



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

1 8 0 3

**Facultad de Educación**

**Desarrollo del Pensamiento Crítico mediante la Resolución de  
Problemas, desde el enfoque Ciencia, Tecnología, Sociedad y Medio  
Ambiente (CTSA), en el estudio de las ondas electromagnéticas (OEM)**

Trabajo de grado presentado para obtener el título de  
Licenciado en Matemáticas y Física  
Universidad de Antioquia, Medellín

Asesora:

Edilma Rentería Rodríguez

Juan Diego Vergara García, Beatriz Elena González González & Yorman

Uriel Cifuentes Berrío

Junio 2016



UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA  
1803

Facultad de Educación

ii

*A mi gran hermano y amigo, Jhon Sebastián Urán Villa,  
el cual ha sido y será mi modelo a seguir.*

*Juan Diego Vergara García*

*A mi familia por todo el apoyo y su voz de aliento en los  
momentos difíciles. Por siempre creer en mí.*

*Yorman Uriel Cifuentes Berrío*

UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

### **Agradecimientos**

La vida se encuentra plagada de retos. Uno de ellos es la universidad, pero siempre tendremos el apoyo de manos amigas que nos ayudarán a alcanzar las metas, por eso en esta oportunidad...

... Damos primeramente gracias a Dios por regalarnos el tiempo y las fuerzas para desarrollar este proyecto investigativo. A la profesora Edilma Rentería por su dedicación y orientación para desarrollar con éxito este trabajo. A la Institución Educativa El Bosque, a la profesora de Física Maryud Cardona y a los estudiantes del grado 11° del año 2015 por abrirnos las puertas y haber participado activamente en el desarrollo de esta investigación.

Igualmente, gratitud infinita a Sebastián Urán, quien contribuyó grandemente para los espacios de socializaciones de avances de la investigación. A América Cardona, quien nos nutrió con sus ideas y valiosos aportes.

Muchas gracias a todos aquellos que de una u otra manera hicieron posible el desarrollo de esta investigación.

UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3



## Resumen

El presente trabajo es el fruto de una investigación cualitativa encaminada a analizar la influencia de una estrategia didáctica basada en la Resolución de Problemas desde el enfoque Ciencia, Tecnología, Sociedad y Medio Ambiente, en el desarrollo del Pensamiento Crítico sobre Ondas electromagnéticas, en los estudiantes de undécimo grado de la Institución Educativa El Bosque. Para lograr el propósito se realizaron una serie de actividades de Resolución de Problemas enfocados desde los lineamientos Ciencia, Tecnología, Sociedad y Medio Ambiente. La información recogida en cada una de ellas se analizó a la luz de las categorías de análisis referidas en el diseño metodológico, logrando establecer, en cada uno de los casos, los niveles de Argumentación y Resolución de Problemas, los cuales son propios de una persona con un buen Pensamiento Crítico.

**Palabras claves:** Resolución de Problemas, CTSA, Ondas Electromagnéticas, Pensamiento Crítico, Argumentación.

UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

## Tabla de Contenidos

Resumen.....	iv
Introducción .....	xii
1. Objeto de estudio.....	13
1.1. Planteamiento del problema.....	13
1.2. Objetivos .....	16
1.2.1. General.....	16
1.2.2. Específicos.....	16
2. Marco teórico .....	17
2.1. Resolución de problemas .....	17
2.1.1. Aspectos históricos.....	17
2.1.2. ¿Qué se entiende por Problemas? .....	19
2.1.3. Tipos de Problemas.....	20
2.1.4. ¿Qué se entiende por Resolución de Problemas?.....	23
2.1.5. Modelos de Resolución de Problemas.....	24
2.1.6. Implicaciones didácticas de la Resolución de Problemas.....	28
2.1.7. Dificultades de la Resolución de Problemas como metodología de enseñanza.....	30
2.2. Ciencia, Tecnología, Sociedad y Medio Ambiente (CTSA).....	33
2.2.1. Procesos históricos.....	33
2.2.2. ¿Qué se entiende por CTSA? .....	34
2.2.3. Implementación en la educación.....	34

2.2.4. Implicaciones didácticas del enfoque CTSA. ....	36
2.2.5. Dificultades en la implementación del enfoque CTSA.....	37
2.2.6. Pensamiento Crítico y CTSA.....	38
2.2.7. ¿Qué se entiende por Pensamiento Crítico?.....	40
2.3. Ondas Electromagnéticas (OEM) .....	41
2.3.1. Campo electromagnético.....	41
2.3.2. Ondas Electromagnéticas (OEM). ....	43
2.3.3. Espectro Electromagnético.....	43
2.3.4. Dificultades en la enseñanza de las Ondas Electromagnéticas. ....	44
2.3.5. Ondas electromagnéticas y Ciencia, Tecnología, Sociedad y Medio Ambiente.....	45
3. Diseño metodológico .....	48
3.1. Fases de investigación.....	48
3.2. Paradigma de investigación.....	49
3.3. Método de estudio .....	51
3.4. Participantes .....	52
3.4.1. Descripción de la Institución.....	52
3.4.2. Descripción de los estudiantes. ....	52
3.4.3. Selección de los casos.....	53
3.5. Categorías de análisis .....	54
3.5.1. Categorías generales.....	54
3.6. Métodos de recolección de la información .....	60

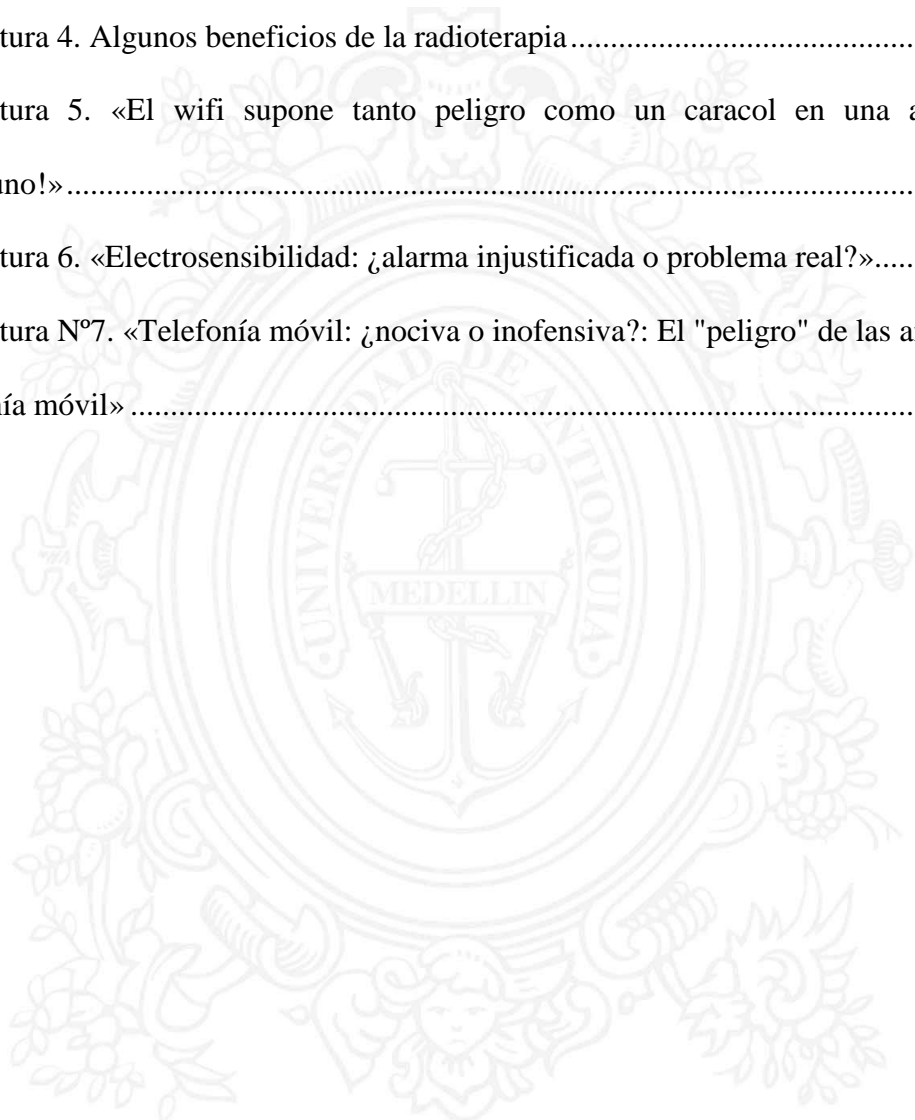
3.6.1. Observación.....	60
3.6.2. Entrevista.....	61
3.6.3. Bitácora de los estudiantes.....	61
3.6.4 Validación de instrumentos.....	62
3.7. Análisis de los datos.....	62
4. Estrategia didáctica.....	65
4.1. Naturaleza de la estrategia.....	65
4.1.1. Sobre los contenidos.....	65
4.1.2. Articulación de los aspectos conceptuales y procedimentales.....	66
4.1.3. Normas básicas del ambiente de trabajo.....	67
4.1.4. Ciclo procedimental.....	68
4.2. Actividades.....	70
4.2.1. Bloques de secuencia.....	70
4.2.2. Momento 0.....	71
4.2.3. Momento 1.....	71
4.2.4. Momento 2.....	74
4.2.5. Momento 3.....	75
4.2.6. Momento 4.....	78
4.2.7. Momento 5.....	79
4.2.8. Momento 6.....	81
4.2.9. Momento 7.....	82
4.2.10. Momento 8.....	85

