atribuciones extraordinarias, pero que deben tener cuerpos coherentes de conocimiento, habilidades y por trabajar en las Ciencias Exactas están inmersos en un campo que en este caso puede ser un laboratorio.

Durante el transcurso de las demás actividades los participantes vinculan a los científicos(as) con las actividades sociales. Y para el posttest todo esto se evidenció en las categorías emergentes que relacionan al científico con las comunidades científicas, la solución de problemáticas sociales y la divulgación científica.

Construcción del conocimiento científico

Para la segunda categoría que corresponde a la construcción del conocimiento científico, la CSC fluorosis dental incidió en la CNdC de manera similar a la categoría anterior. Para la primera sesión: tras las huella del Flúor los participantes empezaron a señalar a través de las diferentes actividades que todos los científicos contribuían a construir la

ciencia, incluso con sus posibles “errores”. Mencionaban múltiples métodos que pueden coexistir en ciencia para su construcción; atribuían la construcción del conocimiento desde equipos de trabajo y asumieron la divulgación científica como proceso importante para la validación del conocimiento por otros científicos y la sociedad.

Para la segunda sesión también se observó progresiones en esta categoría porque los estudiantes resolvieron una situación problematizadora donde lograron comprender que el método científico hace parte de la construcción de la ciencia, pero no es absoluto e infalible, puede presentar errores, dificultades y limitantes. Además, se evidenció que la indagación como habilidad científica favorece la competencia de pensamiento crítico CNdC, si se realiza de manera contextualizada, utilizando una CSC como es la Fluorosis dental.

La historia de la fluorosis dental en la tercera sesión facilitó la comprensión de la validación del conocimiento científico. Cinco de los seis grupos de estudiantes manifestaron que la construcción no es un proceso exclusivamente individual y que la validación del conocimiento debe hacerse en comunidades científicas. Además, en esta misma sesión, se evidenció a partir de los esquemas elaborados por los participantes que los métodos que utilizan los científicos para llegar a las conclusiones pueden ser las entrevistas a las personas, la observación y las hipótesis. Para la elaboración de las historietas 4 grupos asumieron que la ciencia se construye a partir de las problemáticas que aqueja la sociedad estableciendo la relación ciencia-sociedad. En la actividad de las noticias los participantes asumieron la fluorosis dental como Cuestión Sociocientífica, puesto que mencionan situaciones relacionadas a la fluoración del agua y la sal para la prevención de la caries dental (situaciones de carácter científico) con implicaciones sociales (desarrollo de otras enfermedades como la fluorosis dental y esquelética en las poblaciones de estratos bajos), incluso políticas públicas (la fluoración de la sal y plan centinela para la vigilancia y control del Flúor) y económicas

(inversión en investigación). Y para la elaboración de las preguntas a la funcionaria de la secretaría de salud se logró evidenciar progresiones en la CNdC ya que cuestionan situaciones científicas con factores sociales, políticos y económicos.

El juego de roles favoreció esta categoría porque permitió analizar el problema desde distintos puntos de vista, involucrar aspectos sociales, políticos y éticos.

En las demás actividades los participantes vinculan a la fluorosis dental, no solo como un problema científico, sino político, económico, social, ético y cultural. Todas estas movilizaciones se muestran contundentemente en el posttest donde los estudiantes dejan de lado las visiones individuales, operativistas y unidimensionales de la construcción del conocimiento científico y asumen la ciencia mayoritariamente como una construcción colectiva, fundamentada en múltiples métodos y con factores multidimensionales.

Naturaleza del conocimiento científico

Para esta categoría la CSC fluorosis dental contribuyó a la CNdC por cuanto los participantes asumieron la ciencia desde su carácter humano, dinámico y progresivo. Para la segunda sesión se evidenció que los estudiantes mencionaban aspectos relacionados a los intereses particulares de los Científicos, la mayoría de ellos concebían que los temas científicos son exclusivamente de la ciencia, que no tiene otras implicaciones como las económicas o culturales. A pesar de esto, los estudiantes mostraron en este momento concepciones argumentadas desde la química, es decir, utilizaban razones desde el conocimiento científico para mostrar sus posturas. Para la siguiente actividad 5 grupos mencionaron que la ciencia era objetiva, absoluta, inmutable e infalible y que no podía ser subjetiva, tan solo un grupo mencionó lo contrario. Situación que fue cambiando con las siguientes actividades y el fortalecimiento de las otras categorías.

Para la tercera sesión en la elaboración de historietas 5 grupos expresaron a través de

estas, que la ciencia era dinámica, cambiante, problemática y con dimensiones sociales. Para la actividad de las noticias, se evidenció que la CSC favorece la idea de progreso y dinamismo continuo de la Ciencia. En el juego de roles se logró entender que en la Ciencia son múltiples los factores que influyen y esto hace que pueda ser sujeta a diversos cambios.

Para la cuarta sesión y quinta sesión la entrevista realizada a la funcionaria de la secretaría de salud, favoreció el cuestionamiento de la fluorosis dental desde diversos actores o instituciones. La actividad de la situación problema: suma social, contribuyó a través de la socialización de las diferentes puntos de vista la comprensión de la cuestión Sociocientífica.

Para la sexta sesión se evidenció que los estudiantes utilizaban el conocimiento científico vinculado las situaciones económicas y políticas a los impactos sociales. Y por último, la sesión siete permitió consolidar una propuesta para mitigar la problemática, dentro de estas estaban incluidos distintos factores: lo científico, político, económico, social y cultural. Esto les permite apreciar la verdad o falsedad de la información y construir una postura integral desde diversas dimensiones.

Las progresiones de todo lo anterior se muestran en el comparativo del pre al postest, donde mayoritariamente se dejó de concebir a la ciencia como un conocimiento absoluto sin equivocaciones, sin limitaciones y sin restricciones, para dar paso a una concepción de ciencia como un conocimiento falible y provisional con múltiples relaciones con la sociedad y el ambiente. Además, los participantes dan sus posturas utilizando el conocimiento bioquímico pero también asuntos sociales, políticos, ambientales, éticos, económicos y culturales. Esto quiere decir que ellos empiezan a reconocer las situaciones y a ser conscientes de todos los factores que se involucran en una problemática como la fluorosis dental.

Relación CTSA

Para esta última, como se mencionó anteriormente todas las categorías evolucionaron de manera conjunta y dinámica. En la primera y segunda sesión los estudiantes manifestaron que la Fluorosis dental podía ser un asunto científico con algunas implicaciones sociales, pero desconocían o no mencionaban otros aspectos externos relacionados con la cuestión.

Para la tercera sesión los estudiantes a través de las actividades fortalecieron las múltiples relaciones que pueden presentarse con la Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente. Para este momento de la secuencia establecieron relaciones entre el conocimiento acerca del Flúor, la sociedad y el ambiente, evidencia de esto, la personificación y descripción que elaboraron del Flúor. La actividad 2 de esta sesión también contribuyó significativamente en esta categoría, por cuando los estudiantes empezaron a afirmar que el Flúor es un elemento que puede favorecer la prevención de la caries dental, argumentos que no mencionaron en el pretest, ni en las sesiones anteriores. En la sesión tres mencionaban que el problema no debía verse desde un solo lente, porque reducía la probabilidad de encontrar los posibles impactos, por ejemplo, para la fluoración del agua decían que debía pensarse en aquellas comunidades que no tenían acceso al agua potable y en aquellas comunidades que por sus conocimientos ancestrales no querían que les colocaran flúor en el agua. Esto quiere decir, que los participantes empezaron a asumir la Fluorosis dental no solo como un tema científico-social, sino cultural, político y sobre todo ético. Para la elaboración de las historietas involucran una relación adicional que es la política pública y la movilización social. En la sesión 5 y 6 se muestra que los estudiantes son conscientes de que existe un problema Sociocientífico y toman posturas frente a la situación acudiendo a diferentes campos de conocimiento. Para la última sesión se observa un empoderamiento de la problemática, reflexión y actitud frente a estas controversias, los estudiantes afirman en sus propuestas que debe pensarse de manera colectiva y no individual.

Con respecto al postest se muestra el avance en las concepciones acerca de la Relación CTSA, pues los estudiantes mayoritariamente comprenden que la Ciencia puede tener impacto en las políticas públicas y viceversa, que los problemas sociales son el inicio del conocimiento científico y viceversa; es decir, que las relaciones son en todos los sentidos y multidimensionales. Es importante mencionar que en las últimas sesiones los participantes empezaron a relacionar esta CSC con otras como el Fracking, el uso del glifosato y la legalización de la pesca de tiburones para la extracción de las aletas (situación controversial por estos últimos días).

Al finalizar la intervención didáctica se pudo observar que los estudiantes conciben una imagen humanizada de la ciencia desde la provisionalidad, el dinamismo y la evolución del conocimiento científico. Con múltiples métodos y factores que se relacionan de diferentes maneras en la construcción de conocimiento.

Esto quiere decir que se logró promover la comprensión de la Naturaleza de la Ciencia desde el abordaje de una Cuestión Sociocientífica como es la Fluorosis dental en los estudiantes de grado décimo de la IE Cascajal y de esta manera contribuir a una de las competencias pensamiento crítico propuestas por Solbes y Torres (2015).

Es necesario trabajar más tiempo y en otros espacios la comprensión de la ciencia como actividad social desde el abordaje de CSC, incluso desde las diferentes áreas de conocimiento, desde la clase de lengua castellana, ciencias sociales, filosofía, matemáticas o cualquier área, para enriquecer las relaciones CTSA y que los estudiantes puedan comprender los problemas desde diferentes campos de conocimiento.

8. Bibliografía

- Achury, L., y Álvarez, J. (2015). Desarrollo de la competencia argumentativa a través de la toma de decisiones en el abordaje de la cuestión sociocientífica: "uso y comercialización del pvc". *Revista Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 56-72.
- Adúriz, A. (2005). *Una introducción a la naturaleza de la ciencia*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica
- Agencia de Noticias Universidad Nacional (17 de Noviembre de 2015). Colombia consume hasta seis veces más flúor del recomendado. *Caracol Radio*. Recuperado de: https://caracol.com.co/programa/2015/11/17/sanamente/1447782958_841102.html
- Agudelo, A., Martínez, L., Madrid, L., Vivares, A., y Rocha, A.(2013). Panorama de la Fluorosis dental en Colombia: una revisión exploratoria de la literatura. *Universitas Odontológica*, 32(68): 133-145.
- Aikenhead, G. & Ryan, A. (1992). The development of a new instrument: "Views on science-technology-society" (VOSTS). *Science Education*, 76, 477-491.
- Albertos, D. y De la Herrán, A. (2018). Desarrollo del pensamiento crítico en estudiantes de educación secundaria: Diseño, aplicación y evaluación de un programa educativo. *Revista de curriculum y formación del profesorado*, 269-285
- Anganoy, A., Pantoja, C., Jurado, M., Vallejo, R. y Botina, Z. (2017). *Caracterización de las habilidades de pensamiento crítico y su relación con el desempeño académico*. Puerto Caicedo-Putumayo: Tesis de posgrado
- Arango, J., Henao, B. y Romero, A. (2012). Hacia una formación sociopolítica: propuesta pedagógica centrada en discusiones sobre un asunto Sociocientífico, respaldadas en fuentes de divulgación. *Revista Uni-pluri/versidad*, 12(3), 51-56.
- Araujo, C., Martínez, C., y Pastrana, A. (2013). *Prevalencia de fluorosis dental en niños del corregimiento de Minca (Magdalena)*. Santa Marta: Tesis pregrado
- Arias, I. y Dallagnol. (2016). Abordaje de Cuestiones Sociocientíficas: una alternativa para trabajar la interdisciplinariedad y vivenciar interacciones CTSA. *Revista Tecnó, Episteme y Didaxis: TED. (V. Extraordinario)*, 1319-1330.
- Arredondo M., et.al. (2005). *Diseño de proyecto en investigación educativa*. Universidad

Arcis- Chile

- Artunduaga, N., Barrios, Y., Correa, R. y Parra, L. (2011). *Fomento de una cultura ambiental para el aprovechamiento de los residuos sólidos con los estudiantes del grado octavo de la institución educativa cascajal Timaná Huila*. Timaná-Huila: Tesis de posgrado
- Asimov, I (1977). *El electrón es zurdo y otros ensayos científicos*. Madrid, España: Alianza editorial
- Becerra, J., y Torres, N. (2014). El diseño de material didáctico como aporte al abordaje de los problemas ambientales en entornos educativos y comunitarios. *Revista de Educació* n , 1-18.
- Beltrán P, Cocom H, Casanova J, Vallejos A, Medina C y Maupomé G. (2005) Prevalencia de fluorosis dental y fuentes adicionales de exposición a fluoruro como factores de riesgo a fluorosis dental en escolares de Campeche, México. *Revista de Investigación Clínica*. 57(4), 532-539
- Beltrán, J y Marín, M. (2017). La historieta como material didáctico en la formación de actitudes relacionadas con la ciencia desde el abordaje de asuntos Sociocientíficos. *X Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*, Sevilla, España.
- Beltrán, M. (2010). Una cuestión sociocientífica motivante para trabajar pensamiento crítico. *Revista del Instituto de estudios en Educación Universidad del Norte*, 144-157.
- Bennáscar, A., García, Antonio., Vazquez, A. y Manassero Mas, M. (2010). Introducción: educación científica y naturaleza de la ciencia. En Bennáscar, A., García, Antonio., Vazquez, A. y Manassero Mas, M (Coord.), *Ciencia, tecnología y sociedad en Iberoamérica: una evaluación de la comprensión de la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología* (pp. 7-11) Madrid, España: Centro de altos estudios universitarios de la OEI.
- Briseño, J. (2001). Historia de la Fluoruración. *Revista ADM 2000*. 57(5).192-194
- Buitrago, Y. (2012). Las Habilidades de Pensamiento, el Aprendizaje Significativo, y la Solución de Problemas interactuando en un proceso de Investigación de Aula. Arauca-Colombia: Tesis posgrado
- Camargo, S. (2010). Consecuencias de las acciones del Plan Colombia en una zona generadora de agua. Caso de la comunidad indígena Yanacona en el corregimiento de Valencia

- (Cauca) - macizo colombiano. Quito, Ecuador: Ediciones Abya-Yala.
- Cañas, O., Velásquez, A., Zapata, G. y Tirado, F. (2014). Análisis de factores asociados a fluorosis dental mediante aplicación de la ficha de notificación de exposición a flúor en las clínicas odontológicas de la universidad Santo Tomás. *Revista Ustasalud*, 13(2), 143-149
- Cárdenas, D. (2003) *Fundamentos de odontología – Odontología Pediátrica 3ª ed.* Medellín Colombia: Corporación para Investigaciones Biológicas CIB
- Carmona, K., Muñoz, M., y Osorio, L. (2016). *Desarrollo de pensamiento crítico en ciencias naturales a través de un semillero de investigación.* Manizales-Caldas: Tesis de posgrado.
- Carrillo, C. (2010). Desmineralización y remineralización El proceso en balance y la caries dental. *Revista ADM*, 67(1), 30-32
- Carvajal, I y Martínez. (2014). Enculturación científica a partir de la argumentación: Una cuestión Sociocientífica sobre implantes estéticos. *Revista Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 9(1),97-103.
- Castiblanco, O. (2019). El pensamiento crítico en la formación de profesores de ciencias naturales. *Revista Góndola, Enseñanza y aprendizaje de las Ciencias*. 14(1). 5-6
- Causado, R., Santos, B., Y Calderón, I. (2015). Desarrollo del pensamiento crítico en el área de ciencias naturales en una escuela de secundaria. *Revista de la Facultad de Ciencias*, 4(2), 17-42. doi:<https://doi.org/10.15446/rev.fac.cienc.v4n2.51437>
- Chade, P. (2014). Superación de las visiones deformadas de las ciencias a partir de la incorporación de la historia de la física a su enseñanza. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las Ciencias*, 34-53.
- Córdova, A., Velásquez, M., Y Arenas, L. (2016). El rol de la argumentación en el pensamiento crítico y en la escritura epistémica en biología e historia: aproximación a partir de las representaciones sociales de los docentes. *Alpha (Osorno)*, (43), 39-55. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-22012016000200004>
- Davila, L. (8 de Octubre de 2015). Estudian medidas para enfrentar niveles de fluorosis en el Juncal, Huila. *Opanoticias*. Recuperado de: <https://www.opanoticias.com/Fluorosis%20dental/Estudian%20medidas%20para%20enfrentar%20niveles%20de%20fluorosis%20en%20el%20Juncal,%20Huila%20>

[%20Opanoticias.html](#)

- Daza, S., Arrieta, J., y Muñoz, E. (2014). ¿Qué sentido tiene la naturaleza de la ciencia y la historia de la ciencia en la formación ciudadana y valórica de un ser planetario? En M. Quintanilla, S. Daza y H. Cabrera. *Historia y filosofía de la ciencia aportes para una "nueva aula de ciencias", promotora de ciudadanía y valores* (pp. 132-154). Santiago de Chile: Bellaterra Ltda.
- Daza, S., y Lozano, M. (2014) *Percepciones de las Ciencias y las Tecnologías en Colombia. Resultado de la III encuesta Nacional de Percepción pública de la Ciencia y la Tecnología*. Bogotá, Colombia: Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología
- Díaz, A. (2013). Secuencias de aprendizaje. ¿Un problema del enfoque de competencias o un reencuentro con perspectivas didácticas? *Revista de Currículum y Formación de Profesorado*, 17(3), 11-33
- Díaz, N y Jiménez, M. (2012). Las controversias Sociocientíficas: temáticas e importancia para la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1), 54-7
- Domènech, J. (2014). Contextos de indagación y controversias sociocientíficas para la enseñanza del cambio climático. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 22(3), 287-296
- Duarte, G., Cubillos, D., y Zapata, P. (2014). Desarrollo de la habilidad argumentativa a través de cuestiones socio científicas (CSC). *Revista Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 128-134.
- Duso, L., y Bialvo, M. (2016). Discutiendo controversias socio científicas en la enseñanza de ciencias por medio de una actividad lúdica. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 19 (2), 185-193.
- España, E., y Prieto, T. (2009). *Educación para la sostenibilidad: El contexto de los problemas Sociocientíficas*. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6(3), 345-354
- Fernandes, I., Pires D. y Villamañón, R. (2014). Educación científica con enfoque Ciencia-Tecnología- Sociedad- Ambiente. Construcción de un instrumento de análisis de las directrices curriculares. *Revista Formación Universitaria*. 7(5).23-32
- Fernández, I., Gil, D., Carrascosa, J., Cachapuz, A., y Prais, J. (2002). Visiones Deformadas de

- la Ciencia Transmitidas por la Enseñanza. *Revista Enseñanza de las Ciencias*. 20 (3), 477-488
- Flórez, R. (2010). El pensamiento crítico como una competencia transversal para la calidad de la educación. *Congreso Iberoamericano de Educación*, Buenos Aires, Argentina. 1-16
- Furió-Más, C., Furió-Gómez, C., y Solbes, J. (2012). Profundizando en la educación científica: aspectos epistemológicos y metodológicos a tener en cuenta en la enseñanza. *Educación en Revista*, (44), 37-57.
- Galindo, F. (21 de Marzo de 2016). ¿Hasta cuándo seguiremos afectados por el flúor en la sal? *El espectador*. Recuperado de: <https://www.elespectador.com/opinion/opinion/hasta-cuando-seguiremos-afectados-por-el-fluor-en-la-sal-columna-623370>
- García, A. (2013). Aprender sobre la naturaleza de las ciencias con noticias científicas de actualidad. El caso del experimento OPERA. *Revista Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 75, 65-75
- García, A., Vásquez, A., y Mannasero, M. (2012). Comprensión de los estudiantes sobre naturaleza de la Ciencia: análisis del estado actual de la Cuestión y perspectivas. *Revista enseñanza de las Ciencias*. 30 (1). 23-34
- García, E., González, J., López, J., Luján, J., Gordillo, M., Osorio, C., y Valdés, C., (2001). *Ciencia, Tecnología y Sociedad: Una Aproximación Conceptual. Organización de Estados Americanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI)*. Madrid, España
- García, I., Álvarez, J., Rivas, J., Mosquera, J., Cerquera, L., Torres, A., Hernández, D., Rojas, J. y Triviño, L. (2017). Aproximación a las concepciones del alumnado de secundaria de Neiva (Colombia) sobre el origen de la energía eléctrica de uso doméstico. *X Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*, Sevilla, España.
- Grupo de Investigación PACA (2013). *Líneas de Investigación*. Recuperado de <https://www.grupopaca.edu.co/maestria-en-educacion/lineas-de-investigacion>
- Hawking, S. (1988). *A brief history of time. From the big bang to black holes*.
- Heisenber, W. (1955). *Das Naturbild der heutigen Physik*. Hamburgo-Alemania: Rowohlt Verlag
- Henao, D. [DoctoraDorysAmanda]. (2014, Diciembre 2). Fluorosis Dental invitada Sandra Misnaza Castrillón Odontologa Salubrista. [Archivo de vídeo]. Recuperado de:

<https://www.youtube.com/watch?v=C7WrohGWXMc&list=LLPDOU8QmOapQ2y2ILCu6NoA&index=8&t=0s>

- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, L. (2006). Metodología de la Investigación (4ta Edic). México Distrito Federal: McGraw Hill.
- Instituto Colombiano de Geología y Minería INGEOMINAS. (2010). Fluorosis departamento del Huila Informe Final. Bogotá- Colombia
- Instituto Nacional de Salud. [INSColombia]. (2018, Enero 17). ¿Sabes qué es la fluorosis dental y la exposición al flúor? [Archivo de vídeo]. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=pefNuzP6udo>
- Jiménez, G., Moncada, O., López, P. y Camargo, A. (2006). *Municipios afectados por fluorosis dental en el departamento del Huila – soluciones, implementación y seguimiento - informe municipios El Pital y El Agrado*. Dirección Nacional de Investigaciones - Universidad Antonio Nariño. Bogotá.
- Jiménez, M. (2010). 10 ideas clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas. Barcelona: Graó
- Lehninger, A. (1993). *Principles of Biochemistry. 2a Ed.* Worth Publishers Inc. New York. QP514.2. T48.
- Loaiza, Y. y Osorio, L. (2018). El desarrollo de pensamiento crítico en ciencias naturales con estudiantes de básica secundaria en una Institución Educativa de Pereira - Risaralda. *Diálogos sobre educación. Temas actuales en investigación educativa*, 9(16). 1-24
- López, A. (25 de Septiembre de 2002). La fluorosis sacó los dientes en Yondó. Periódico El Tiempo. Recuperado de: <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-1331125>
- Malagón, F., Sandoval, S., y Ayala, M. (2013). La actividad experimental: Construcción de fenomenologías y procesos de formalización. En F. Malagón, S. Sandoval, & M. Ayala, *Construcción de fenomenologías y procesos de formalización: Un sentido para la enseñanza de las Ciencias* (págs. 119 - 138). CIUP.
- Martignon, S., y Granados O, (2002) Prevalencia de Fluorosis dental y análisis de asociación a factores de riesgo en escolares de Bogotá. *Revista Científica Facultad de Odontología Universidad El Bosque (Bogotá)*. 8(1), 19-27.

- Martínez, L. (2014). Cuestiones Sociocientíficas en la formación de profesores de ciencias: aportes y desafíos. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis: TED*. (36), 77-94.
- Martínez, L., Parga, D. y Gomez, D. (2013). Cuestiones Sociocientíficas en la formación de profesores de Ciencias. *Revista EDUCyT, (V. extraordinario)*, 139-151.
- Martínez, L., Villamil, Y. y Peña, D. (2006). Relaciones Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente, a partir de casos simulados. *I Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología e Innovación CTS+I*. México D.F. México.
- Martínez, L., y Parga, D. (2013). La emergencia de las cuestiones Sociocientíficas en el enfoque CTSA. 8 (1).
- Martínez, L., y Villamizar, D. (2014). *Unidades didácticas sobre cuestiones sociocientíficas: construcciones entre la escuela y la universidad*. Bogotá: Alternancias- Universidad Pedagógica Nacional.
- Mendoza, C. (2007). El dilema ético de la fluoración del agua potable. *Revista Medica De Chile - REV MED CHILE*, 135, 1487-1493
- Ministerio de Educación Nacional MEN (2006). Estándares básicos de competencias en ciencias sociales y ciencias naturales. Tomado de: https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-116042_archivo_pdf3.pdf
- Ministerio de Educación Nacional MEN (2015). Lineamientos generales para la presentación del examen de estado SABER 11. Tomado de: <https://www2.icfes.gov.co/documents/20143/177687/Lineamientos+generales+para+la+presentacion+del+examen+de+estado+Saber+11+2015.pdf/a7757a6c-fd17-80e1-a843-e4bac822d30d>
- Ministerio de Educación Nacional MEN (2015). Lineamientos generales para la presentación del examen de estado SABER 11. Tomado de: <https://www.icfes.gov.co/en/students-and-parents/saber-test-3-5-and-9-students/general-structure-of-the-exam/item/1019-asi-estan-las-regiones-del-pais-segun-resultados-de-pruebas-saber-11>
- Ministerio de Salud Colombia. (1999). *III Estudio Nacional de Salud Bucal – ENSAB III*. Recuperado de <https://www.minsalud.gov.co/Paginas/default.aspx>
- Ministerio de Salud Colombia. (2014). *IV Estudio Nacional de Salud Bucal – ENSAB IV*. Recuperado de <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/ENSAB->

[IV-Situacion-Bucal-Actual.pdf](#)

- Ministerio de Salud Colombia. (2015). *Informe Quincenal Epidemiológico Nacional (IQEN)*. Recuperado de <https://www.ins.gov.co/buscador-eventos/IQEN/IQEN%20vol%2020%202015%20num%2012.pdf>
- Montaña, M. (2008). Guía de fluorosis dental – Normas técnicas de la fluorosis dental. Gobernación del Huila - Secretaría de salud departamental. Neiva.
- Osorio, C. (2018). *La investigación interdisciplinaria: la enseñanza por proyectos*. Asunción-Paraguay: Cátedra de Ciencia, Tecnología y Sociedad
- Pabon, M., Brynner, J., Rincón, P y Glori, C. (2010). Las caricaturas como propuesta didáctica para la enseñanza de la química ambiental, caso BIOCIDAS. *Congreso Iberoamericano de Educación*, Buenos Aires, Argentina.
- Paramo, P & Arango, M (2008). Cuestionarios. En; Paramo, P (Comp). *La investigación en las ciencias sociales. Técnicas de recolección de información*. Universidad Piloto de Colombia.
- Paul, R y Elder, L. (2003). *Centro para el pensamiento crítico y la crítica moral, Fundación para el pensamiento crítico: La mini guía para el pensamiento crítico. Conceptos y herramientas*. California, EU. Recuperado de <http://www.criticalthinking.org>
- Pedrinaci, E. (1994). Historia de la geología como herramienta didáctica. *Revista enseñanza de las Ciencias de la tierra*. 2(2-3). 332-339
- PEI-Institución Educativa Cascajal. (2010). *Proyecto Educativo Institucional Institución Educativa Cascajal, Timaná-Huila*
- Pelayo, D. y Martínez, L. (2016). Argumentación en estudiantes de educación media a partir del abordaje Sociocientífico de la automedicación. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*. 12, 55-80.
- Periódico La Nación. (04 de Octubre de 2015). Extraño caso de fluorosis en El Juncal. Periódico La Nación. Recuperado de: <https://www.lanacion.com.co/2015/10/04/extrano-caso-de-fluorosis-en-el-juncal/>
- Pipitone, C., Sardá, A., y Sanmartí, N. (2008). Favorecer la argumentación en la clase. En C. Merino, A. Gómez , y A. Adúriz, *Área y Estrategias de Investigación en la Didáctica de las Ciencias Experimentales* (págs. 105-120). Barcelona: Formación en Investigación para Profesores .

- Pro, A. (2012). El desarrollo de la competencia científica (Ideas claves). En A. Pro, *Los ciudadanos necesitan conocimientos de Ciencias para dar respuestas a los problemas de su contexto* (págs. 83-121). Graó.
- Puig, B., Bravo, B., y Jiménez-Aleixandre, M. (2012). Dos unidades de argumentación sobre cuestiones socio-científicas: el determinismo biológico y la gestión de recursos. *VII Seminário Ibérico/ III Seminário Ibérico-Americano CTS en la enseñanza de las Ciencias "Ciencia, Tecnología y Sociedad en el futuro de la enseñanza de las Ciencias"*. La coruña: Universidad de Santiago de Compostela.
- Pujalte, A., Bonan, L., Porro, S. y Adúriz, A. (2014). Las imágenes inadecuadas de ciencia y de científico como foco de la naturaleza de la ciencia: estado del arte y cuestiones pendientes. *Ciência & Educação (Bauru)*, 20 (3), 2014, 535-548
- Pujalte, A., Gangui, A., y Adúriz (2012) "La ciencia en los cuentos": análisis de las imágenes de científico en literatura juvenil de ficción. *CIENCIA ergo sum*. 19 (3), 261-270.
- Quintanilla, M. (2006). La ciencia en la escuela: un saber fascinante para aprender a leer el mundo. *Pensamiento Educativo*. 39(1). 177-204.
- Quintanilla, M. (2007) *Historia de la ciencia. Aportes para la formación del profesorado. Volumen I*. Santiago de Chile, Chile: Editorial Arrayán
- Quintanilla, M. (Octubre de 2005). Identificación y caracterización de competencias científicas en el aula, ¿Qué cambia en la enseñanza y en los nuevos modelos de conocimiento? *Foro Educativo Nacional: Competencias Científicas*. Ministerio de Educación Nacional. Bogotá-Colombia.
- Quintanilla, M., Izquierdo, M. y Adúriz, A. (2007) Discusión en torno a un modelo para introducir la historia de la ciencia en la formación inicial del profesorado de ciencias. En: Izquierdo, M., Caamaño, A. y Quintanilla, M. (Eds.). *Investigar en la enseñanza de la química: nuevos horizontes - contextualizar y modelizar*. (pp. 173-186). Barcelona: Servicio de Publicaciones UAB.
- Ramírez, L., Robledo, A. y Buriticá, J. (2004). Paradigmas y modelos de investigación. Fundación Universitaria Luis Amigó.
- Reis, P. & Galvão, C. (2004). The impact of socio-scientific controversies in Portuguese natural science teachers conceptions and practices. *Research in Science Education*, 34(2), 153-171