5. Análisis de la información .....	87
5.1. Tobías .....	91
5.1.1. Situación Problema 1. ....	91
5.1.2. Situación Problema 2. ....	93
5.1.3. Situación Problema 3. ....	96
5.1.4. Situación Problema 4. ....	97
5.2. Caleb .....	101
5.2.1. Situación Problema 1. ....	101
5.2.2. Situación Problema 2. ....	103
5.2.3. Situación Problema 3. ....	106
5.2.4. Situación Problema 4. ....	109
5.3. Thea.....	112
5.3.1. Situación Problema 1. ....	112
5.3.2. Situación Problema 2. ....	115
5.3.3. Situación Problema 3. ....	118
5.3.4. Situación Problema 4. ....	120
Conclusiones .....	124
Referencias.....	126
Anexos.....	133
Lectura 1. Algunos efectos de la radioterapia.....	133
Lectura 2. Algunos beneficios de la radioterapia.....	136
Lectura 3. Rayos X y embarazo: lo que debes saber.....	138





Lectura 4. Algunos beneficios de la radioterapia.....	141
Lectura 5. «El wifi supone tanto peligro como un caracol en una autopista: ¡Ninguno!».....	143
Lectura 6. «Electrosensibilidad: ¿alarma injustificada o problema real?».....	146
Lectura N°7. «Telefonía móvil: ¿nociva o inofensiva?: El "peligro" de las antenas de telefonía móvil» .....	151



UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

## Lista de imágenes

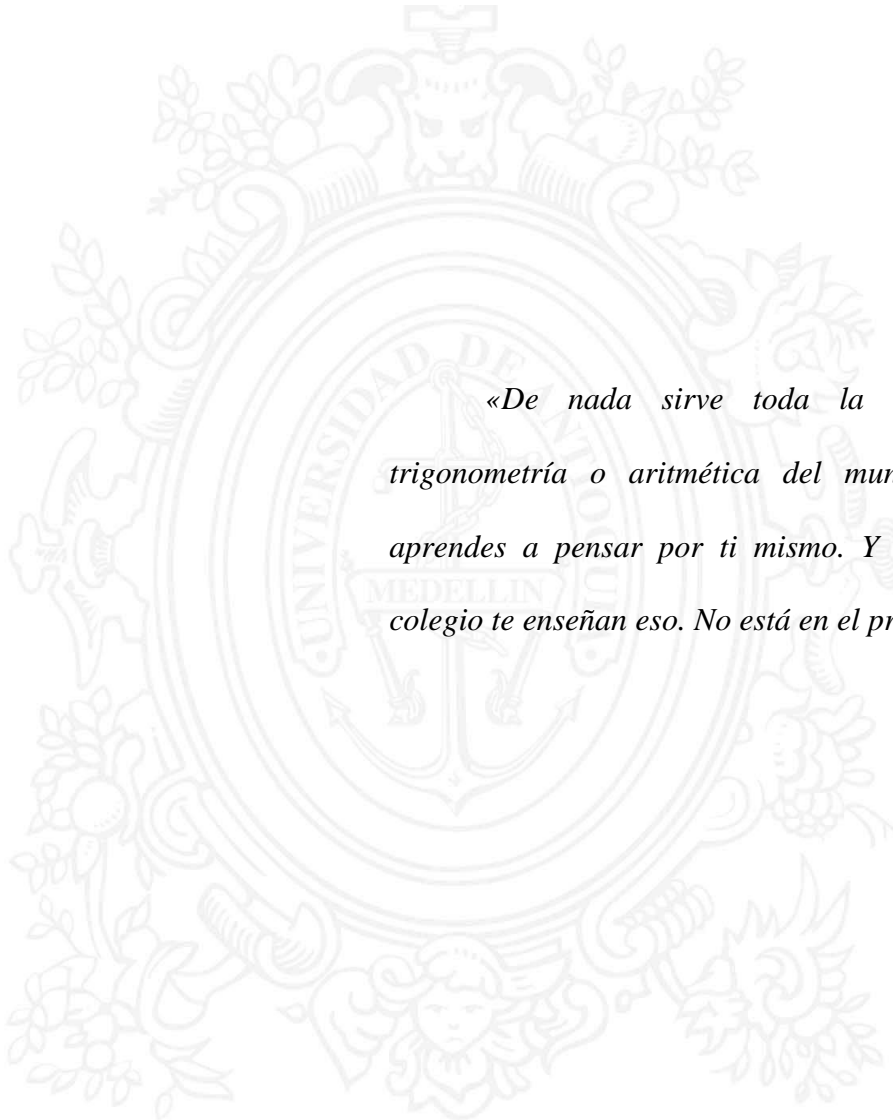
Imagen 1. Situación Problema 1.....	88
Imagen 2. Situación Problema 2.....	89
Imagen 3. Situación Problema 3.....	89
Imagen 4. Situación Problema 4.....	90
Imagen 5. Algunas respuestas de Tobías a la SP1.....	93
Imagen 6. Algunas respuestas de Tobías a la SP2.....	94
Imagen 7. Algunas respuestas de Tobías a la SP3.....	96
Imagen 8. Algunas respuestas de Tobías a las SP4.....	98
Imagen 9. Algunas respuestas de Caleb a la SP1.....	101
Imagen 10. Algunas respuestas de Caleb a la SP2.....	104
Imagen 11. Respuestas de Caleb a la SP3.....	107
Imagen 12. Algunas respuestas de Caleb a la SP4.....	110
Imagen 13. Algunas respuestas de Thea a la SP1.....	113
Imagen 14. Algunas respuestas de Thea a la SP2.....	116
Imagen 15. Algunas respuestas de Thea a la SP3.....	118
Imagen 16. Algunas respuestas de Thea a la SP4.....	121
Imagen 17. Certificado de Juan Diego Vergara García como ponente.....	159
Imagen 18. Certificado de Beatriz Elena González González como ponente.....	160
Imagen 19. Certificado de Yorman Uriel Cifuentes Berrío como ponente.....	160



UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA  
1803

Facultad de Educación

xi



*«De nada sirve toda la geometría,  
trigonometría o aritmética del mundo si no  
aprendes a pensar por ti mismo. Y en ningún  
colegio te enseñan eso. No está en el programa».\**

UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

\* Personaje protagónico del libro Marina, del escritor Carlos Ruiz Zafón.