- Rojas, A., y Gutierrez, P. (2016). Propuesta didáctica con uso de Cuestiones Sociocientíficas para la enseñanza y aprendizaje de Biomoléculas, que promueva el desarrollo de la Alfabetización Científica . *XII Jornadas Nacionales y VII Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología Volver a las fuentes: La resignificación de la enseñanza de la Biología en aulas reales*, (págs. 1-6). Autónoma de Buenos Aires - Argentina.
- Romero, V., Norris, F., Ríos, J., Cortés, I., González, A., Gaete, L., y Tchernitchin, A. (2017). Consecuencias de la fluoración del agua potable. *Revista MED Chile*, 145, 240-249
- Ruíz, J., Solbes, J., y Furió, C. (2013). *Los debates sociocientíficos: un recurso para potenciar la competencia argumentativa en las clases de Física y Química*. Girona: IX Congreso internacional sobre investigación en Didáctica de las Ciencias.
- Santaolalla, J. [Dateunvuelto]. (2017, Abril 8). ¡La increíble historia del flúor! [Archivo de vídeo]. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=kcvJjy7S2Ec>
- Santos, S. (2003). La perspectiva histórica de las relaciones ciencia- tecnología- sociedad y su papel en la enseñanza de las ciencias. *Revista electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. 2 (3). 399-415
- Serna, C & Vilchez, J. (2018). Estereotipos científicos. Percepción del alumnado de un Centro de Adultos de Granada (España). *Revista científica*, 2. 169-182.
- Sierra, I., y Marin, M. (2015). *Inclusión de las cuestiones Sociocientíficas en las clases de ciencias naturales a partir del uso de herramientas Web 2.0*. Envigado: Tesis de pregrado.
- Solbes, J. (2011). La física en el bachillerato: por una física más atractiva. En D. G. Aureli Caamaño, *Física y Química: Complementos de formación disciplinar* (págs. 171-187). España: Graó.
- Solbes, J. (2013). Contribución de las cuestiones sociocientíficas al desarrollo de pensamiento crítico (I): Introducción. *Eureka sobre enseñanza y divulgación de las Ciencias*, 1-10.
- Solbes, J. (2013). Contribución de las cuestiones sociocientíficas al desarrollo del pensamiento crítico (II): Ejemplos. *Eureka sobre enseñanza y divulgación de las Ciencias*, 148-158.
- Solbes, J., Ribelles, R., y Vilches, A. (1995). Las interacciones CTS en la enseñanza de las Ciencias. Análisis comparativo de la situación para Física y Química y la Biología y Geología. *Comunicación, Lenguaje y Educación*, 135-143.
- Solbes, J., Vilches, A., y Gil, D. (2001) Formación del profesorado desde el enfoque CTS. En

- Pedro Membiela (Ed.), *Enseñanza de las Ciencias desde la perspectiva Ciencia Tecnología-Sociedad*. (pp 163-175) Madrid, España: Narcea
- Solbes, J., y Torres, N. (2013). ¿Cuáles son las concepciones de los docentes de ciencias en formación y en ejercicio sobre el pensamiento crítico?. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 61-85.
- Solbes, J., y Vilches, A. (1989). Interacciones Ciencia /Tecnología /Sociedad: Un instrumento de cambio actitudinal. *Revista enseñanza de las Ciencias*, 7 (1), 14-20.
- Solbes, J., y Vilches, A. (2000). La introducción de las relaciones Ciencia, Tecnología y Sociedad en la enseñanza de las ciencias y su evolución. *Educación Química*, 30(2), 387-394. doi: <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2000.4.66432>.
- Solbes, J., y Vilches, A. (2002). Visiones de los estudiantes de secundaria acerca de las interacciones ciencia, tecnología y sociedad. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1(2), 80-91
- Solbes, J., y Vilches, A. (2004). Papel de las relaciones entre Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente en la formación ciudadana. *Revista enseñanza de las Ciencias*, 22(3), 337–348.
- Tamayo, O. (2014). Pensamiento crítico dominio- específico en la didáctica de las Ciencias. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis: TED*. 25-46
- Torrente, M., y Guevara , W. (2014). *Diseño, sistematización y evaluación de situaciones problematizadoras para el desarrollo de habilidades de pensamiento científico; elaboradas por docentes en formación de un curso de didáctica de la Universidad Surcolombiana*. Neiva- Huila: Tesis de pregrado.
- Torres, N. (2014). Pensamiento crítico y cuestiones socio-científicas. Un estudio en escenarios de formación docente. *Tesis Doctoral, Universidad de Valencia*. Valencia-España
- Torres, N., y Martínez, L. (2010). Desarrollo del pensamiento crítico en estudiantes de Fisioterapia, a partir del estudio de las implicaciones sociocientíficas de los xenobioticos. *TED: Tecné, episteme y Didaxis*, 65-85.
- Torres, N., y Solbes, J. (2014). Aspectos convergentes del pensamiento crítico y las cuestiones sociocientíficas. *Góndola*. 9(1)
- Torres, N., y Solbes, J. (2015). Competencias de pensamiento crítico mediante el uso de cuestiones socio-científicas. En T. Barnabé, L. Martínez, & G. Matharan, *O ensino de*

- Química en diálogo "La enseñanza de la Química en diálogo"* (págs. 35-62). Curitiba-Brasil: CRV.
- Torres, N., y Solbes, J. (2016). Contribuciones de una intervención didáctica usando cuestiones sociocientíficas para desarrollar el pensamiento crítico. *Enseñanza de las Ciencias*, 43-65.
- Vázquez, A., Acevedo, J.A., Manassero, M. y Acevedo, P. (2001). Cuatro paradigmas básicos sobre la naturaleza de la ciencia. *Argumentos de Razón Técnica*, 4, 135-176. En línea en Sala de Lecturas CTS+I de la OEI.
- Vélez, C. (2013). Una reflexión interdisciplinar sobre el pensamiento crítico. *Revista Latinoamericana de estudios educativos*. 9(2), 11-39.
- Vera, J., Aguirre, A. y Aguirre, M. (2018). Relaciones entre argumentación, pensamiento crítico y naturaleza de la ciencia. *Revista ideales*. 7(1). 85-89.
- Viau, J. Szigety, E. y Tintori, M. (2015). La utilización del comics como recurso didáctico para favorecer la apropiación de contenidos físicos. *Revista de enseñanza de la física*, 27 (1) 587-592
- Zona, J., y Giraldo-Marquéz, J. (2017). Resolución de problemas: Escenario del pensamiento crítico en la didáctica de las Ciencias. *Revista Latinoamericana de estudios educativos*. 13(2). 122-150

9. Anexos

1. CUESTIONARIO DE CONTEXTUALIZACIÓN

El presente cuestionario permite reconocer algunas características de los estudiantes que hacen parte del grado Décimo de la Institución Educativa Cascajal- Timaná-Huila, lo cual contribuye a la contextualización de la investigación.

Nombre del estudiante: _____

Edad: _____ Género: Masculino Femenino

Municipio de residencia: _____ Estrato: _____

Vereda: _____ Tu núcleo familiar está compuesto por: _____

Trabajas Si No ¿Dónde? _____

¿Qué te gusta hacer en el tiempo libre?

¿En tu hogar tienen acceso a agua potable? Si No

¿En tu hogar tienen acceso a servicios de salud? Si No

¿Tienes alguna discapacidad física o cognitiva?

Al terminar el colegio ¿Cuáles son tus planes?

¿Cuáles son las actividades económicas de tu núcleo familiar?

¿Qué tipo de actividades te gustan más en la clase de Ciencias Naturales?

¿Crees que el área de Ciencias Naturales contribuye a tu futuro? ¿Por qué?

2. FORMULARIO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

El presente proyecto de investigación requiere la participación de los estudiantes de grado Décimo de la Institución Educativa Cascajal-Timaná-Huila. En este contexto lo invitamos a permitir a sus hijos (o del que son acudiente) a participar de manera voluntaria mediante la realización de cuestionarios y video grabaciones. Con esta investigación esperamos aportar elementos para enriquecer la educación en Ciencias Naturales y las habilidades Científicas que conducirían al pensamiento crítico.

Las respuestas de sus hijos (o del que son acudiente) serán confidenciales y en los resultados de la investigación no utilizaremos su nombre, y su uso será exclusivamente de carácter investigativo.

Si usted tiene preguntas sobre el proyecto, puede ponerse en contacto con Mabel Tatiana Torrente Díaz investigadora del proyecto, al correo tatitodi12@gmail.com o al teléfono 317419----.

Si está de acuerdo con lo anteriormente planteado, le solicitamos firmar este documento como manifestación de su consentimiento para participar de manera voluntaria aportando la información solicitada para el estudio.

Nombre del estudiante: _____

Firma del acudiente del estudiante

Fecha:

Representante proyecto

Fecha:

3. CUESTIONARIO COMPRENSIÓN DE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA

Apreciado estudiante.

El presente cuestionario tiene como fin conocer algunas de tus ideas sobre la naturaleza de la ciencia (Relación CTSA, Naturaleza del conocimiento científico, Imagen de Científico(a) y Construcción de conocimiento). En relación a esto las preguntas se han planteado según una situación controversial como la Fluorosis dental.

Agradecemos respuestas de la manera más sincera, clara y argumentada posible, no debes sentirte presionado por la cantidad de palabras para responder la pregunta, ni por si tu respuesta es correcta o no. Los datos recolectados serán empleados única y exclusivamente con fines investigativos y por ende no tienen ninguna implicación evaluativa en la clase.

A continuación encontrarás una serie de situaciones relacionadas con la comprensión de la naturaleza de la ciencia y la Fluorosis dental:

Situación I: Historia de la Fluorosis dental:

En 1901 un odontólogo de Estados Unidos llamado Frederick Mckay realizó sus prácticas profesionales en un pueblo de Colorado y observó que la mayoría de sus habitantes presentaban en sus dientes unas manchas marrón a las que le llamó esmalte moteado. Él empezó a buscar qué enfermedad tenían sus pacientes y no encontró ningún resultado, pues en la literatura de odontología y medicina no se encontraba ninguna referencia acerca de la naturaleza de la enfermedad.

En esta misma época el doctor, considerado padre de la odontología Greene Vardiman Black de origen estadounidense, accedió a ir a Colorado para colaborar en la búsqueda. Black estuvo acompañándolo seis años antes de su muerte, durante este tiempo Mckay y Black tuvieron dos hallazgos importantes: el primero consistía en que era una situación que ocurría en la formación del diente; es decir, que aquellos adultos que no presentaban el esmalte moteado no tenían ningún riesgo de adquirirla. Y el segundo consistía en que aquellos pacientes que tenían esas tinciones, inexplicablemente, no tenían caries. Mckay sospechaba que existía un compuesto en el agua que producía el moteado en los dientes.

1. ¿Consideras que todos los personajes nombrados hasta ahora son científicos? ¿Por qué?

2. ¿Cómo estos personajes “elaboraron” la ciencia?

Henry Trendley Dean, jefe del Instituto Nacional de Salud de Estados Unidos y encargado de la Unidad de Higiene Dental, inició investigando la epidemiología de la Fluorosis preguntándose ¿Cuáles son los niveles de consumo de flúor antes de que la Fluorosis

aparezca?, tras cinco años él y sus colaboradores tenían un resultado: los niveles de flúor en agua potable de hasta 1.0 ppm no causaban esmalte moteado, si el flúor excedía este nivel, la fluorosis empezaba a aparecer.

3. ¿Qué proceso se sigue en ciencia para que se acepte un nuevo conocimiento científico o se rechace el anterior?

4. ¿Qué hizo el Doctor Henry Trendley Dean para llegar a la conclusión que llegó?

5. Según la situación descrita de la Fluorosis dental. ¿Qué entiendes por Ciencia?

Situación II: Fluorosis dental

La Fluorosis dental es un daño producido en los ameloblastos (células encargadas de la formación y organización del esmalte dental) que afecta el tejido dentario produciendo una hipomineralización del esmalte del diente por la ingesta elevada y prolongada de flúor en el tiempo de formación del esmalte (0-6 años) (Beltrán et al., 2005).

Esta enfermedad considerada endémica se identifica al presentar lesiones que van desde manchas blancas, amarillas, marrón, hasta la ruptura, debido a que el esmalte fluorótico presenta incremento en la porosidad del diente, por lo tanto, la superficie se ve expuesta a situaciones como la caries dental, las tinciones, sensibilidad y maloclusiones (Martignon y Granados, 2002).

6. ¿Consideras qué la situación anterior puede ser objeto de estudio de las ciencias? ¿Por qué?

7. ¿Consideras que la enfermedad dental descrita es causada por alteraciones genéticas y/o ambientales y/u otras? ¿Por qué?

8. ¿Por qué las personas que están expuestas a consumos excesivos y prolongados de Flúor pueden generar esas lesiones en sus dientes (manchas amarillas, marrones, hasta la ruptura)?

9. ¿Qué proceso químico le sucede a sus dientes? ¿Por qué?

Situación III: Panorama de la Fluorosis dental en el Huila

Se calculó el Estimado de la Ingesta Diaria de Flúor (EID) encontrando para el Huila un índice superior a 1,6, en el 58% de la población, es decir, muy alto de acuerdo con los parámetros de la OPS/OMS. Hasta el año 2016, se reportaron para el Departamento del Huila 7.787 niños desde los 6 hasta los 18 años expuestos al Flúor; este resultado representa un riesgo leve y medio para la salud pública. En cuanto al consumo de Flúor en la sal y el agua los valores son elevados con respecto a los permitidos en algunos Municipios como Campoalegre, Rivera, Aipe, Algeciras, Neiva, Hobo, Pital, Gigante, Palermo, Garzón, Pitalito, San Agustín y Timaná.

Los daños por exceso de flúor son bioacumulables, o sea, no puede ser destruido del cuerpo, sino que se aloja y difícilmente el afectado puede desintoxicarse. Una excesiva exposición a estas sustancias puede originar efectos graves en diferentes órganos.

Sin embargo, hay quienes afirman que la aplicación a más de una fuente de Flúor no representa ningún riesgo a la salud, más bien beneficia a la comunidad por cuanto evita la caries dental.

10. ¿Estás de acuerdo con la afirmación anterior? ¿Por qué?

11. ¿Cuál ha sido el impacto de la Fluoración del agua y la sal en el Huila?

12. ¿Qué personas o instituciones están involucradas en el aumento de la Fluorosis dental en Colombia?

13. Según las situaciones descritas ¿Cuál debe ser el papel del científico con la sociedad y el ambiente?

14. ¿Qué factores han influido en la evolución del conocimiento acerca de la Fluorosis dental?

**4. INSTRUMENTO DE VALIDACIÓN POR PARTE DE EXPERTOS,
DEL CUESTIONARIO PARA INDAGACIÓN DE CONCEPCIONES ACERCA DE LA
NATURALEZA DE LA CIENCIA**

Nombre del profesor que realiza la validación: _____

INSTRUCCIÓN.