## Introducción

El uso de las Ondas Electromagnéticas se ha diversificado y con ello la preocupación por las posibles afectaciones sobre la salud, razón por la cual es relevante la identificación y reflexión de problemáticas que se puedan presentar en relación con esta temática, con el objetivo de llegar a proponer y realizar actividades que faciliten el diálogo entre las ciencias y las preocupaciones antes mencionadas.

Tomando en cuenta lo anterior y sabiendo que la Organización de las Naciones Unidas (ONU) proclamó el año 2015 como el año internacional de la luz, el presente proyecto de investigación se desarrolla con el propósito de analizar la influencia de una estrategia didáctica basada en la Resolución de Problemas desde el enfoque Ciencia, Tecnología, Sociedad y Medio Ambiente, en el desarrollo del Pensamiento Crítico sobre Ondas electromagnéticas, en los estudiantes de undécimo grado de la Institución Educativa El Bosque.

UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

## 1. Objeto de estudio

### 1.1. Planteamiento del problema

Las dificultades en la enseñanza y el aprendizaje hacen parte del entorno educativo y la educación en ciencias no ha estado ajena de este tipo de situaciones. Así, han resultado abundantes investigaciones y debates en los que se discuten modelos, enfoques y/o estrategias para la enseñanza, al igual que la manera en la que los estudiantes aprenden.

Por lo tanto, las dificultades que se abordan en el desarrollo de este trabajo se direccionan desde tres aspectos: la *Resolución de Problemas* como metodología de enseñanza–aprendizaje, la enseñanza y aprendizaje de los fenómenos relacionados con *Ondas Electromagnéticas (OEM)* y la implementación del enfoque *Ciencia, Tecnología, Sociedad y Medio Ambiente (CTSA)*, para el desarrollo del Pensamiento Crítico de los estudiantes.

Actualmente, en los cursos dedicados a la enseñanza de las ciencias suele darse mayor relevancia a las actividades de tipo teórico, o en su defecto, simplemente importa el uso del algoritmo matemático. Esto puede ser debido a que los contenidos que se enseñan no son relacionados con el contexto social, tecnológico y ambiental, lo cual ocasiona que los estudiantes alcancen una visión parcial e incompleta de la ciencia y la tecnología, sin relación alguna con la sociedad y el medio ambiente (Ríos & Solbes, 2007).

Del mismo modo, el desarrollo de la práctica pedagógica deja entrever los procesos de enseñanza y aprendizaje que se llevan a cabo al interior del aula de clase, encontrando algunas dificultades en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias como la poca argumentación por parte de los estudiantes sobre las posibles relaciones entre los conocimientos aprendidos en clase y el contexto en el cual se desenvuelven. Esto es evidenciado cuando los estudiantes realizan preguntas en clase, las cuales se caracterizan por ser de tipos teóricas y no vinculadas con su realidad.

También, en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, particularmente en Física, se enfatiza en enseñar a resolver problemas tipo ejercicios de lápiz y papel (Becerra, Gras, & Martínez, 2004), los cuales son enunciados en los que la solución consiste en la implementación de un algoritmo o una ecuación de forma sistemática y mecánica hasta dar con una posible respuesta, pero no se hace necesario realizar durante su resolución un análisis previo ni reflexivo. Así mismo, los estudiantes terminan creyendo que la física es un cúmulo de fórmulas y reglas de cálculo; en otras palabras, se crean falsas imágenes de las teorías físicas (Galili, 1995; Guisasola, Montero & Fernández, 2008).

Por ejemplo, el estudio de las OEM se encuentra inmerso en el conocimiento físico, por lo tanto, a la hora de abordar esta temática se hacen presentes todas las problemáticas mencionadas anteriormente. Además, para Valle & Pesa (2011), el campo conceptual de las OEM, constituye un área de conocimientos básicos en la formación científica y tecnológica y su estudio suscita una gran complejidad y dificultad para el aprendizaje. Amén de ser un tema que promueve un gran debate social, debido a la creciente

preocupación que existe entre los ciudadanos por la exposición constante a fuentes de radiación electromagnética, como son los hornos microondas, las antenas y dispositivos de comunicación móvil (celular y comunicación inalámbrica), redes de wi-fi, entre otras. También, se hacen reflexiones sobre las repercusiones ambientales por el uso desmedido de artefactos que utilizan OEM en su funcionamiento, a nivel industrial (Valera & Fajardo 2001; Llanos 2004).

Por las razones descritas en los anteriores párrafos, este trabajo se pregunta ¿cuál es la influencia de una estrategia didáctica, basada en la resolución de problemas desde el enfoque Ciencia, Tecnología, Sociedad y Medio Ambiente, en el desarrollo del Pensamiento Crítico sobre Ondas electromagnéticas, en los estudiantes de undécimo grado de la Institución Educativa El Bosque?

## 1.2. Objetivos

**1.2.1. General.** Analizar la influencia de una estrategia didáctica, basada en la Resolución de Problemas desde el enfoque Ciencia, Tecnología, Sociedad y Medio Ambiente, en el desarrollo del Pensamiento Crítico sobre Ondas electromagnéticas, en los estudiantes de undécimo grado de la Institución Educativa El Bosque.

### 1.2.2. Específicos.

- Describir el nivel de Pensamiento Crítico de los estudiantes de undécimo grado de la I. E. El Bosque, frente a problemáticas tecnocientíficas relacionadas con OEM.
- Analizar el efecto que posee la Resolución de Problemas desde el enfoque CTSA en el desarrollo del Pensamiento Crítico.
- Proporcionar herramientas didácticas para el desarrollo del Pensamiento Crítico a través de la Resolución de Problemas, desde el enfoque CTSA.

UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3



## 2. Marco teórico

En este apartado, se presentan los aspectos que estructuran el marco teórico, los cuales orientan y sustentan este trabajo investigativo. A saber, se compone de tres grandes factores: Resolución de Problemas, CTSA y Ondas Electromagnéticas.

Dentro de *Resolución de Problemas (RP)* se abordan algunos elementos históricos, algunas concepciones sobre lo que se entiende por *problema* y por *Resolución de Problemas*, así como sus implicaciones didácticas y las dificultades en relación a la RP como metodología de enseñanza – aprendizaje.

Dentro de *CTSA* se presentan algunos elementos históricos, algunas concepciones sobre CTSA, sus implicaciones didácticas y las dificultades que se presentan en su implementación en el aula. Además, se define *Pensamiento Crítico* y se establecen relaciones entre CTSA y Pensamiento Crítico.

Dentro de *Ondas Electromagnéticas* se realiza un acercamiento histórico sobre el su desarrollo conceptual, sus dificultades en la enseñanza y su relación con CTSA

### 2.1. Resolución de problemas

**2.1.1. Aspectos históricos.** Las investigaciones sobre Resolución de Problemas tienen lugar en los inicios del siglo XX. Durante esta época el proceso de Resolución de Problemas, según Driver (1982), se fundamentaba en la implementación de una serie de

pasos de forma sistemática que conducían a la solución, debido al carácter conductista predominante en la época, en lo que a la enseñanza se refiere; lo importante dentro de esta metodología era encontrar una respuesta rápida y acertada a una problemática.

En este sentido, uno de los mecanismos o procedimientos más importantes y de trascendencia, aún en épocas actuales, es el planteado por Polya (1945), el cual puede describirse como un modelo empírico y general para abordar cualquier problema de carácter matemático. Dicho método está estructurado en cuatro etapas: a) comprensión del problema; b) elaboración de un plan; c) puesta en marcha del plan; d) reflexión para evaluar si se ha alcanzado o no la meta perseguida, lo cual permite valorar si el procedimiento adoptado ha sido el más adecuado (Ceberio, Guisasola & Almudí, 2008). Este método, ha sido acogido en diversas disciplinas debido a las generalidades que presenta a la hora de resolver un problema.

Recientemente, las investigaciones sobre Resolución de Problemas, en su mayoría, se orientan desde el campo sociológico de la cognición, en aspectos como el procesamiento de información o el aprendizaje bajo una visión constructivista; esta perspectiva surgió en los sesenta como respuesta a la crisis del conductismo (Pozo, Domínguez, Gómez & Póstigo, 1998).

De esta manera, la Resolución de Problemas desde una perspectiva constructivista, puede ser entendida como el proceso mediante el cual el estudiante construye activamente su conocimiento, debido a que al estar en constante movimiento y cambio, va incorporando

y asimilando, mediante métodos de estudio teórico-prácticos, que él es un actor responsable, consciente y activo de su propio aprendizaje (Santillán, 2006). Adicional a esto, Barrel (1999) plantea que el alumno en su desarrollo formativo se involucra totalmente, y el resultado de esta implicación son los conocimientos y contenidos que él mismo ha podido construir, con una orientación y supervisión del docente.

**2.1.2. ¿Qué se entiende por Problemas?** Para dar respuesta a esta pregunta, hay que empezar haciendo la aclaración de que no existe un acuerdo sobre su definición, sino que diversos autores plantean y exponen sus apreciaciones, de acuerdo a sus corrientes ideológicas y al contexto de una determinada época. A continuación, se describen algunas consideraciones sobre lo que se entiende por problema, desde la perspectiva de diferentes autores.

En este sentido, Polya (1965), sostiene que un problema implica la búsqueda de una acción consciente y adecuada para la consecución de un objetivo, el cual está claramente definido, pero no posee una forma inmediata para ser realizado.

Del mismo modo, Parra (1990), sostiene que un problema adquiere tal connotación cuando el individuo que lo afronta, posee los mecanismos, medios e información necesarios para su descripción y comprensión, pero no dispone de un engranaje o sistema establecido para dar solución a dicha problemática de forma inmediata.

Igualmente, para Gaulin (2001), un problema, puede ser entendido como aquella situación en la cual se requiere de investigación, búsqueda y reflexión, además, de plantear

un camino a seguir, el cual no necesariamente proporcionará una respuesta de forma inmediata.

Así mismo, desde la perspectiva de la psicología cognitiva y partiendo de los aportes hechos por Newell & Simon (1972), se plantea que un problema es una divergencia entre una etapa inicial y una etapa final, la cual se constituye en el objetivo a alcanzar (Coronel & Curotto, 2008).

Por otra parte, puede considerarse que dentro de la enseñanza de las ciencias, los problemas juegan y han jugado un papel importante, desde una perspectiva de comprobación de situaciones propias de la Física, las Matemáticas, la Química, entre otras. En el mismo sentido, las actividades problemas que se consideran como novedosas, subyacen de investigaciones y trabajos que se han desarrollado en los últimos años, las cuales tienen como objetivo que el estudiante adquiera habilidades y destrezas propias de las ciencias, haciendo necesaria una educación científica de carácter recreativa, la cual implemente problemas cotidianos y cercanos al estudiante, para contribuir a su aprendizaje (Coronel & Curotto, 2008).

Finalmente, en este trabajo un problema puede ser entendido como «...cualquier situación prevista o espontánea que produce, por un lado, un cierto grado de incertidumbre y, por el otro, una conducta tendente a la búsqueda de su solución» (Perales, 1993, p.170).

**2.1.3. Tipos de Problemas.** Al igual que la definición sobre problema, en cuanto a la clasificación de éstos, no existe una única manera de hacerlo, sino que sólo se presentan

aportes de diversos autores, cada uno desde sus diferentes perspectivas, posturas, concepciones de las ciencias, entre otros factores. Algunas contribuciones son las siguientes:

De acuerdo con Perales (1993), los problemas pueden clasificarse según el campo de conocimiento implicado, tipo de tarea y naturaleza del enunciado y características del proceso de resolución.

***Campo de conocimiento implicado.*** Esta esquematización contempla los *problemas científicos*, los cuales se caracterizan por darle mayor importancia al proceso para obtener la solución del problema que a la respuesta obtenida, y los *problemas cotidianos*, en los que ocurre lo contrario.

***Tipo de tarea: cualitativa-cuantitativa.*** Dentro de esta clasificación se entiende por *problemas cualitativo* a aquella situación para la cual no se requiere acudir a una conclusión numérica, estando así su solución determinada por características verbales o escritas, las cuales buscan una descripción e interpretación de la problemática; éstos son denominados comúnmente como *cuestiones*.

Además, comprende los *problemas cuantitativos*, o simplemente *problemas*, como situaciones en las cuales existe una obligación de cálculos matemáticos, a partir de los datos e información deducida del enunciado.

***Naturaleza del enunciado y características del proceso de resolución: problemas cerrados y problemas abiertos.*** Los *problemas cerrados* son entendidos como tareas o problemáticas cuya solución está determinada por la identificación de la información suministrada y la aplicación de ésta en un algoritmo establecido, siendo su principal característica que posee respuesta única. Por su parte, los *problemas abiertos*, implican etapas de procesos de pensamiento por parte del solucionador, debido a que no son reducibles a un simple algoritmo.

Por otro lado, Frazer (1982) afirma que se presentan dos tipos de problemas: los problemas reales y los problemas artificiales, los cuales define de la siguiente manera.

***Problemas Reales.*** Son entendidos como aquellas problemáticas para las cuales no se les conoce una solución inmediata, o simplemente, pueden no tenerla.

***Problemas Artificiales.*** Son situaciones en las cuales se conoce previamente su solución, por parte de quien plantea el problema, y son diseñados con una intención pedagógica.

A partir de lo anterior, se puede llegar a pensar que los problemas reales no deben ser estrictamente de una ciencia, sino que pueden abordar conocimientos enmarcados en diversas disciplinas, haciendo alusión a una perspectiva interdisciplinaria en el proceso de enseñanza (Margie & Cáceres, 1998).

De acuerdo a estas clasificaciones, este trabajo aborda situaciones problemas reales, abiertos y cualitativos, debido a que éstos contribuyen ampliamente al propósito de esta investigación.

**2.1.4. ¿Qué se entiende por Resolución de Problemas?** Las investigaciones que se realizan actualmente en relación con la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, están orientadas, en su mayoría, en el abordaje de problemáticas referentes a la Resolución de Problemas. Esta metodología surge a partir de la consideración del aprendizaje como una construcción social, en la cual la enseñanza tiene como propósito hacer énfasis en actividades y situaciones problemáticas, para cuyo abordaje y solución, se haga necesario el análisis, la elaboración de hipótesis, la reflexión, la argumentación, la confrontación y la comunicación de ideas (Coronel & Curotto, 2008).