Complete la matriz, escribiendo en las casillas **de cada una de las preguntas**, la información referente a:

- La **pertinencia para la categoría** establecida (marcando con una **X** la opción con la que se identifique).
- Las características de la pregunta respecto a su objetividad y validez para **indagar las concepciones** (marcando con una **X** la opción con la que se identifique).
- La **claridad** de la proposición (marcando con una **X** la opción con la que se identifique).
- El **lenguaje** utilizado (marcando con una **X** la opción con la que se identifique).
- La **redacción** empleada (marcando con una **X** la opción con la que se identifique)

MATRIZ DE VALIDACIÓN DE PREGUNTAS PARA INDAGACIÓN DE CONCEPCIONES ACERCA DE NATURALEZA DE LA CIENCIA

| PREGUNTA | CATEGORÍA | Pertinente para la categoría | | Indaga concepciones | | Claridad | | Lenguaje | | Redacción | | Comentarios |
|---|--|------------------------------|----|---------------------|----|----------|---------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|
| | | Si | No | Si | No | Clara | Confusa | No Adecuado | Adecuado | No adecuado | Adecuada | |
| 1. ¿Consideras que todos los personajes nombrados hasta ahora son científicos? ¿Por qué? | Imagen de Científico | | | | | | | | | | | |
| 2. ¿Cómo crees que los científicos “elaboran” la ciencia? | Construcción del conocimiento | | | | | | | | | | | |
| 3. ¿Qué proceso crees que se sigue en ciencia para que se acepte un nuevo conocimiento científico o se rechace el anterior? | Naturaleza del conocimiento científico | | | | | | | | | | | |
| 4. ¿Qué crees que hizo el Doctor Henry Trendley Dean para llegar a la conclusión que llegó? | Construcción del conocimiento | | | | | | | | | | | |
| 5. ¿Qué entiendes por Ciencia? | Naturaleza del conocimiento científico | | | | | | | | | | | |
| 6. ¿Consideras que la situación anterior puede ser objeto de estudio de las ciencias? ¿Por qué? | Relación CTSA | | | | | | | | | | | |
| 7. ¿Estás de acuerdo con la afirmación anterior? ¿Cuál ha sido el impacto de las de la Fluoración del agua y la sal en la sociedad y el ambiente? | Relación CTSA | | | | | | | | | | | |
| 8. ¿Consideras que el aumento de la fluorosis dental en Colombia se deba a las decisiones políticas? | Relación CTSA | | | | | | | | | | | |
| 9. Según las situaciones | Imagen de | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| describas ¿Cuál crees que deba ser el papel del científico con la sociedad y el ambiente? | científico | | | | | | | | | | | | |
| 10. ¿Qué factores crees que han influido en la evolución del conocimiento acerca de la fluorosis dental? | Relación CTSA | | | | | | | | | | | | |

COMENTARIOS GENERALES:

5. SECUENCIA DIDÁCTICA

Descripción específica de cada actividad

SESIÓN 1: TRAS LAS HUELLAS DEL FLÚOR

ACTIVIDAD DE APERTURA: Conocimientos previos

Para esta actividad se deberá entregar en un vaso a cada grupo de estudiantes un compuesto o elemento relacionado con la fluorosis dental. Los estudiantes elegirán si este estuviera en un vaso ¿Se lo tomarían? ¿Por qué?

Las sustancias que van en los papeles dentro de los vasos son:

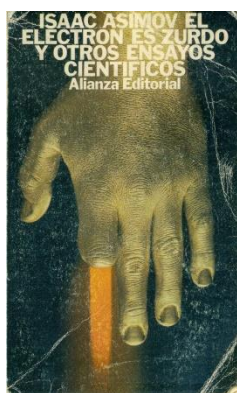
- | | |
|---|--|
| - Fluorita | - Flúor |
| - Fluorapatita | - Calcio |
| - Hidroxiapatita | - $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ |
| - CaF_2 | - Bicarbonato de sodio |
| - $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$ | - Ácido láctico |



Después se socializarán las respuestas de los grupos

ACTIVIDAD 1: El electrón Zurdo- Isaac Asimov: Morir en el laboratorio

Leer el siguiente texto y responder las preguntas orientadoras que se encuentran al final del texto:



Yo soy un gran iconoclasta. A poca ocasión que tenga, me gusta decir cosas disolventes de alguna venerada institución, y hablar con cínico sarcasmo del «día de la Madre», del pastel de manzana o del béisbol. Claro que, eso sí, no consiento que nadie vitupere a las instituciones que yo personalmente respeto.

Como la Ciencia y los Científicos (con C mayúscula, fijaos).

Los Científicos tienen sus defectos, claro. Pueden ser pesados y dominantes, y clavar las teorías donde las encuentran, sin permitir desalojarlas.

A veces algunos citan el descubrimiento del fluoruro de xenón como ejemplo del modo en que teorías rutinarias inhiben completamente la experimentación.

No empieza esa historia en el flúor mismo, asesino amarillento pálido, nunca visto por humanos ojos hasta hace más de ochenta años; sino en un extraño mineral utilizado por los mineros alemanes hace unos quinientos años.

Esa sustancia la menciona ya el primer gran mineralogista de los tiempos modernos, **Jorge**

Agrícola. En 1529 describió su aplicación por los mineros alemanes. Ese mineral se funde fácilmente (para ser mineral) y mezclándolo con menas que haya que fundir, la mezcla funde con más facilidad, permitiendo un valioso ahorro de tiempo y combustible.

Lo líquido fluye y fluir se dice en latín *fluere*; por eso se llama *fluido* a cualquier sustancia que es líquida o gaseosa y fluye; de ahí derivamos también *fluente*, *afluente*, *confluente*, etc. La misma raíz tiene el nombre que aplicó Agrícola al mineral que se derretía y fluía tan fácilmente. Ese nombre era *flúores*.

Más tarde se llamó «espato de flúor», porque para los antiguos mineros «spar» significaba roca. Después, cuando se hizo costumbre añadir el sufijo «ita» a los nombres de los minerales, surgió la alternativa de llamarlo «fluorita».

Todavía hoy se emplea la fluorita como fundente en la fabricación del acero. Pasan los siglos, pero hay propiedades útiles que no pierden su utilidad.

En 1670 el vidriero alemán **Enrique Schwandhard** estaba trabajando con fluorita, someténdola, no importa por qué, a la acción de ácidos fuertes. Se desprendía un vapor y Schwandhard se inclinó a observarlo. Sus lentes se empañaron y probablemente él pensaría que el vapor se había condensado sobre ellos.

Pero la niebla no desapareció y un examen más cuidadoso mostró que las lentes estaban corroídas. En efecto, el cristal estaba disuelto en parte, y su lisa superficie aparecía rugosa.

Era aquello muy extraño, pues pocos reactivos atacan el cristal; por esa y otras ventajas lo prefieren tanto los químicos. Schwandhard sacó partido de esa corrosión.

Cubría de cera a trozos una superficie de vidrio para protegerlo del vapor, y éste corroía el resto. Así marcaba toda clase de delicadas figuras en el cristal transparente, sobre fondo deslustrado. Pero mantuvo secreto su

método y hasta 1725 no conocieron los químicos en general este interesante vapor.

Durante el siglo XVIII aparecieron informes ocasionales sobre la fluorita. **Andrés Segismundo Margraf**, químico alemán, demostró en 1768 que no contiene azufre.

Descubrió también que, tratada con ácidos, producía un vapor que abría verdaderos agujeros en sus instrumentos de cristal.

Pero fue un químico sueco, **Carlos Guillermo Šebéele**, quien realmente dio a conocer el gas taladra-vidrios hacia 1780. También él corroyó cristal acidificando fluorita. Estudió el vapor más concienzudamente que todos sus predecesores y sostuvo que el gas era un ácido. Por eso se le suele atribuir a Šebéele el descubrimiento del «ácido fluórico», como se le llamó por cerca de un cuarto de siglo.

Por desgracia, ese descubrimiento no benefició la salud de Šebéele. Había aislado gran número de sustancias y acostumbraba a oler y gustar cuantos nuevos cuerpos obtenía, para facilitar en parte su identificación rutinaria.

Más tampoco sobrevivió del todo, pues murió a la temprana edad de cuarenta y cuatro años, después de varios de invalidez. No hay duda, en mi opinión, de que su costumbre de olisquear y sorber cuerpos desconocidos abrevió considerablemente su vida.

Aunque la mayoría de los químicos son muy cautos para degustar, desde luego mucho más que el pobre Šebéele, para oler no lo son ni aun hoy mismo. Podrán no andar deliberadamente olisqueando cuerpos, pero el aire de los laboratorios suele estar cargado de gases y vapores, y los químicos acostumbran a tolerarlo con una especie de perverso placer, y reaccionan con cierta divertida superioridad profesional, cuando los profanos ponen caras arrugadas y dicen ¡uff!

En cuanto Šebéele hubo establecido que el gas que desprendía la fluorita acidificada era un ácido, surgió un error acerca de su estructura. El gran químico francés **A. Laurent Lavoisier** había decidido, precisamente por entonces, que todos los ácidos contenían oxígeno; como que la palabra oxígeno significaba en griego «productor de ácidos».

Pero el químico inglés **Humphry Davy**, tras concienzudos estudios, consiguió demostrar que no contenía oxígeno. Más bien contendría hidrógeno; era probablemente un compuesto del hidrógeno con el elemento entonces desconocido.

Davy procedió a demostrar que el ácido «fluórico» es otro ejemplo de ácido sin oxígeno. Además dicho ácido tenía propiedades que recordaban mucho al cloruro de hidrógeno. Por eso el físico francés **Andrés María Ampère** imaginó que el ácido fluórico bien podía ser un compuesto del hidrógeno con un elemento muy parecido al cloro. Se lo dijo a Davy, que estuvo conforme.

En 1813 Ampère y Davy llamaron «flúor» al nuevo elemento, aún no aislado ni estudiado; ese nombre se deriva naturalmente de fluorita. Al ácido fluórico se le llamó «fluorhídrico» o «fluoruro de hidrógeno» y a la fluorita «fluoruro de calcio».

Surgió entonces el problema de aislar el flúor para poder estudiarlo. Tal problema resultó de suma dificultad.

El cloro podía obtenerse del ácido clorhídrico, haciendo, por decirlo así, que el oxígeno arrancase el hidrógeno de las garras del cloro, dejando éste aislado, en forma de elemento. El oxígeno, como veis, es más activo que el cloro y «tira más fuerte» del hidrógeno.

Pero ese procedimiento no dio resultado para aislar el flúor. El oxígeno no podía de ninguna manera arrancar el hidrógeno de sus garras. (Muchos años después se vio que, por el contrario, el elemento flúor podía arrebatarle el hidrógeno al oxígeno). Al reaccionar con agua, compuesta de oxígeno e hidrógeno, el flúor tira del hidrógeno con tal fuerza que deja libre el oxígeno.

Era ineludible la conclusión de que el flúor es más activo que el cloro y el oxígeno. Es más, había motivos para sospechar que el flúor podía ser el elemento más activo que existe, lo cual confirmaron ampliamente los químicos posteriores; y que ninguna simple reacción química podría aislarlo de compuestos como el fluoruro de hidrógeno o el de calcio, ya que ningún otro elemento podría arrancar el hidrógeno del fuerte puño del flúor.

Pero ¿quién dice que haya necesidad de limitarse a reacciones químicas? En 1800 se inventó la pila eléctrica y a las pocas semanas ya se había descubierto que una corriente eléctrica, al pasar por un compuesto, podía disgregarlo (electrólisis), aunque las reacciones químicas corrientes sólo pudieran efectuar esa descomposición en condiciones extremas. El agua, por ejemplo, se descomponía en hidrógeno y oxígeno; el hidrógeno, como muchos metales, puede hacerse aparecer en el electrodo negativo, mientras que el oxígeno, como otros no metales, puede hacerse aparecer en el positivo.

Davy aplicó esa técnica a varios compuestos, que, según los químicos aseguraban, contenían metales

desconocidos aún, tan activos, que las técnicas químicas ordinarias no bastaban para liberarlos. En 1807 y 1808, haciendo uso de las más poderosas baterías eléctricas conocidas entonces, aisló rápidamente seis metales de extremada actividad: el potasio, sodio, calcio, magnesio, estroncio y bario. Claro que todos ellos aparecían en el electrodo negativo.

No había razón, pensaba Davy, para que esa misma técnica no descompusiese el fluoruro cálcico. El calcio debía aparecer en el electrodo negativo y el flúor en el positivo. Al intentarlo no consiguió su objeto. Sí que aislaría flúor en el electrodo positivo; pero en cuanto se depositaba atacaba cuanto había a su alcance: agua, vidrio, hasta los recipientes de plata y platino que usaba Davy.

En poquísimos tiempo lograba éste obtener compuestos de flúor, pero nunca flúor puro.

Estas tentativas produjeron también fracasos de otros géneros; pues Davy se atrapó en sus trabajos sobre compuestos de flúor un grave envenenamiento, por respirar pequeñas cantidades de ácido fluorhídrico. No le mató, pero contribuyó, sin duda, a que muriera de cincuenta años, y pasase incapacitado los últimos.

Peor suerte aún tuvieron otros. Por los años 1830, dos hermanos ingleses, **Tomás y Jorge Knox**, decidieron no considerar demostrado que era imposible aislar el flúor por medios químicos (no son tan rutinarios los científicos, como sus críticos gustan de suponer). Intentaron convencer al cloro de que atacase el mercurio del fluoruro mercurico, dejando libre el flúor. Fracasaron, y ambos padecieron largos y angustiosos ataques de intoxicación por ácido fluorhídrico.

El químico belga **P. Louyet**, que seguía de cerca los intentos de los hermanos Knox, quiso repetir sus trabajos y fracasó más espectacularmente aún. Lo mató del todo el ácido fluorhídrico.

Uno de los ayudantes de Louyet fue el químico francés **Edmundo Frémy**. Había presenciado algunos de los experimentos de Louyet y comprendió que, empeñándose en aislar el flúor por reacciones químicas, sólo sacaba uno la entrada para «la Morgue». Volvió al método electrolytico de Davy y trabajó con la más escrupulosa cautela. En premio consiguió llegar a los ochenta años.

En 1885 repitió el intento de Davy, de electrolizar fluoruro cálcico, con idénticos resultados. Cuanto flúor quedaba libre, desaparecía inmediatamente, combinándose con cuanto topaba.

Decidió después trabajar con el mismo ácido fluorhídrico, que por licuarse a temperaturas poco inferiores a la del laboratorio, se maneja mejor que el fluoruro cálcico, que hay que mantenerlo al rojo durante la electrolisis.

Al fin, también él desistió, y al comenzar los años ochenta seguía victorioso el flúor: Durante tres cuartos de siglo había resistido los mayores esfuerzos de muchos químicos de primera categoría, matando del todo a unos y dejando imposibilitados a otros.

Tenía Frémy un discípulo, el químico francés **Fernando Federico Enrique Moissan**, que prosiguió la batalla, atacando con tenacidad de bulldog el problema del flúor.

Volvió una vez más a métodos químicos. Pensó que tenía que partir de un compuesto de flúor relativamente inestable; al cabo, cuanto más estable es un compuesto, más firme presa hace el flúor en los demás átomos y más difícil es dejar libre ese flúor.

Había que añadirle algo para hacerle conductor, pero algo que no ocasionase la producción de otro elemento en el electrodo positivo. ¿Por qué no otro fluoruro? Moissan tomó varias medidas, redujo la temperatura a -50°C para dificultar las reacciones químicas, usó una aleación de platino e iridio en el electrodo y eliminó toda el agua de la muestra en el ácido fluorhídrico; usando la electrolisis sobre el anhídrido mezclado con fluoruro de potasio y la fluorita como aislante obtuvo finalmente el gas de flúor.

El 26 de junio de 1886 obtuvo un gas amarillo-verdoso pálido, alrededor de su electrodo positivo. ¡El flúor aislado al fin! Y la repetición del experimento la presenció su viejo profesor Frémy.

En 1906, un año antes de morir, Moissan recibió el premio Nobel de química por su hazaña.

FIN

Preguntas orientadoras:

1. ¿Por qué le llamaron Flúor?
-
-

2. ¿Cuáles fueron los personajes que intervinieron en el descubrimiento del Flúor? Enuméralos y señala sus contribuciones (Línea de tiempo).

3. Dibujar a uno de los científicos que contribuyeron en el descubrimiento del Flúor.

4. ¿Qué relaciones tenía el Flúor con la naturaleza y la sociedad?

ACTIVIDAD 2: Vídeo Historia del Flúor-Javier Santaolalla-Date un voltio

-Se proyectará el Vídeo Historia del Flúor del Físico de partículas y youtuber Javier Santaolalla de su cuenta de Youtube Date un voltio. Link: <https://www.youtube.com/watch?v=KCVJjy7S2EC&t=233s>
Los estudiantes deberán resolver las preguntas orientadoras con sus respectivos grupos.



Preguntas orientadoras:

1. ¿Por qué era tan difícil obtener el flúor?

2. ¿Cómo crees que influyó el conocimiento construido por el químico **Andrés María Ampère** en el descubrimiento del Flúor?

3. ¿Qué proceso crees que se sigue en ciencia para que se acepte un nuevo conocimiento científico o se rechace el anterior?

4. ¿Por qué suele decirse que la ciencia es objetiva? ¿Se puede hablar de subjetividad en el ámbito de la ciencia?

5. Javier Santaolalla es un Físico de partículas, pero además es Youtuber; en este caso: explica la ciencia a través de las redes sociales, especialmente en Youtube. ¿Estás de acuerdo con la forma que tiene Javier para divulgar la ciencia? ¿Qué otras formas crees que existan para divulgarla? ¿Qué importancia crees que tiene esta divulgación?

SESIÓN 2: EL OMNÍVORO DE LA TABLA PERIÓDICA

ACTIVIDAD 1: Situación problematizadora: "Elemento químico que baila"

-Se entregará la Clase anterior la situación problematizadora para que los estudiantes la puedan leer:

El elemento químico que baila

Ana le encanta bailar, práctica en una academia de baile. Todos los días se levanta, se baña, se pone su uniforme, desayuna, se cepilla los dientes, va al colegio y luego a su clase de Baile. En su clase de Baile llega un nuevo profesor a hablarles de la sonrisa, de la importancia del cuidado de los dientes. Les habla de un elemento: el Flúor, el profesor afirma que es el componente principal de la Crema dental porque sirve para prevenir la Caries. Así que Ana se pone a indagar en Youtube y encuentra un señor que decía que el Flúor en la pasta dental impedía que se formaran ácidos que producían las bacterias (ácido láctico) y este ácido formaba esos enormes agujeros negros de Caries.

Además, Ana encontró en un libro de Química que el Flúor era un elemento que reaccionaba con cualquier otro elemento, así que encontrarlo de manera aislada en la naturaleza era casi imposible. Ana seguía con más dudas. Al llegar a casa revisó la etiqueta de la sal y encontró que tenía en sus componentes Flúor, ahora sí que entendía menos.

Y se preguntaba ¿Cómo un elemento que es imposible aislarlo por su capacidad de reaccionar con otros, puede estar en la sal que se utiliza para todos los alimentos del día y en su pasta de dientes? Ana espera resolver sus dudas con su última consulta, en ella encuentra que el Flúor es un elemento que sirve para la fabricación de anestesia, algunas pantallas plasma, gases extintores, de hexafluoruro de uranio, de sistemas de refrigeración y para la de obtención de aluminio. Ana concluye que este Flúor es un excelente bailarín porque tiene la capacidad de bailar todos los ritmos con cualquier persona.



Preguntas problematizadoras:

-¿Cuál es el efecto de la crema dental para impedir la acidez sobre los dientes? -¿Por qué Ana cree que el Flúor es un excelente bailarín acaso cuáles son las propiedades físicas y químicas del Flúor?

-Cada grupo deberá plantear dos posibles respuestas para cada pregunta de la situación problematizadora y 2 posibles procedimientos para resolver la pregunta.

Posibles respuestas a la primera pregunta

Posibles procedimientos para resolver la pregunta

ACTIVIDAD 2: Práctica de laboratorio "El daño de los dientes"

Objetivos:

Conocer el efecto de la crema dental para impedir la acidez sobre los dientes

Clasificar las bebidas más comunes según su acidez

Prevenir daños y caída de los dientes

Materiales:

Crema dental

6 huevos duros, con su cáscara

½ taza de agua

½ taza de vinagre blanco

6 Vasos o recipientes

½ taza de leche

½ taza de la bebida deportiva más común (por

ejemplo: Gatorade o Powerade)

Marcador o etiquetas para identificar los recipientes

½ taza de cualquier soda más común (COCA-COLA, PEPSI, etc.)

Papel blanco

Papel transparente

Procedimiento:

1. Fase (preparación de la muestra)

- Cada grupo deberá observar cada uno de los huevos duros y anotar sus observaciones sobre su hoja de trabajo. Deben de apuntar el color del huevo y su textura. También deben observar que tan dura es la cascara del huevo, raspando ligeramente la superficie de la cascara con sus uñas (tratando de no quebrar la cascara!). Deberán anotar cuál es más dura, ¿su uña o la cascara?
- Cada grupo deberá etiquetar los 5 vasos y verter los diferentes líquidos en los vasos correspondientes.
- Deberán poner un huevo en cada vaso, cubrirlos con papel transparente y colocar sus vasos en un lugar fresco.
- Cada grupo realizará la fase 1 y la fase 3

2. Fase (Observación y análisis)

- Después de 24 horas
- Cada grupo observará las cascara y apuntarán sus observaciones sobre la hoja de trabajo
- Deben de incluir la textura, el color y que tan dura es la cascara.
- Deberán escribir los componentes que aparecen en la etiqueta de las bebidas (gatorade, leche, agua y cocaCola).
- Juntos, basado en sus observaciones anteriores, todos intentarán ordenar las bebidas, de la más ácida a la menos ácida.
- Y deberán escoger qué bebidas son las más saludables para sus dientes y por qué?

3. Fase (Solución de la pregunta problematizadora)

- Cubrir el huevo con bastante crema dental
- Usando 2 recipientes con vinagre, echar en uno el huevo con crema dental y en otro el huevo normal.

Comparar los 2 huevos después de 10 minutos, 30 minutos, 2 horas y 24 horas.

- Registrar los datos en la hoja de trabajo

Conclusiones

- Basándose en las observaciones, ordene los líquidos del **MÁS** ácido al **MENOS** ácido.
- El esmalte de su diente es similar a la cascara de un huevo. ¿Qué piensa que va a pasar con sus dientes si toma líquidos que son ácidos? ¿Por qué?

| |
|-------------|
| Más ácido |
| |
| |
| |
| |
| Menos ácido |

- Basándose en sus observaciones con la cascara de huevos, ¿Qué bebida piensa usted que es la mejor para sus dientes? ¿Por qué?

RESOLVER LA PRIMERA PREGUNTA DE LA SITUACIÓN PROBLEMATIZADORA ¿Cuál es el efecto de la crema dental para impedir la acidez sobre los dientes?

Hoja de Trabajo:

Observaciones de la cáscara de huevo al principio

| Muestra Descripción (agua, leche, etc) | Color | Textura | ¿Cuál es más dura, mi uña o la cascara del huevo? | Otras observaciones |
|--|-------|---------|---|---------------------|
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |

Observaciones luego de 24 horas

| Muestra | Color | Textura | ¿Cuál es más dura, mi uña o la cascara del huevo? | Otras observaciones |
|---------|-------|---------|--|---------------------|
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |

Observaciones de la situación problematizadora

| Muestra | Observaciones (color, textura) | | | | |
|--------------------------|--------------------------------|------------|------------|---------|----------|
| | Antes | 10 minutos | 30 minutos | 2 horas | 24 horas |
| Con vinagre y crema | | | | | |
| Con vinagre sin crema | | | | | |

ACTIVIDAD 3: La Química del Flúor

Leer el siguiente fragmento de la Breve historia de la Química de Isaac Asimov

*...El "omnívoro" Así lo llamó el conocido científico soviético Alexandr Fersman. Pues no hay en el mundo elemento más furioso, no hay en la naturaleza sustancia más activa químicamente que el héroe del presente ensayo. En general, no se encuentra en la naturaleza en estado libre, sino sólo en forma de combinaciones. Su nombre es flúor, lo que en griego significa "destructor"...*¹

Leer el siguiente texto y resolver las preguntas orientadoras ubicadas en la última parte del texto:

El Flúor es un elemento de la tabla periódica cuyo símbolo es conocido como (F), con el número atómico 9. La palabra (fluor) nace de un neologismo tomado del latín que significa flujo. Es el elemento químico más electronegativo (3,98), puesto que posee la mayor capacidad para atraer o arrancar electrones de otros elementos. Se encuentra ubicado en el grupo VIIA de la tabla periódica, es decir que pertenece a la familia de los elementos Halógenos que significa *formadores de sales*. El Flúor contiene en su último nivel de energía 7 electrones ([He] s²p⁵) y por ende su nivel de valencia es -1. Se encuentra también ubicado en el periodo 2 de la tabla periódica, esto quiere decir que ocupa dos niveles de energía (n=2). (Lehninger, 1993)

Gracias a estas propiedades químicas el Flúor puede formar numerosos compuestos (Fluoruros), que se encuentran mayormente como Fluorita (CaF₂- Fluoruro de Calcio), Apatito o Apatita (como (Ca₅(PO₄)₃(F)- Fluorapatita), (Ca₅(PO₄)₃(OH)- Hidroxiapatita) o (Ca₅(PO₄)₃(Cl)- Clorapatita)) y Criolita (Na₃AlF₆- Hexafluoraluminato de Sodio).

Se estima que se encuentra en la corteza terrestre un 0,065% de Flúor, se halla en todo tipo de fuentes hídricas, en el suelo, por uso doméstico e industrial del hombre e incluso en la atmósfera. Se encuentra en el mar, en los ríos, en las aguas subterráneas (dependiendo el tipo de rocas), en las zonas volcánicas (gases, depósitos minerales y sedimentos lixiviados) y en zonas desérticas. En el suelo se incorpora en los residuos insolubles y en las rocas ígneas se encuentran pequeñas cantidades de flúor durante el estadio principal de cristalización y en concentraciones máximas en las pegmatitas (Instituto Colombiano de Geología y Minería, 2010).

Las fuentes producto de la actividad humana que aportan la mayoría de fluoruros son las industrias (metalúrgica, cerámica, cemento, fundición, ladrillos y abonos), así como las zonas agrícolas, las cremas dentales, los productos odontológicos y algunos medicamentos (amoxicilina y penicilina) (Instituto Colombiano de Geología y Minería, 2010).

Dentro de los usos del Flúor se encuentran una gran variedad (Ver tabla 4) que se han desarrollado a lo largo de los años, aunque algunos de ellos se han dejado de utilizar por su alto daño a la capa de ozono como es el uso de compuestos fluorados en los aerosoles.

Usos del Flúor

Los anestésicos más generales son derivados de compuestos de flúor.

El flúor-18 es un isótopo artificial que emite positrones y tiene una vida media relativamente más larga. Esto lo hace ideal para su uso en la topografía por emisión de positrones.

Los revestimientos anti reflectantes contienen compuestos de flúor.

El flúor puede utilizarse para la fabricación de pantallas de plasma, pantallas planas y sistemas microelectromecánicos.

El ácido fluorhídrico se utiliza para grabar vidrio, generalmente las bombillas.

El flúor se utiliza en un paso de la producción de halones (gases extintores de incendios) tales como freón.

El flúor se utiliza para obtener uranio puro a partir de hexafluoruro de uranio.

Los compuestos de flúor se utilizan en los sistemas de refrigeración, aire acondicionado y en aerosoles

Otro compuesto de flúor se utiliza en la electrolisis del aluminio. Este proceso permite obtener aluminio puro.

Algunos antibióticos de amplio espectro (que actúan contra una amplia gama de bacterias) contienen flúor.

¹ Geoquímica recreativa- Alexandr Fersman 1939

Una gran cantidad de flúor producido comercialmente se utiliza para hacer hexafluoruro de azufre. Este compuesto se utiliza como un dieléctrico (aislante eléctrico) en la industria eléctrica.

Algunos compuestos de flúor (tal como fluoruro sódico, fluoruro estañoso y monofluorofosfato de sodio) se añaden a los dentífricos para prevenir las caries dentales. También se añaden habitualmente al agua.

Se usa como catalizador para la producción de gasolina de alto octanaje

Se usa para hacer polímeros tal como Teflón que es una resina resistente al calor

Tabla 4: Usos del Flúor. Tomado y adaptado de <https://elementos.org.es/fluor> y <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/f.htm>

Preguntas orientadoras:

-¿Por qué Alexandr Fersman consideraba al flúor como un elemento omnívoro?

-En tu hogar, ¿Dónde puedes encontrar los compuestos fluorados?

-Utilizando las experiencias de las últimas clases indica ¿Cómo crees que los científicos construyen su conocimiento?

RESOLVER LA SEGUNDA PREGUNTA DE LA SITUACIÓN PROBLEMATIZADORA

ACTIVIDAD 4: Personificación del Flúor

A cada grupo se le entregará un octavo de cartulina en el que deberán dibujar la personificación (dotar de características humanas a un objeto) del Flúor, utilizando las propiedades físicas y químicas de este.

Por ejemplo: Su color verde pálido (Propiedad física), el personaje que dibujan puede ser de color verde pálido, incluso pueden inventarse superhéroes o villanos, cómo los creadores crean conveniente.