Sin embargo, existen diferentes concepciones sobre la Resolución de Problemas. Por ejemplo, para Kempa (1986) plantea que la Resolución de Problemas está determinado por un proceso mediante el cual se almacena, analiza y construye información en el cerebro de quien resuelve la situación; para dicho proceso se hace necesario el uso de la capacidad de memorización, además implica la aplicación y selección de los mecanismos que permitan la resolución del problema, a partir de una adecuada comprensión del mismo.

Para otros autores como Garret (1988), quien considera que enfrentarse a un problema requiere de un proceso de pensamiento creativo, es más apropiado hacer alusión al término enfrentar que solucionar, mientras que Frazer (1982) asocia la Resolución de

Problemas con el uso de conocimientos, técnicas y habilidades propias de una determinada disciplina.

Así, la Resolución de Problemas podría entenderse como el proceso mediante el cual se logra la descripción y comprensión del problema, que en un inicio se muestra como desconocido y que para su solución se requiere de conocimientos, procedimientos y estrategias que posee quien se enfrenta a dicha problemática (Gagné, 1971).

**2.1.5. Modelos de Resolución de Problemas.** Para resolver problemas, diversos autores han planteado diferentes métodos, los cuales pretenden ser estrategias que presuntamente, les permitirán a quienes se enfrenten a un problema resolverlo con un mayor acierto. En los siguientes apartados se realiza la descripción de la clasificación realizada por Ceberio, Guisasola & Almudí (2008). A dicha clasificación, se le introduce el modelo heurístico de Resolución de Problemas, el cual no está incluido dentro de esta clasificación pero tiene gran relevancia y aplicación.

Ceberio, Guisasola & Almudí (2008) identifican tres orientaciones en relación a la Resolución de Problemas en el ámbito de la enseñanza-aprendizaje, los cuales se describen con mayor detalle a continuación.

***Modelos Algorítmicos de Resolución de Problemas.*** Estos modelos buscan transformar cualquier problema en situaciones estándar, cuya solución está determinada por operaciones sistemáticas y cotidianas; es decir, se busca abordar los problemas convirtiéndolos en ejercicios; desde el punto de vista de la enseñanza, el estudiante aprende



a resolver problemas análogos a los estándar, haciendo uso de la capacidad memorística para traer la información y aplicarla al ejercicio que enfrenta (Ceberio, Guisasola & Almodí, 2008).

La implementación de este modelo, además, promueve el trabajo de forma operativa y sistemática, a partir de la información suministrada por el enunciado de las situaciones problema; esto obstaculiza el análisis y la reflexión cualitativa por parte del resolutor, quien al no reconocer y describir adecuadamente la problemática, opta por abandonarlo (Gil, Martínez & Senent, 1988). Adicionalmente, el tratamiento mecánico y sistemático de los problemas, imposibilita que se desarrolle la creatividad (Garrett, 1988); en este sentido, se da mayor trascendencia a aprender cómo resolver problemas, que a la Resolución de Problemas como proceso posibilitador del aprendizaje (Ceberio, Guisasola & Almodí, 2008).

***Modelo de Resolución de Problemas por Comparación entre Expertos y Novatos.***

Este método parte de estudios que plantean que existen sujetos buenos y malos resolviendo problemas, y que a partir de acciones de carácter comparativo se puede contribuir a que los novatos se hagan más expertos y mejoren sus capacidades para resolver problemas (Ceberio, Guisasola & Almodí, 2008). Aunque muchas investigaciones tienen posturas diferentes frente al carácter metodológico de este tipo de estudios se pueden plantear algunos supuestos estándar de éste (Pozo et al., 1998).

Se asume que la pericia implica la implementación de los recursos cognitivos en la resolución de un problema en una determinada área (Hegarty, 1991). El desarrollo de las habilidades en Resolución de Problemas deben estar orientadas por presupuestos conceptuales, que les proporcione sentido (Glaser, 1992). La diferencia más relevante entre expertos y novatos es la mayor asimilación de conocimiento por parte del experto y al cual puede acceder en el momento que lo necesite (López, 1991).

Este modelo hace énfasis en que el fracaso escolar en Resolución de Problemas se debe a la falta de conocimientos sobre la materia específica y a la mala estructuración que el estudiante hace del problema de forma mental (Kempa, 1986). Lo cual lleva a sostener que los expertos poseen conocimientos, destrezas habilidades y procedimientos de los cuales carecen los novatos y que se les deben transmitir. (Hegarty, 1991).

#### ***Resolución de Problemas Basada en el Desarrollo de Investigaciones Guiadas.***

Esta propuesta tiene sus inicios en la Facultad de Medicina de la Universidad de McMaster, en Canadá, en los 60, y en los 70 y 80 se amplió hacia otras áreas (Boud & Felletti, 1991). Está basada en un enfoque socio-constructivista, el cual da importancia a los saberes previos y se desarrolla desde experiencias cercanas y reales (Savery & Duffy, 1995). Desde esta perspectiva, se plantea que el conflicto cognitivo parte del estímulo que genera la interacción con el medio o contexto social en el cual se desenvuelve el individuo (Ceberio, Guisasola & Almudí, 2008).

Dentro de la implementación de este modelo socio-constructivista en el aula, se hace uso de problemas para estructurar el aprendizaje, dichos problemas poseen las siguientes características: 1) la situación de partida no brinda todas las condiciones e información que se requiere para encontrar una solución, 2) no existe un único procedimiento o método para cumplir con el objetivo o tarea, 3) en la medida en que se recolecta información cambia la dirección de la situación problema, 4) quien se enfrenta al problema no está seguro de que el camino o método seleccionado le proporcionará la solución del mismo. (Arambula, 1996).

Según Gil & Martínez (1983), la Resolución de Problemas como desarrollo de investigaciones guiadas, es una propuesta que realiza una crítica a cómo se resuelven los problemas habitualmente en el aula de clase. Inicialmente, se plantea aquello que se entiende como problema, para luego dar como aproximación una actividad la cual es desconocida y para la cual no se conoce su solución de forma inmediata y evidente.

Por otra parte, es importante recordar que dentro de esta clasificación no se encuentra el modelo de Resolución de Problemas mediante estrategias heurísticas, por lo cual, a continuación se realiza una descripción sobre éste, el cual puede ser bondadoso como estrategia para dar solución a una determinada problemática.

***Modelo de enseñanza de estrategias heurísticas.*** Las estrategias heurísticas de Resolución de Problemas pueden considerarse como mecanismos generales de resolución,

en las cuales no se tiene la certeza de hallar una respuesta, pero se genera un alto porcentaje de obtenerla (De Corte, 1993).

Algunos ejemplos de procesos heurísticos, es el trabajo de forma inversa, es decir, ir hacia atrás para determinar algunas características relevantes de la problemática, el trabajo y abordaje de casos límites, la implementación de la comparación con otros problemas estándar o ya resueltos, la estructuración del problema en otros más sencillos, generalizar los resultados obtenidos, entre otros procesos (Barroso & Rodríguez, 2007).

Estas estrategias tienen por objetivo enseñar a quien se enfrenta a un problema mecanismos acertados de resolución; las estructuras de carácter heurístico se han concebido como los referentes por excelencia como requerimiento para abordar cualquier problemática. Estas estrategias se inscriben en las etapas de Resolución de Problemas, planteadas por polya en 1945, como modo general de desarrollo y a aproximación a cualquier situación problema (Perales, 1998).