A continuación, algunos ejemplos de elementos químicos personificados:



Descripción del dibujo:

SESIÓN 3: EL LABERINTO DEL FLÚOR

ACTIVIDAD 1: Check-In de la fluorosis dental

Leer el siguiente texto y responder las preguntas orientadoras:

En 1901 un odontólogo de Estados Unidos llamado Frederick McKay realizó sus prácticas profesionales en un pueblo de Colorado y observó que la mayoría de sus habitantes presentaban en sus dientes unas manchas marrón a las que le llamó *esmalte moteado*. Él empezó a investigar qué enfermedad tenían sus pacientes y no encontró ningún resultado, pues en la literatura de odontología y medicina no se encontraba ninguna referencia acerca de la naturaleza de la enfermedad. Por esta razón McKay empezó a realizar sus investigaciones. En esta misma época el doctor, considerado padre de la odontología Greene Vardiman Black de origen estadounidense, accedió a ir a Colorado para colaborar en la investigación. Black estuvo acompañando la investigación seis años antes de su muerte, durante este tiempo McKay y Black tuvieron dos hallazgos importantes: el primero consistía en que era una situación que ocurría en la *formación del diente*, es decir que aquellos adultos que no presentaban el *esmalte moteado* no tenían ningún riesgo de adquirirla; y el segundo consistía en que aquellos pacientes que tenían esas tinciones, *inexplicablemente*, no tenían caries. McKay sospechaba que existía un compuesto en el agua que producía el *moteado* en los dientes. Unos años más tarde publicó los hallazgos en una revista y esta llegó a manos del químico H. V. Churchill de la Compañía Americana de Aluminio en Pensylvania, quien se puso en la tarea de analizar las muestras de agua y compararlas, encontrando Flúor en las muestras tomadas que provenían de Colorado. Churchill comunicó al odontólogo McKay sus resultados. Tras casi treinta años de investigación McKay por fin tenía su resultado: *el agua que contenía altos niveles de flúor ciertamente causaba la coloración del esmalte dental*. (Briseño, 2001)

A partir de esto se generaron nuevas investigaciones. Para el año 1931 el Doctor Henry Trendley Dean, jefe del Instituto Nacional de Salud de Estados Unidos y encargado de la Unidad de Higiene Dental, inició investigando la epidemiología de la Fluorosis preguntándose *¿Cuáles son los niveles de consumo de flúor antes de que la Fluorosis aparezca?*, tras cinco años él y sus colaboradores tenían un resultado: *los niveles de flúor en agua potable de hasta 1.0 ppm no causaban esmalte moteado, si el flúor excedía este nivel, la fluorosis empezaba a aparecer*. (Briseño, 2001)

Estos resultados permitieron a la comunidad académica plantearse otra hipótesis: *el flúor como agente preventivo de la caries*. Así que se dio inicio con la fluoración del agua potable de la comunidad de Grand Rapids en EE. UU. Este proceso consistía en añadir Fluoruros al agua potable menores a 1.0ppm. Posteriormente se implementó la acción tópica del fluoruro en productos dentales, situación que fundamentó su utilización y masificación. Este elemento contribuye a la prevención de la Caries dental ya que reduce la producción del ácido de la placa bacteriana y por lo tanto actúa como bactericida (Instituto Colombiano de Geología y Minería, 2010).

En 1977 en algunos países de Europa implementaron como vehículo del Flúor la sal. Así que a partir de los años 80 se inició la implementación de acciones de salud pública con el propósito de aportar al control de la caries. Dentro de estas acciones estaba suministrar Flúor a través del agua, la sal, cremas dentales, enjuagues bucales y algunos elementos odontológicos (Instituto Colombiano de Geología y Minería, 2010).

Por su lado Colombia fue uno de los primeros países en utilizar elementos fluorados de forma masiva: fluoración del agua o fluoración de la sal de cocina. La federación odontológica colombiana (FOC) junto con la OMS y el ministerio de salud pública iniciaron la fluoración del agua potable en la ciudad de Girardot - Cundinamarca en el año 1953, en Bogotá y Cali en 1962, en Manizales en 1959 y en Medellín en 1969. Este programa fue suspendido en 1987 por su baja cobertura (40% de la población) para darle paso a la fluorización de la sal (Cárdenas, 2003).

La fluoración de la sal de cocina en Colombia se realizó inicialmente en Antioquia en 1989, estableciendo una concentración de 180-220 ppm según el decreto 2024 de 1989 del Ministerio de Salud, lo cual fue ratificado con el decreto 0547 de 1996 (Araujo, Martínez y Pastrana, 2013).

Además en Colombia se estableció como prioridad dentro de la vigilancia en salud y gestión del conocimiento el control de la Fluorosis dental según el Decreto 3039 del Plan Nacional de Salud Pública 2007-2010. El propósito de esto es "implementar la vigilancia centinela de la exposición a flúor y sus efectos en la salud bucal, con el fin de generar información útil, confiable y oportuna que permita ajustar

las políticas existentes sobre la prevención de las caries y el control de la fluorosis dental” (Agudelo, Martínez, Madrid, Vívares y Rocha, 2013).

Preguntas orientadoras:

1. Según la lectura ¿Qué proceso crees que se sigue en ciencia para que se acepte un nuevo conocimiento científico o se rechace el anterior? Describe tu respuesta con un ejemplo

2. Dibuja uno de los científicos que contribuyó al descubrimiento de la fluorosis dental



3. ¿Cuáles son los valores que tiene un científico?

4. ¿Crees que fluoración del agua potable es una buena medida para evitar la caries dental? ¿por qué?

5. ¿Cuáles son los métodos que utilizaron los científicos para llegar a sus conclusiones? Esquematízalos



ACTIVIDAD 2: Retro Creatividad

Para la elaboración de las historietas:

1. Seleccionar los personajes principales de la historia
2. Determinar cuántas escenas se dibujarán (cuadros tendrá la historia, no más de 6)
3. Dibuja los personajes
4. Escribe las conversaciones (diálogos) en cuadros no tan cargados
5. Termina con algunos detalles a la historieta.

Personajes principales:

Nombre de la historieta:

ACTIVIDAD 3: El radar de las noticias

A cada estudiante se entregará una de las seis siguientes noticias. Cada uno deberá leer, seleccionar lo más importante y plantear una pregunta de la noticia que le correspondió.

1. ¿Hasta cuándo seguiremos afectados por el flúor en la sal?- El espectador

21 Mar 2016 Por: Fernando Galindo G. Periódico el Espectador

El foro "Evaluación y perspectiva del uso del flúor en programas de salud pública, para el control de la Caries dental y el control de la intoxicación crónica, como insumo para la formulación de política pública en Colombia", convocado por la Subdirección de Enfermedades No Transmisibles, del Ministerio de Salud, aportó la evidencia para suspender de inmediato la fluorización de la sal de consumo humano en el territorio colombiano.

Los organizadores acertaron en la selección de los panelistas, enriqueciendo el foro con la presencia de la autoridad mundial en el tema de la fluorosis, el danés Ole Fejerskov, cuyas intervenciones, basadas en abundantes investigaciones y publicaciones en la literatura científica, le imprimieron al evento la altura intelectual y ética para que los entes gubernamentales procedan en consecuencia y suspendan esa medida.

En el mismo nivel se desempeñaron la doctora Ángeles Martínez, de la Universidad de Indiana, Jaime Cury y Marilia Alfonso Rabelo, de Brasil, Franz Götzfried, de Alemania, y la profesora Stefania Martignon, de Colombia. José Fernando Valderrama y Sandra Tovar, del Ministerio de Salud, y Sandra Misnaza, del Instituto Nacional de Salud, contextualizaron el estado de la salud oral de la población colombiana respecto a los indicadores de caries y fluorosis dentarias en el marco del Sistema de Seguridad Social en Salud.

Igualmente oportuna fue la inclusión en el programa de las doctoras Patricia Parra y Andrea Álvarez, de la Secretaría de Salud del Departamento del Huila, quienes presentaron el caso de una residente de 15 años de edad, de la Vereda El Juncal, municipio de Palermo, afectada por fluorosis esquelética, situación que está siendo valorada a profundidad por las autoridades sanitarias.

En contraste, las intervenciones del delegado de la Organización Panamericana de la Salud, y de la Organización Mundial de la Salud, OPS/OMS, fueron decepcionantes. Se empeñó en sostener, contra toda certeza, que la fluorosis no es una enfermedad, sino un incidente, porque esas entidades rehúyen su responsabilidad en la prevalencia de la misma. Al reclamo de los participantes respondió con el matoneo característico de los burócratas internacionales que defienden no la verdad científica y ética, sino los intereses y beneficios personales, que dichas organizaciones les reconocen por imponer tan riesgosa política para los habitantes de los países tercermundistas.

La fluorosis dentaria es una manifestación clínica tardía de una intoxicación sistémica por flúor, ocurrida durante el período del desarrollo y/o de la mineralización de los dientes afectados. Aunque el foro se financió con base en el Convenio de Cooperación Técnica entre Minsalud y OPS/OMS, los organizadores expresamente titularon "control de intoxicación crónica", confirmando la condición de enfermedad de la fluorosis.

Al ministro Gaviria se le entregó en su despacho, en noviembre de 2012, un extenso documento, con referencias científicas y con casuística clínica sobre la ocurrencia de la enfermedad en la niñez colombiana. No atendió la solicitud de suspender la fluorización de la sal. ¿Sucederá lo mismo con este foro, realizado por funcionarios de su propio Ministerio?

El Congreso debe citar al ministro a un debate de control político porque, dentro del colapso del sistema de salud, no es aceptable que la fluorosis empeore aún más el bienestar de la niñez colombiana.

Pregunta de la noticia:

2. Estudian medidas para enfrentar niveles de fluorosis en el Juncal, Huila

Oct 8, 2015 Por Luisa Fernanda Davila Tamayo. Periódico Opanoticias

Un posible caso de fluorosis esquelética, enfermedad que afecta el sistema óseo de cuerpo humano, tiene en alerta a la Secretaría de Salud del Huila que viene adelantando una serie de estudios y estrategias para evitar no solo algún diagnóstico comprobado de esta enfermedad, sino los de fluorosis que se presentan con signos en la dentadura especialmente de niños y jóvenes.

"La fluorosis es una patología que se presenta por incremento en el consumo de flúor y pues el flúor está en el agua, en el suelo, incluso está en las cremas dentales con flúor para prevenir la caries, hoy lo que tenemos es una relación de casos en la inspección del Juncal, compatible con fluorosis, hemos hecho la revisión alrededor de 300 niños, de los cuales se han encontrado los diferentes niveles y afectación del área dental, que es donde primariamente ataca la fluorosis; dentro de estos menores se ha encontrado una menor de edad que podría estar planteándose en una duda diagnóstica con una fluorosis esquelética" indicó Carlos Daniel Mazabel Secretario de Salud del Huila.

El jefe de Cartera explicó, que al parecer, los niveles de flúor se han incrementado en el afluente del cual se surte de agua al Juncal, hecho que con el pasar del tiempo ha empezado a afectar a los habitantes con esta patología, "hoy lo

que hemos venido revisando es que ha habido un nivel sostenido de flúor por encima del nivel permisible en el afluente que abastece de agua a los habitantes del Juncal y que muy seguramente por la exposición de varios años se produce este tipo de síntomas”.

Endemia

En el departamento del Huila hasta el año 2010, la fluorosis era considerada endémica, o sea con niveles de flúor en sus afluentes por encima 0.5 partes por millón, “ya se hizo un trabajo, se hizo cambios de fuentes y hoy digamos que la medición que se ha realizado en los 37 municipios en la zona urbana, no presentan incrementos de flúor en el agua que se consume, excepto en la inspección del Juncal, donde el nivel oscila alrededor de los 0.4” señaló Mazabel.

Este caso que había causado estupor entre los habitantes de esta inspección del municipio de Palermo, no obstante, el secretario de salud departamental, ha expresado que no existen motivos para alarmarse, ya que la fluorosis es una enfermedad común en el país y a nivel internacional, además, el caso de la menor de 16 años de la que se presume, padece fluorosis esquelética, está bajo estudio del Ministerio de la Protección Social y aun no se ha confirmado.

“Nosotros hemos hecho un estudio a través de la EPS y hemos enviado al Ministerio de la Protección Social que nos ha solicitado este tipo de información, estamos pendientes, ellos no nos han confirmado más o menos en que tiempo, pero si sabemos que van a estar en el mes de noviembre aquí, estableciendo una mesa de trabajo para tomar decisiones mediáticas que posibiliten menos exposición de los menores de edad al flúor” acotó.

Situación en el Huila

Municipios como Guadalupe, Gigante, Campoalegre y Neiva, reportan un número incrementado de pacientes afectados de fluorosis, “hay que volver a insistir que los niveles de flúor en el agua son extremadamente bajos, entonces lo que se va a seguir haciendo es una vigilancia centinela que obligatoriamente nosotros lo hacemos y con base en eso vamos a hacer medición de flúor en los acueductos rurales, que digamos es donde no se ha hecho seguimiento respectivo, esto ya lo hemos hecho en los municipios donde hemos encontrado niveles altos de fluorosis en Gigante y Guadalupe” afirmó.

Recomendaciones

El secretario de salud ha indicado una serie de medidas que deben adoptar en especial los habitantes de la Inspección del Juncal, ya que es importante evitar que los menores tengan este padecimiento que genera manchas y deterioro de los dientes en el ser humano.

“Sobre todo en el Juncal, lo que hemos incentivado es que en la señoras embarazadas disminuir el consumo de agua en este afluente, para evitar cualquier paso al recién nacido, en lo que tiene que ver con los menores de edad, la no utilización de crema dental con flúor, vamos a hacer las mediciones pertinentes de las instituciones que están trabajando con nosotros, de flúor en suelo y de flúor en otros afluentes, para determinar el traslado definitivo del afluente, hay que decir que este afluente ya ha cumplido su vida útil, es un aljibe, y por ende debe ser trasladado además de que hay unas concentraciones altas de flúor” puntualizó.

De confirmarse que la menor habitante del Juncal, presenta fluorosis esquelética, tendría que adelantar un tratamiento especial, ya que esta enfermedad pondría en riesgo una buena calidad de vida, “es una enfermedad discapacitante, es una enfermedad que produce anomalías como dolor en algunas ocasiones y deformidades, dependiendo del nivel de exposición que se tenga, en muchas ocasiones son deformidades a nivel de las articulaciones y disminución de la movilidad” concluyó.

Pregunta de la noticia:

3. Colombia consume hasta seis veces más flúor del recomendado **17/11/2015 Caracol noticias**

Aunque por ley (Decreto 547 de 1996), la sal en nuestro país debe llevar un contenido de yodo y de flúor, el alto consumo de este último mineral puede generar fluorosis dental y esquelética.

El flúor es altamente tóxico y es acumulativo, explica el profesor Édgar Delgado, del Departamento de Química y director del Grupo de Materiales en Odontología, quien advierte que la fluorosis dental se produce por el exceso en la ingesta crónica de este elemento químico, con manifestaciones musculoesqueléticas.

En 1926, gracias a Frederick Sumner McKay, quien descubrió en Colorado Springs que el flúor evitaba la caries, este se empezó a acoger en todos los países y hoy, debido a estas medidas, el 40 % de la gente en 25 países tiene fluorosis leve.

Existen evidencias claras en la India y en China de que la fluorosis esquelética y el mayor riesgo de fracturas óseas se producen por una ingesta total de fluoruro de 14 miligramos al día (mg/día); los estudios también sugieren un aumento del riesgo de efectos óseos debido al consumo de este compuesto por encima de 6 mg/día.

En el primer país mencionado, hay 60 millones de personas con esta dolencia, entre las cuales se registran 6 millones con osteoporosis incapacitante y 600.000 con problemas neurológicos, señaló el profesor Delgado.

Según el artículo 4 del Decreto 547 de 1996, la sal para consumo humano deberá contener yodo como yoduro en proporción de 50 a 100 partes por millón (ppm), y flúor como fluoruro en proporción de 180 a 220 ppm. En contraste, la Organización Mundial de la Salud (OMS) solo permite una dosis máxima de 0,7 ppm en Colombia. Según cifras del Ministerio de Salud, el promedio de consumo de sal en el país es de hasta 13 gramos (gr) promedio, que al ser multiplicado por 200 ppm, muestra que solo a través de la sal se consumen, en promedio, 2,4 a 2,6 ppm de flúor al día.

Según el profesor Delgado, con frecuencia los niños presentan unas manchas blancas que corresponden a una fluorosis entre leve y mediana. "No sabemos todos los efectos del flúor, es cierto que previene la caries, pero la congela, no la cura. Además, aparentemente tiene efectos negativos en el coeficiente intelectual y en la calidad de los huesos en animales y humanos", comentó.

El flúor también se encuentra de forma natural en el agua (más en unas regiones que en otras), en el teflón de los elementos de cocina, en los pesticidas, los productos dentales (cremas, enjuagues, resinas, barnices, geles), alimentos y bebidas con contenidos de sal, agua, gaseosas, jugos, cerveza, bebidas deportivas, papas, compota, en la carne deshuesada con máquina y en el té.

Este elemento, como lo explica el profesor, tiene un romance con la apatita, que es el componente principal de los huesos (el 68 % del peso sólido del hueso es apatita) y a medida que pasan los años, la cantidad ingerida se va acumulando en los tejidos duros, esmalte y huesos: "hay 80 % más de flúor en los huesos que en los dientes", agrega.

Para Álvaro Wills, profesor de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, quien ha hecho estudios al respecto, las interacciones que tiene el flúor en el organismo son múltiples, ya que es el elemento más reactivo de todos.

Como él asegura, los excesos del flúor no solo tienen efectos en la fluorosis dental, sino también (secundarios) en el sistema endocrino, en los riñones y en el desarrollo cognitivo. Además, el flúor tiene la capacidad de traspasar la placenta y acumularse en el cerebro.

Según su reporte, a nivel nacional las ciudades con mayor consumo de este material al 0,7 mg recomendado, es del orden de 98 municipios, específicamente en capitales como Ibagué, Mitú, Pasto, Pereira, San Andrés y Tunja; con un consumo mayor a esta concentración aparecen 40 municipios, capitales como Cali, Puerto Inírida, Neiva y los departamentos de Boyacá, Casanare, Cesar, Guainía, Huila, Nariño, Santander y Valle.

En estas zonas, el principal desequilibrio está asociado con la mayor ingesta de sal o de agua por las condiciones climáticas, las actividades diarias y las fuentes de agua fluorificadas naturalmente.

Según el profesor Wills, hay que estudiar si la mejor vía para llevar el flúor a los colombianos es la sal. "La industria alimentaria no debería contener flúor; las zonas con flúor natural en el agua tampoco deberían tener sal con este mineral", concluye, al advertir que este elemento no es un nutriente ni se metaboliza.

Pregunta de la noticia:

4. Alerta por elevados niveles de flúor en Colombia

26 Mar 2018 **RCN radio**

Los niveles más altos de flúor en "agua y sal" se registran en cuatro regiones del país

Una estricta vigilancia mantienen las autoridades de salud en el país, por los elevados niveles de flúor que se estaría presentando en agua y sal, dejando graves efectos de fluorosis dental en las comunidades del Huila, Valle del Cauca, Bogotá y Cauca.

La evaluación en este año permitió conocer que ya se tienen 1.153 casos expuestos en 21 departamentos del país, donde las autoridades de salud adelantan una estricta vigilancia, debido a los graves efectos que se podría ocasionar en la salud de las personas que no logran tener un tratamiento oportuno.

El Instituto Nacional de Salud en el informe epidemiológico, precisó que el índice colectivo de "fluorosis dental" realizado en 2017 presentó un incremento del 0,6 % lo cual indica un riesgo para la salud pública.

En el monitoreo químico de flúor en agua, se detectó que el 2,8 % de los municipios en Colombia presentaban riesgo por exceso, teniendo en cuenta que el 30 % de las muestras se localizaron en área rural; y el 22 % fueron de agua sin tratar, específicamente en regiones como Aguachica, Cesar y la Ciénaga, Boyacá.

Mientras que la vigilancia de flúor en sal realizada en expendios por las entidades territoriales indicó que el 4,9 % de los municipios del país, presentaban riesgo químico por exceso de flúor. Los niveles más altos se identificaron en "Chitaraque", Boyacá y en Santa Marta.

Los graves efectos que deja el flúor en la salud de las personas están enfocados en áreas descoloridas de los dientes, lo cual se puede apreciar rápidamente y que se suman a daños en los huesos y algunos órganos del cuerpo.

Pregunta de la noticia:

5. La fluorosis sacó los dientes en Yondó

25 de septiembre 2002 Por: Néstor Alonso López *El tiempo*

Los niños de Yondó se cepillan los dientes con jabón, porque el dentífrico de nada les sirve. Para sorpresa suya, ni restregándose con toda la potencia de sus brazos logran borrar de la dentadura las líneas cafés por las cuales les adivinan el gentilicio cuando visitan otros pueblos.

Esta marca indeleble es el síntoma de la fluorosis, una enfermedad que perfora el esmalte de los dientes, dejándolos porosos y, en consecuencia, susceptibles de ser afectados por cualquier alimento, según explica Yesid Ramírez, odontólogo del hospital local.

Yo sí me cepillo, pero da lo mismo, expresa con desconsuelo la estudiante de octavo grado Maira Alejandra Bolívar, quien se niega a posar para una foto por el aspecto aparentemente sucio de dos de sus incisivos. En el resto de su dentadura tiene manchas menos notorias.

Su caso, como el de al menos otros 800 niños de Yondó, se debe a que la toma del acueducto de esta población está situada sobre rocas de fluorita, de tal manera que los habitantes beben agua con una concentración de flúor de entre 17 y 20 partes por millón, mientras que la proporción normal es de una parte por millón.

De los cinco mil habitantes del casco urbano, mil sufren la fluorosis, una cifra que seguirá creciendo.

El problema es mucho peor en los más pequeños porque, aunque los dientes definitivos salen entre los 6 y los 9 años, comienzan a formarse desde el embarazo y entonces el daño es irreparable.

Tampoco existe calza que sirva, porque la resina no pega debido a una reacción química del flúor. La única corrección posible es aplicar unas carillas estéticas de porcelana, que cuestan 400.000 pesos cada una, de suerte que el tratamiento de un solo niño supera los seis millones de pesos y se debe repetir 10 años después.

Ante los altos costos, a muchos niños y jóvenes no les ha quedado otro camino que llevarse la mano a la boca al sonreír, para esconder su defecto.

De hecho, el hospital se ha tenido que ocupar de problemas de autoestima generados por la fluorosis.

La Alcaldía prevé iniciar las obras de su plan maestro de acueducto y alcantarillado en octubre, con un costo de 4.000 millones de pesos. Según el secretario de Obras Públicas, Omar Palacio, la construcción cortará el problema de raíz.

Sin embargo, los hermanos Andrés y Claudia García decidieron no esperar más e interpusieron una acción de tutela contra el Municipio y la empresa de servicios públicos Triple A, invocando el derecho a la salud y al libre desarrollo de la personalidad, y los derechos del niño. El juez les dio la razón.

Hoy, en medio de un tratamiento por cuenta del erario público, son la admiración del pueblo, porque volvieron a exhibir una dentadura blanca y a sonreír sin complejos.

UN PROBLEMA NACIONAL.

Fernando Galindo, director del Centro de Especialidades Odontológicas de la Fundación Santa Fe de Bogotá, define la fluorosis dentaria como una manifestación clínica de una intoxicación por flúor ocurrida durante el período de desarrollo y maduración de los dientes afectados.

Este odontólogo enfatiza en que el caso del acueducto de Yondó es fortuito, pues una ley expedida en 1986 suspendió la adición de flúor que se le hacía al agua potable, como medida de protección contra la caries, y la trasladó a la sal casera.

Sin embargo, un documento del Instituto Nacional de Salud muestra que otros 13 municipios consumen agua con una concentración de flúor por encima de los niveles inofensivos: Luruaco y Usiacurí (Atlántico), Margarita (Bolívar), San Martín (Cesar), San Juan del Cesar (La Guajira); Gigante, Hobo, Rívera y Súaiza (Huila); Arboledas y Salazar (Norte de Santander), Puerto López (Meta) y Sepitá (Santander).

Según el último Estudio Nacional de Salud Bucal (1998), el 11,5 por ciento de los colombianos con edades entre los 6 y los 19 años exhiben algún grado de la enfermedad.

Por otro lado, el programa de flúor en la sal tiene demasiados problemas técnicos en cuanto a la dosificación y la estabilidad del compuesto, opina Galindo.

No se ha comprobado que la sal, exclusivamente, produzca la fluorosis. Esta se origina en la suma de diferentes fuentes, como las cremas dentales, algunos enjuagues bucales y alimentos como el té, responde una fuente del Ministerio de Salud, que actualmente realiza un estudio sobre el respecto.

Pregunta de la noticia:

6. Extraño caso de fluorosis en El Juncal

4 de Octubre del 2015 Por [La Nación](#)

Sofía presenta malformaciones en sus manos, estudios señalan que se trataría de fluorosis esquelética.*Sofía tiene 14

años de edad, cursa octavo grado de secundaria en la institución educativa El Juncal y a su corta edad, los dedos de sus manos han comenzado a tomar una extraña curvatura, sus dientes al igual que el de más de 250 niños de la población hoy no les permite sonreír con la seguridad que debiera ser.

Padecen una enfermedad llamada fluorosis, en las que sus dientes pierden el blanco y el esmalte tomando un color café pigmentado, haciendo que en la mayoría de los casos el diente se torne débil.

Sin embargo, la ciencia ha tenido que ir más allá con el caso de *Sofía, quien hoy sería la primera persona en Colombia en sufrir de fluorosis esquelética, una condición que resulta de la acumulación excesiva de flúor en los huesos, lo que provoca cambios en la estructura de los mismos, haciéndolos extremadamente frágiles y quebradizos.

LA NACIÓN, conoció que los resultados obtenidos por la madre de la joven los cuales fueron analizados en la ciudad de Barcelona, España, dieron positivo. Dicha condición obedecería al consumo de agua con grandes cantidades de flúor.

Y es que los habitantes del centro poblado de El Juncal, poseen documentos en el que los altos niveles de flúor en el agua que consumen es una constante.

El agua potable es extraída de un aljibe ubicado a 210 metros de profundidad y llevada a unos tanques por sistema de bombeo en el que se le aplica algunos químicos para luego ser distribuida a los hogares.

Análisis efectuados arrojan que el agua potable no es apta para el consumo humano.

“Son aguas pesadas, debido a la misma profundidad en la que se encuentra, donde están en contacto con minerales que están en lo profundo de la tierra, las cuales no son aptas para el consumo”, explicó Ximena Carvajal Perdomo, profesora de agropecuaria de la institución.

Tanto preocupa el caso a las autoridades que la Secretaría de Salud Departamental del Huila, adelantó los estudios pertinentes los cuales son guardados cautelosamente a la espera de que el Ministerio de Salud designe una comisión especial para analizar el caso.

“Estamos recopilando la información de todo lo que se ha estudiado junto con la argumentación científica del orden nacional y mundial, para así entregar un resultado conciso del caso analizado”, comentó Carlos Daniel Mazabel, secretario de Salud Departamental del Huila.

Riesgos

De acuerdo con el portal web GreenFacts, las primeras etapas de la fluorosis esquelética están caracterizadas por un aumento de la masa ósea que se puede detectar con rayos x. Si se siguen ingiriendo grandes cantidades de fluoruros durante varios años, los cambios en el esqueleto provocan gran rigidez y dolor en las articulaciones.

En estos tanques es trata el agua que sale de un aljibe.

La forma más aguda de fluorosis esquelética se denomina “fluorosis invalidante”. Los síntomas son la calcificación de los ligamentos, inmovilidad, pérdida de masa muscular y problemas neurológicos debidos a la compresión de la médula espinal. La fluorosis dental y del esqueleto, es irreversible y no hay tratamiento actual. El único remedio es prevenirla, evitando la ingesta excesiva de fluoruro.

El descubrimiento

La problemática salió a la luz pública en el año 2013 cuando las estudiantes en ese entonces de odontología de la Universidad Antonio Nariño, Marily Cerquera Mantilla y Paula Mindrey Rojas Yasno, realizaron su tesis de grado con base en un examen de densidad ósea a un total de 150 niños clasificados con fluorosis severa.

A raíz de los casos conocidos, se han realizado varias pruebas al agua que consumen los juncaleños.

En dicha investigación se pudo comprobar que en el corregimiento de El Juncal, las concentraciones de flúor en agua potable corresponde a 2.8 ppm, cuando la normal es 1 ppm. Lo que representa un grave problema de salud en general, teniendo como consecuencia la aparición de la fluorosis.

“Cuando comenzamos a evidenciar que los dedos de las manos de mi hija estaban torcidos, comenzamos a llevarla al médico, se le han practicado varios exámenes los cuales han sido analizados en Bogotá y Barcelona, España, dichos resultados salen positivo con fluorosis esquelética. No ha sido fácil, nos ha tocado poner de nuestro bolsillo para poder llevar a la niña, quien a su corta edad está sufriendo de esta enfermedad producida por el agua que consumimos en El Juncal”, narró Rubiela Peña, madre de la menor.

Hay más

Pero según María del Socorro Tovar Fierro, presidenta de la Junta de Acción Comunal del centro poblado de El Juncal, además de los múltiples casos de fluorosis registrados en niños desde los seis años hasta jóvenes entre los 24 años de edad, también se están evidenciando casos de manchas en la piel, caída de cabello, osteoporosis y artritis.

“Las causas de acuerdo a los estudios que se han realizado, señalan que la población no tiene agua apta para el consumo humano, la cual es extraída mediante motobomba de un aljibe que está a 210 metros de profundidad ubicado en pleno centro de la población. El agua sale y es almacenada en unos tanques donde el fontanero de la población le aplica los químicos pertinentes para luego ser distribuida”, explicó la presidenta.

Tovar Fierro, comentó que se envió un derecho de petición a Aguas del Huila, con el propósito de ser escuchados ante la problemática que vive la población.

El agua que sale del aljibe presenta esta característica una vez se tiene en los hogares en reposo.

Sin embargo, la respuesta fue que dicha empresa no presta el servicio de acueducto pero que sí se está ejecutando un convenio interadministrativo número 004 de 2015 por el medio se actualizarán los estudios de la red principal de acueducto entre el PTAP- centro poblado de El Juncal y sector del Divino Niño, convenio firmado entre Aguas del Huila y Empresas Públicas de Palermo.

“La Alcaldía nos ha manifestado que va a construir otro acueducto, que estaría fuera del centro poblado, el cual no lo vemos viable. Porque va a hacer un aljibe igual al que está acá. Hay otras opciones para traer el agua, está la laguna, el río Magdalena. Ellos hicieron el proyecto pero no ha sido socializado con la comunidad para conocer los beneficios que tendría”.

LA NACIÓN, constató que la mayoría de habitantes van y traen el agua de la vereda aledaña llamada La Sardinata, otros prefieren comprarla y almacenarla en bidones, utilizando el agua del acueducto solo para labores domésticas.