Así, ante este panorama, este trabajo se enmarca bajo el modelo de Resolución de Problemas basado en el desarrollo de investigaciones guiadas, debido a que brinda elementos importantes para el desarrollo de la Argumentación y el Pensamiento Crítico, que es el propósito de este trabajo investigativo.

**2.1.6. Implicaciones didácticas de la Resolución de Problemas.** La Resolución de Problemas puede considerarse como un modelo didáctico en el que se puede aplicar una metodología científica para resolver situaciones problema, que implique construir

hipótesis, diseñar experimentos, ejecutarlos y analizar sus resultados (García & Rentería 2013).

Así mismo, la aplicación de problemas cualitativos dentro del aula, contribuyen al mejoramiento de la comprensión conceptual, además ayuda a que no se busque información irrelevante y se realicen operaciones con variables que no hacen parte de los contenidos teóricos que están vinculados con la problemática (García, 2003). En este sentido, se facilita el análisis, la descripción y la representación, que posibilitan la identificación y relación de los conceptos relevantes que son esenciales para el proceso de resolución. Adicionalmente, se generan espacios de aprendizaje autónomos al realizar procesos como la correspondencia entre las estructuras matemáticas o ecuaciones y el esquema físico del fenómeno (García & Rentería, 2013).

Una de las características más relevantes de la Resolución de Problemas, es que posibilita el análisis y la reflexión sobre el desempeño y proceso que ha llevado a cabo el resolutor de un determinado problema, esto a partir de un proceso de observación derivado de las etapas y procesos que se han desarrollado para una posible resolución (Navarro, Ossa, & guerrero, 2006).

Del mismo modo, Piaget & Inhelder (1981) argumentan que, las situaciones problema dejan ver las habilidades y destrezas que el individuo posee a la hora de enfrentarse a un problema; además permite realizar una valoración y análisis de los errores

cometidos durante el proceso de resolución, siendo estos elementos importantes dentro del proceso de aprendizaje.

**2.1.7. Dificultades de la Resolución de Problemas como metodología de enseñanza.** Dentro del contexto de la educación se pueden evidenciar algunas dificultades en relación a la Resolución de Problemas como metodología de enseñanza; dichas dificultades suelen ser muy comunes y están fuertemente arraigadas dentro de las aulas de clase, ocasionando así que la enseñanza de las ciencias se realice desde un enfoque tradicional y memorístico de los contenidos. Bajo esta perspectiva se puede hacer alusión a algunas falencias o conflictos dentro del ámbito escolar; dichas dificultades se desarrollan a continuación.

En la enseñanza de las ciencias suele confundirse la Resolución de Problemas con la solución de ejercicios; la complejidad de los problemas, se plantea desde, el aumento de variables, implementación de algoritmos poco comunes o la resolución de ecuaciones que implica la combinación de varias operaciones (suma, multiplicación, derivación, etc.). Coronel & Curotto (2008), señalan que dentro de las aulas de clase, la Resolución de Problemas se entiende sólo como un medio de comprobación, por lo cual se termina entendiendo el problema como la verificación de un determinado contenido o teoría, a partir de la identificación del algoritmo y su aplicación de forma repetitiva y sucesiva, lo que desemboca en la automatización del estudiante, promovida por el desarrollo de ejercicios estándar o problemas-tipo.

En la educación escolar, la Resolución de Problemas, está determinada por la adquisición de técnicas a partir de la repetición, que concluyen con la sistematización y mecanización de los contenidos que se pretenden enseñar; desde esta perspectiva, los estudiantes centran su atención en la identificación de los algoritmos que les permitan hallar una respuesta cuantitativa, basada en la estandarización de los problemas. Esto va en contra del desarrollo de habilidades y actitudes autónomas para el aprendizaje, mientras que el docente solo ve la solución de un problema, en este caso ejercicio, desde su lógica y concepción, cohibiendo e imposibilitando que el estudiante adopte otras estrategias de solución; el docente opta por problemas de carácter cuantitativo, los cuales permiten una resolución con menor grado de dificultad y unanimidad y precisión en las respuestas. En esta perspectiva, la Resolución de Problemas queda limitada en dar respuesta o en encontrar un resultado, desaprovechando las ventajas didácticas y de aprendizaje de conceptos desde ésta metodología científica (Coronel & Curotto, 2008).

En relación al modelo docente en la Resolución de Problemas, se opta por un aprendizaje por transmisión-recepción, por problemas (ejercicios) que el profesor saca de libros que desconoce el estudiante y de poco interés y motivación para éste (Coronel & Curotto, 2008). Así, los métodos de estudio que emplean los estudiantes no permiten la integración y comprensión de los conceptos, debido a que se busca el aprendizaje mediante la memorización y la mecanización de algoritmos. (Lin, Chen & Lawrenz, 2000).

En consecuencia, las problemáticas presentadas a los estudiantes, están fuertemente direccionadas por concepciones conductistas, basadas en la implementación de etapas y

pasos de forma rigurosa y sistemática, lo que impide que el estudiante revise su proceso de solución, tome decisiones, sea reflexivo, plantee hipótesis, entre otros; todo esto conduciendo a la mecanización sin grandes contribuciones de aprendizaje (Ramírez, Gil & Martínez, 1994).

El abordaje de la Resolución de Problemas desde una didáctica tradicional, en la cual se plantean situaciones con exceso de operaciones y poco motivadoras, conducen a que los estudiantes consoliden sus preconceptos imposibilitando la reflexión y el análisis (Gil, Martínez & Senent, 1988). Adicionalmente, en dicha metodología didáctica, se privilegia la certeza y la reproducción, resiguiendo las soluciones alternativas y los cuestionamientos, todo esto a partir de un aislamiento disciplinar (García & Rentería, 2013).

Para perales (1993) en el campo de la enseñanza, en relación a la Resolución de Problemas, además de las dificultades propias de la disciplina, en procesos operacionales también se presentan:

«Deficiencias en la capacidad de razonamiento formal, en relación a cómo el estudiante percibe la realidad. Incapacidad o actitud negativa para construir una representación física apropiada dado un problema en forma escrita. La creencia errónea de que para cualquier problema existe una fórmula o procedimiento donde introducir números. La ansiedad sobre los problemas cuantitativos debido a dificultades pasadas con problemas de este tipo»  
(p.174.)



## 2.2. Ciencia, Tecnología, Sociedad y Medio Ambiente (CTSA)

**2.2.1. Procesos históricos.** Los orígenes de los estudios sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) se remontan al final de la Segunda Guerra Mundial (1939-1945) y principios de la Guerra Fría, cuando el papel de la ciencia tuvo un crecimiento considerable en los Estados Unidos, especialmente con el Proyecto Manhattan y la construcción de bombas atómicas. En esta época las investigaciones en áreas como la Física fueron financiadas por el Estado, con el objetivo de desarrollar tecnologías militares que respondieran al contexto del momento (Cutcliffe, 2003). Además, la imagen de la ciencia fue asumida como la «*cumbre de la razón*», debido a que se exaltaba y priorizaba el conocimiento científico sobre otros conocimientos.

Sin embargo, a mediados del siglo XX, surgen los estudios sobre CTS en los Estados Unidos, en los cuales se cuestionan las concepciones positivistas de la ciencia y la tecnología, planteando una visión social de las mismas, desde aspectos políticos. Esta nueva concepción se originó como respuesta a la guerra de Vietnam, a la crisis ecológica derivada del desarrollo industrial y a la desigualdad de clases, cuestiones que pueden tener solución a partir de los avances científicos y tecnológicos. Desde esta nueva perspectiva, se da cabida a la consolidación de disciplinas como la Historia, la Antropología y la Sociología. Así mismo, como lo señala Cutcliffe (2013), las temáticas tecno-científicas comenzaron a ser objeto de investigación, desde sus implicaciones contextuales y a ser asumidas como complejas construcciones culturales y sociales.