Pero la realidad para un porcentaje de la comunidad es que siguen consumiendo el agua extraída del aljibe.

‘Perdieron la sonrisa’

Israel González Cuéllar, es más enfático y señala que la población afectada oscila entre los cuatro y 18 años de edad, es decir, toda una generación si se tiene en cuenta que el acueducto fue construido hace más de 20 años.

“El problema es que hay niños con sus dientes totalmente negros. Hay una etapa de 4 a 6 años, de 6 a 10, de 10 a 14, en los que los dientes son demasiado negros. Hay niños desde los 14 a 18 años que están muy afectados los que les ha generado un bajo nivel de autoestima pues a su edad les da pena reírse”, señaló el padre de familia quien posee los estudios y análisis a los que tuvo acceso este medio de comunicación”, afirma González Cuéllar.

Recalca que lo más conveniente sería que el Ministerio de Salud, y la Secretaría de Salud Departamental, tomen cartas en el asunto para mejorar la calidad del agua.

Población entre los 4 y 24 años de edad presentan un grado alto de fluorosis.

“Algunos análisis a los que tuvimos acceso en su momento señalan que el agua tiene residuos de heces fecales, pues el pozo está en la mitad del pueblo y el alcantarillado pasa por encima. Este se encuentra a 220 metros de profundidad y según mediciones el alcantarillado a 10 metros de profundidad, donde se podrían registrar filtraciones”, comentó.

Pero advierte que no hay forma de hacerles un tratamiento a los niños para recuperarle la autoestima. “Ellos dicen que les da pena reírse porque les dicen diente podrido. El riesgo es que a la edad de 26 años la mayoría de adolescente estará perdiendo su dentadura” afirmó.

Para la odontóloga Leidy Vanesa Rojas, esta enfermedad es una degeneración que afecta el diente y hace que cambie su color normal, lo que se puede originar por el consumo de agua que contiene mucho flúor.

“La mayoría de los niños que sufren estos problemas se dan en las zonas más vulnerables, el agua no es tratada y esto hace que aumente más las fluorosis”, concluyó. El estudio realizado para ese entonces por las estudiantes de último año de odontología, se basó en el tercer nivel de fluorosis.

“Existen tres fases de fluorosis una leve, moderada y avanzada, el estudio se realizó con la última, al hacer la asociación con la densidad ósea arrojó que en gran parte los niños estudiados sus dientes presentaba fluorosis. Tuvimos la intención de llevar el análisis a la Gobernación pero fue imposible, por eso se les dejó una copia a los padres de familia para que fueran a la Secretaría de Salud y los entes competentes para buscar ayuda”, puntualizó Marily Cerquera Mantilla.

Pregunta de la noticia:

ACTIVIDAD 4: Panorama de la fluorosis dental en Colombia: Aquí, allí, y en todas partes

Se proyectará el video ¿Sabes qué es la fluorosis dental y la exposición al flúor? INSC Instituto Nacional de Salud de Colombia. Link: <https://www.youtube.com/watch?v=pefNuzP6udo>



¿Sabes qué es la fluorosis dental y la exposición al flúor?

INSColombia • 408 vistas • Hace 1 año

Cuando te expones al flúor pueden existir efectos benéficos como la reducción de caries dental y negativos como la fluorosis dental o esquelética. Se puede presentar en personas de 6, 12, 15 o 18 a...



Y el video Fluorosis Dental invitada Sandra Misnaza Castrillón Odontóloga Salubrista. Link: <https://www.youtube.com/watch?v=C7WfrongWXM&list=LLPDOU8QmOapQ2y2ILCu6NoA4&index=84&t=0s>

Cada estudiante deberá sacar de los dos videos 5 conclusiones

ELABORAR DIAPOSITIVAS CON LA SIGUIENTE INFORMACIÓN PARA SOCIALIZAR CON LOS ESTUDIANTES

El Cuarto Estudio Nacional de Salud Bucal (ENSAB IV) realizado en el año 2014, dio a conocer el porcentaje de niños con Fluorosis dental en los diferentes departamentos de Colombia: el 8,43% menores de cinco años, el 62,15% menores de doce años y el 56,05% menores de 15 años. El régimen subsidiado presenta las prevalencias más altas. En las zonas urbanas el porcentaje de prevalencia es de 65,15% y en las zonas rurales de 71,99%. Esto indica que la población más afectada son los niños Colombianos de estratos 1 y 2 y de las zonas rurales que se encuentran entre los 6 y 15 años. La Fluorosis dental es una enfermedad que se desarrolla en los niños pero no en los adultos, debido a su ingesta excesiva entre la edad de 0 y 6 años donde se forma el diente (Agudelo, Martínez, Madrid, Vívares y Rocha, 2013)

En el mismo estudio se considera la Fluorosis como un problema de salud pública ya que la mayor fuente de Flúor es el agua y sal, seguido de las cremas dentales y los enjuagues bucales. Por esta razón a partir de este estudio, se dejó de aplicar el Flúor al agua potable y se empezó a suministrar únicamente en la sal (180-220ppm).

En relación con lo anterior, en el 2015 el Informe Quincenal Epidemiológico Nacional (IQEN) del Instituto Nacional de Salud concluyó que existen 27,8% entidades territoriales que presentan valores de flúor superiores a los permitidos en agua y 38,9% en sal; en departamentos como: Caldas, Casanare, Cesar, Guainía, Nariño Santander, Amazonas, Antioquia, Atlántico, Bolívar, Cundinamarca, Norte de Santander, Quindío, Boyacá, Huila, Tolima y Valle del Cauca. En los resultados de la investigación afirman que estas fuentes (agua, sal) *“podrían representar un riesgo para la intoxicación crónica por flúor y deben ser intervenidas para minimizar los riesgos en la población que las consume”*

Algunas investigaciones a nivel nacional, muestran altos índices de prevalencia de la fluorosis dental, por ejemplo en la zona rural de Minca- Magdalena fue del 57.14 % (Araujo, Martínez y Pastrana, 2013), así mismo en el Agrado (Huila) se halló una prevalencia de 44,3% (Camargo, López, Jiménez y Moncada, 2006).

Para el Huila con el plan de vigilancia centinela incorporado al Sistema de Vigilancia en Salud Pública SIGIVILA del país, se identificaron 13 municipios (Campoalegre, Rivera, Aipe, Algeciras, Neiva, Hobo, Pital, Gigante, Palermo, Garzón, Pitalito, San Agustín y la Plata) con contenidos de Flúor en las aguas de consumo (plantas de acueducto, quebradas, pozos y ríos) entre 0,5 ppm y 2,9 ppm (Niveles definidos por Dean). El municipio de Palermo presentó los valores más altos entre 2,0 ppm y 2,9ppm. Así mismo, un informe del Hospital San Francisco de Asís del centro poblado el Juncal- Palermo, reportó que hasta el 2015 el 90% de la población presenta lesiones de Fluorosis dental y el 16% presenta lesiones severas según los niveles definidos por índice de Dean.

Además se calculó el Estimado de la Ingesta Diaria de Flúor (EID) encontrando para el Huila un índice superior a 1,6, es decir muy alto de acuerdo con los parámetros de la OPS/OMS. En cuanto al consumo de Flúor en la sal los valores permitidos son hasta 220ppm y para el Municipio de Gigante se presentaron niveles de 255ppm. Hasta el año 2016, se reportaron para el Departamento del Huila 7.787 niños desde los 6 hasta los 18 años expuestos al Flúor, este resultado representa un riesgo leve y medio para la salud pública.

Los daños por exceso de flúor son bioacumulables, o sea, no puede ser destruido del cuerpo, sino que se aloja y difícilmente el afectado puede desintoxicarse. Una excesiva exposición a estas sustancias puede originar efectos graves en diferentes órganos como por ejemplo el sistema digestivo, corazón, pulmones, huesos, y aparato reproductivo. La sintomatología provocada dependerá del tiempo de exposición y del tipo de sustancia a la que se esté expuesta. Respecto de su incidencia con el medio ambiente, estos compuestos pueden provocar, a elevadas concentraciones, efectos de bioacumulación en el ambiente, generando daños en la fauna y flora del lugar. Son sustancias nocivas y acumulativas de los organismos acuáticos, bien por contaminación de las aguas superficiales o a través de la cadena alimenticia.

Preguntas orientadoras:

1. ¿Qué es la fluorosis dental?

2. ¿Cuáles son las causas de la fluorosis dental?

3. ¿Qué controversias o desacuerdos científicos, relacionados con la fluorosis dental se han dado?

4. Suponga que usted es invitado a un debate donde se discute la implementación de la fluoración del agua y la sal. Si se requiere su valoración profesional respecto a la temática, ¿cuál sería su declaración?

5. Basándose en la declaración anterior, ¿qué decisiones sería necesario asumir a nivel personal, laboral y familiar respecto a la situación anterior?

ACTIVIDAD 5: Juego de Roles

Teniendo en cuenta la información y discusiones realizadas en las clases. Cada estudiante deberá elegir un personaje que deberá representar y deberá responder la pregunta problematizadora del debate:

Un Cabildo indígena según el Ministerio de Interior de Colombia “es una entidad pública especial, cuyos integrantes son miembros de una comunidad indígena, elegidos y reconocidos por ésta, con una organización sociopolítica tradicional, cuya función es representar legalmente a la comunidad, ejercer la autoridad y realizar las actividades que le atribuyen las leyes, sus usos, costumbres y el reglamento interno de cada comunidad.” Sofía Camargo Restrepo en el año 2010 publicó un libro titulado Consecuencias del plan Colombia: El caso del agua en la comunidad Yanacona. En este libro Sofía expone que el Cabildo Yanacona concibe el agua desde dos papeles importantes. Uno es el uso cotidiano (hacer alimentos, asearse) y el otro es la presencia del agua dentro de su cosmovisión debido a su carácter espiritual (realización de rituales). Además ella explica que con el plan Colombia esta comunidad fue afectada por la fumigación con glifosato, la explotación minera y el relevo del agua a empresas multinacionales. Situaciones que han causado la contaminación de sus cultivos y el agua, y han reducido el control de las comunidades indígenas sobre el agua. En consecuencia el cabildo ha exigido al gobierno el suministro de agua potable, lo cual hasta el día de hoy ha sido incompleto.

Supongamos que el gobierno deseará implementar la fluoración del agua en la potabilización de la misma y el cabildo se opone a esta medida puesto que afectaría el recurso cambiando su naturaleza desde su cosmovisión

Pregunta problematizadora:



Si usted estuviera en alguna de estas posiciones sociales ¿Estaría de acuerdo con la fluoración del agua potable? ¿Por qué?

Representante Indígena, Alcalde(sa) , Odontólogo(a), Representante de OMS, Niño(a) indígena, Mujer indígena embarazada, Periodista, Empresario(a) de Flúor

Personaje que eligió para el debate: _____

¿Estaría de acuerdo con la fluoración del agua potable? ¿Por qué?

Conclusiones del debate:

SESIÓN 4: LA BIOQUÍMICA DE LA FLUOROSIS DENTAL

Descripción específica de cada actividad

ACTIVIDAD 1: ¿Cómo se forman mis dientes?

Información para la elaboración de las diapositivas de la socialización de la formación del diente (bioquímica)

Información Universidad Latina de América: Licenciatura en Odontología. 2015

Se proyectará Video: Desmineralización del diente. Link:
<https://www.youtube.com/watch?v=xt4i4y19220&list=LLPDOU8QmOapQ2y2ILCu6NoA&index=3&t=1s>



ACTIVIDAD 2: Nos preparamos para una entrevista

Preparación de las preguntas para la entrevista con el odontólogo invitado

1. Se deberá preparar un relato corto para contextualizar la pregunta
2. Las preguntas pueden ser abiertas o cerradas (preferiblemente abiertas)
3. Las preguntas pueden ser basadas en la experiencia del entrevistado o en conocimientos generales de su profesión
4. Las preguntas deben ser concretas y con un lenguaje fácil

Preguntas:

Preparación de la entrevista para el odontólogo invitado

1. Se escogerá a dos personas del grupo para que hagan la introducción de la entrevista (presenten el grupo en general, contextualicen al invitado y le cuenten el objetivo de la entrevista, además deberá pedir el consentimiento del entrevistado para grabar la entrevista y elaborar el protocolo)
2. Se escogerá un representante de cada grupo para que realice las preguntas elaboradas
3. Se escogerá una persona que será el moderador, dará la palabra y medirá el tiempo
4. Se escogerá una persona que grabe la entrevista
5. Se escogerá una persona que tome los apuntes más relevantes de la entrevista
6. Se escogerá una persona que lea las conclusiones finales y de las gracias al invitado

SESIÓN 5: ENTRE LÍNEAS Y ENTRELÍNEAS

ACTIVIDAD 1: Hablándole a un odontólogo

1. Se realizará la presentación a cargo de los dos estudiantes asignados
2. Se iniciarán con sesión de preguntas liderada por el moderador
3. Se realizará la retroalimentación de la entrevista
4. Se socializarán las conclusiones a cargo del estudiante asignado
5. Se dará las gracias al entrevistado

ACTIVIDAD 2: Situación Problematicadora "Suma Social"

"SUMA SOCIAL"

Sofía Castillo es una lideresa que promueve la potabilización del agua sin utilizar el Flúor y rechaza cualquier fuente de suministro de Flúor. Ella argumenta que el Flúor es tóxico en grandes cantidades y que Colombia no está preparada y tampoco tienen los recursos para controlar la cantidad de Flúor que consume una persona diariamente y por esta razón las personas podrían terminar con Fluorosis dental y en el peor de los casos con Fluorosis esquelética (caso que ya ha ocurrido en el Huila). Dice que es más fácil enseñarles a las personas cómo cuidar correctamente su boca para evitar la caries y así no tener que suministrar ni ingerir Flúor en ninguna presentación.

Explique la manera en que se podría justificar o refutar el argumento de Sofía

SESIÓN 6: REFLEXIONEMOS Y PENSEMOS EN NUESTRA COMUNIDAD

ACTIVIDAD 1: Argumento mi posición

Si tuvieras la mayoría de edad y tuvieras que votar por un candidato a la gobernación del Huila quien está a favor de la aplicación de Flúor en más de una fuente (agua, sal, leche, etc.) ¿Qué decisión tomarías? ¿Por qué?

Luego se delegaran funciones en el debate:

Moderador(a): Persona imparcial que da la palabra y toma los tiempos

Secretaría(o): Persona que toma nota de lo que sucede en el debate

Debatientes: Participantes del debate

Al finalizar se realizará la retroalimentación y el o la estudiante secretarí@ entregará la memoria de la actividad.

Conclusiones del debate:

SESIÓN 7: FORO "FLUOROSIS DENTAL EN EL HUILA"

ACTIVIDAD 1: Foro con comunidad

Para el foro los estudiantes deberán preparar a manera de ponencia. Organizando diapositivas y sustentación de la siguiente manera:

- **Portada:** Nombre del trabajo, nombre del estudiante, Institución Educativa, Año
- **Pregunta:** Deberá plantear la pregunta de su ponencia
- **Introducción:** Deberá hacer un breve recuento del tema que va a tratar
- **Desarrollo:** Deberá desenvolver la situación
- **Conclusiones:** Deberá hacer el cierre a manera de conclusión