**2.2.2. ¿Qué se entiende por CTSA?** El enfoque Ciencia, Tecnología, Sociedad y Medio Ambiente (CTSA), es un paradigma alternativo, que posibilita el estudio contextualizado de los fenómenos tecno-científicos; autores como González, López, Luján, Martín & Osorio (1996), afirman que la concepción CTSA, puede ser definida como un espacio de trabajo académico, que tiene por objeto de investigación a la ciencia y a la tecnología y sus repercusiones sociales y ambientales.

**2.2.3. Implementación en la educación.** La educación con el enfoque CTSA comienza a establecerse como una alternativa al modelo de enseñanza de las ciencias de mediados del siglo XX, el cual estaba centrado en contenidos reduccionistas, técnicos y universales; de allí que, como lo sostiene Martínez & Rojas (2006), ésta tuviese presente diversas variables, las cuales facilitan la reconstrucción del conocimiento.

Desde sus inicios, el enfoque CTSA ha incursionado en la educación, a partir de la preocupación por alfabetizar científica y tecnológicamente a los ciudadanos, con el fin de que construyan conocimientos y valores que potencialicen su participación ciudadana (Martínez & Rojas, 2006), debido a que para poder participar activamente es necesario el manejo de competencias ciudadanas y saberes científicos y tecnológicos (Muñoz, 2014).

El propósito curricular del enfoque CTSA, ha sido pensado desde varios fines: la formación del individuo en relación a aspectos sociales y ambientales, la creación ambientes de reflexión y análisis para la toma de decisiones a partir de los contenidos impartidos en la escuela, teniendo presente los aspectos tecnológicos y científicos

involucrados en dichas temáticas enseñadas, y sus repercusiones a nivel social, posibilitando la participación ciudadana activa y autónoma.

Así, los principales objetivos del enfoque CTSA, según la Organización de Estados Iberoamericanos (OEI, 2001) son:

« Promover la alfabetización científica, mostrando la ciencia como una actividad humana de gran importancia social. Forma parte de la cultura general en las sociedades democráticas modernas.

Estimular o consolidar en los jóvenes la vocación por el estudio de las ciencias y la tecnología, a la vez que la independencia de juicio y un sentido de la responsabilidad crítica.

Favorecer el desarrollo y consolidación de actitudes y prácticas democráticas en cuestiones de importancia social relacionadas con la innovación tecnológica o la intervención ambiental.

Propiciar el compromiso respecto a la integración social de las mujeres y minorías, así como el estímulo para un desarrollo socioeconómico respetuoso con el medio ambiente y equitativo con relación a generaciones futuras.

Contribuir a salvar el creciente abismo entre la cultura humanista y la cultura científico-tecnológica que fractura nuestras sociedades» (párr. 6-10).

De lo anterior, se puede deducir que la formación de los estudiantes busca configurar ciudadanos activos y participativos dentro de la sociedad, lo cual, en palabras de Catebiel & Corchuelo (2005), convoca a los estudiantes a la investigación e indagación, sobre temáticas científicas y tecnológicas, que les permitan tomar posturas reflexivas, analíticas y críticas, en la construcción de valores individuales y colectivos para tomar decisiones.

Por lo tanto, el enfoque CTSA surge como una alternativa novedosa, diferente y posibilitadora dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje las ciencias, de construcción de estrategias motivadoras y significativas para el estudiante, dejando de lado modelos sistemáticos y memorísticos para abordar temáticas relacionadas con contenidos científicos.

**2.2.4. Implicaciones didácticas del enfoque CTSA.** En didáctica, según lo expone Acevedo (2009), la perspectiva CTSA permite trascender los contenidos meramente académicos sobre ciencia y tecnología, creando la necesidad de reflexionar sobre las repercusiones sociales derivadas de dichas temáticas, posibilitando así la formación del estudiante en la construcción de valores, conductas y actitudes, para posteriormente tomar decisiones basadas en argumentos y fundamentos propios que le permitirán actuar de forma responsable.

En este sentido, Acevedo (2009) señala que el enfoque CTSA desarrolla en el docente una perspectiva amplia de los contenidos científicos, a partir de la reflexión de

éstos y sus implicaciones sociales. Amén, de crear en el docente la necesidad indagar las ciencias desde concepciones históricas y filosóficas que le permiten un reconocimiento del contexto en el cual se enseñan los conocimientos científicos.

**2.2.5. Dificultades en la implementación del enfoque CTSA.** Hasta ahora se han señalado las bondades que permite la implementación del enfoque CTSA, sin embargo, existen algunas dificultades a la hora de implementarlo.

Uno de los obstáculos presentado con mayor frecuencia, según lo constata Martín & López (1998), es la falta de estructuración de los contenidos a enseñar. Debido a su carácter social, y que prioriza la reflexión y el análisis por encima de lo disciplinar, este enfoque presenta resistencia en el ámbito educativo, el cual privilegia el campo disciplinar y académico como aspectos determinantes en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Por tanto, en la estructuración de los currículos educativos, no se tiene presente el enfoque CTSA.

En este sentido, se considera primordial concebir la ciencia como una construcción social, o en palabras de Martín (2002), como un proceso que involucra factores políticos, económicos y sociales en un determinado espacio y en un determinado tiempo, y que tiene gran influencia sobre la estructuración y evolución social.

De forma general, se puede plantear que el objetivo del enfoque CTSA es promover la alfabetización científico-tecnológica de todos los individuos, para que sean

participativos activamente de procesos democráticos, de toma de decisiones, encaminadas a la Resolución de Problemas, a partir de una formación en actitudes y valores.

**2.2.6. Pensamiento Crítico y CTSA.** En la actualidad, uno de los retos de la educación es contribuir a desarrollar el Pensamiento Crítico en los estudiantes (Jiménez, 2010; Solbes, Ruiz, & Furió, 2010), procurando que logren adquirir una autonomía intelectual (Jones & Idol, 1990), debido a que muchas de las problemáticas a las que se ve enfrentada la sociedad requieren de que los ciudadanos elaboren argumentos que sean sometidos a análisis, para así poder tomar una decisión bien fundamentada (Solbes, Ruiz, & Furió, 2010). No obstante, es de suma importancia aclarar que aunque la adquisición de conocimientos es esencial para el desarrollo del pensamiento, no es lo único necesario para el desarrollo del Pensamiento Crítico. (Nickerson, 1989).

Igualmente, parece importante que niños y adolescentes tomen conciencia de la riqueza de las implicaciones e impactos que tiene las ciencias en la vida cotidiana, lo cual posibilita una mayor comprensión de las problemáticas relacionadas con asuntos tecnocientíficos. Esta conciencia puede ser adquirida en las clases de ciencias, debido a que, según Macedo & Nieva (1997), la enseñanza y aprendizaje de las ciencias favorece en niños y jóvenes el desarrollo de sus capacidades de observación, análisis, razonamiento, comunicación y abstracción; permite que piensen y elaboren su pensamiento de manera autónoma.

Así mismo, es preciso que la aplicación de los conceptos y las actividades del aula estén formuladas en contextos cercanos a la realidad de los estudiantes. Además, es fundamental recordar que Martín (2002) sostiene, que se logra un mayor interés por parte de los estudiantes hacia la temática, debido a que ven que el aprendizaje en la escuela encierra una utilidad para ellos, que les permite comprender mejor el mundo que los rodea y facilita expresar opiniones y tomar decisiones sobre cuestiones diversas.

En relación con lo anterior, Arango, Henao, & Romero (2012) consideran que diseñar espacios argumentativos implica la participación activa de los estudiantes, debido a que es necesario tomar posturas y compartir puntos de vista, defenderlos, someterlos a juicio, cuestionarlos, revisarlos y, si es necesario, cambiarlos. En otras palabras, constituyen una posibilidad de formación para la flexibilidad intelectual, la apertura a la crítica y el fomento de actuaciones responsables e informadas.

Sin embargo, para Oliveira & Serra (2005), estas transformaciones han creado un panorama lleno de contradicciones donde los individuos deben poseer convicciones, pero al mismo tiempo, un espíritu abierto y tolerante. Así, para poseer estos valores, se requiere de un Pensamiento Crítico para tomar posturas y decisiones sensatas.

En resumen, en relación al Pensamiento Crítico, la dualidad individuo-sociedad no está enmarcada dentro de una única perspectiva, debido a que, como lo sostienen Oliveira & Serra (2005), además de que un individuo desarrolle estructuras de pensamiento que le permitan reconocer y ser parte de un determinado contexto, también se hace necesario que

éste sea crítico y creativo, contribuyendo a la resolución de los problemas sociales, el cual es el único camino para que la sociedad evolucione.

**2.2.7. ¿Qué se entiende por Pensamiento Crítico?** Hasta el momento se ha hecho mención del Pensamiento Crítico, pero no se ha definido. Por esta razón, en las siguientes líneas se hará un acercamiento a la definición de este término.

Para Ennis (2011), el Pensamiento Crítico se concibe como el pensamiento racional y reflexivo interesado en decidir qué hacer o creer. Es decir, por un lado, constituye un proceso cognitivo complejo de pensamiento que reconoce el predominio de la razón sobre las otras dimensiones del pensamiento. Su finalidad es reconocer aquello que es justo y aquello que es verdadero, es decir, el pensamiento de un ser humano racional.

En otras palabras, Beltrán & Pérez (1996) consideran que el Pensamiento Crítico es una actividad reflexiva, porque analiza tanto los fundamentos de los resultados de su propia reflexión, como los de la reflexión ajena; hace hincapié en el hecho de que se trata de un pensamiento totalmente orientado hacia la acción; siempre hace su aparición en un contexto de Resolución de Problemas y en la interacción con otras personas, más en función de comprender la naturaleza de los problemas que en proponer soluciones.

Además, la evaluación de la información y conocimientos previos fundamenta la toma de decisiones en distintos ámbitos del quehacer humano, teniendo en cuenta que nuestras conductas y acciones se basan en lo que creemos y en lo que decidimos hacer.



En este punto, vale la pena resaltar que para Oliveira & Serra (2005) parece existir una relación entre las capacidades de la actividad científica y el Pensamiento Crítico, debido a que muchas de las capacidades que desarrolla el Pensamiento Crítico son necesarias para actividad científica.

En resumen, todas las definiciones asocian Pensamiento Crítico y la racionalidad. Su principal función no es generar ideas sino, revisarlas, evaluarlas y repasar qué es lo que se entiende, se procesa y se comunica mediante los otros tipos de pensamiento (verbal, matemático, lógico, etcétera). Por lo tanto, el pensador crítico es aquel que es capaz de pensar por sí mismo.

### **2.3. Ondas Electromagnéticas (OEM)**

Al hablar sobre el campo electromagnético, ondas electromagnéticas y espectro electromagnético, se hace necesario preguntar cómo surgió dicha teoría y no simplemente limitarse a realizar operaciones matemáticas. Es por eso que se hará una breve descripción sobre el origen de estos conceptos, además, de abordar algunas dificultades en su enseñanza y cómo se relaciona con CTSA.

**2.3.1. Campo electromagnético.** Sin duda alguna, al mencionar campo electromagnético, se hace un flashback obligado hasta llegar a James Clerk Maxwell, quien es conocido por su formulación matemática de la teoría electromagnética, en la cual logró unificar la electricidad y el magnetismo, reduciendo así la explicación de estos dos fenómenos a una sola, denominada electromagnetismo, la cual consiste en que los campos

eléctrico y magnético son complementarios, y son debidos a la carga eléctrica (Beléndez, 2008).

Maxwell reunió en su obra «*Tratado de electricidad y Magnetismo*» los conceptos y contenidos que existían sobre electricidad y magnetismo, recopilando los fundamentos básicos sobre la teoría electromagnética. El aporte más relevante fue el matematizar las concepciones e ideas de Faraday, sobre la presencia de campos eléctricos y magnéticos; de esta matematización surgen las cuatro ecuaciones que actualmente se conocen, divulgadas por Heaviside (Beléndez, 2008); éstas son: ley de Gauss para campo eléctrico, ley de Gauss para campo magnético, ley de Faraday-Henry de inducción electromagnética, y la ley de Ampere-Maxwell del flujo de campo magnético.

A partir de la estupenda estructuración de su teoría, demostró que una ecuación de onda con velocidad igual a la de la luz, se obtenía a partir de la combinación de las ecuaciones de campo eléctrico, es decir mostró que la luz es una onda electromagnética (Hecht, 1987).

Después de haber realizado la predicción teórica de las ondas electromagnéticas, la comprobación experimental fue realizada por Hertz, quien a partir de los resultados obtenidos afirma la existencia de las ondas electromagnéticas, las cuales tienen como característica que se propagan a la misma velocidad de la luz. (Berkson, 1985).

**2.3.2. Ondas Electromagnéticas (OEM).** Dados los resultados de Hertz, que corroboraron la existencia de las Ondas Electromagnéticas (OEM), es importante hacer varias precisiones sobre esta clase de ondas.

Recuérdese que las ondas mecánicas, tanto longitudinales como transversales, necesitan de un medio para desplazarse; por ejemplo, alguien puede escuchar a otra persona gracias a que el aire permite que la onda sonora se desplace desde la boca del emisor hasta la membrana timpánica del receptor.

Caso contrario ocurre con las OEM, las cuales no necesitan de un medio para desplazarse, lo cual implica que pueden propagarse en el vacío. Además, se puede establecer que como toda onda, éstas poseen una longitud de onda y una frecuencia, que están relacionadas por la expresión  $C = \lambda \cdot f$ , donde  $C$  es la velocidad de la luz en el vacío,  $\lambda$  es la longitud de onda y  $f$  es la frecuencia.

**2.3.3. Espectro Electromagnético.** A partir de los resultados obtenidos por Hertz, no existieron obstáculos para generar ondas electromagnéticas con frecuencias bajas y altas; al conjunto de longitudes de onda y frecuencias se le denominó espectro electromagnético. Por esta razón, es común que el espectro electromagnético sea dividido en ciertas regiones; dependiendo de su longitud de onda, éstas regiones son: ondas de radio ( $> 1 m$ ), microondas ( $10 mm - 1 m$ ), infrarrojo ( $780 nm - 10 mm$ ), luz visible ( $380 nm - 780 nm$ ), ultravioleta ( $4 nm - 380 nm$ ), rayos X ( $100 pm - 4 nm$ ), rayos Gamma ( $< 100 pm$ ).

Las aplicaciones de algunas de las regiones del espectro electromagnético descritas anteriormente son: las ondas de radio son las de mayor longitud de onda; este rango contiene las frecuencias de transmisión usuales de la televisión y las de radio, de tal manera que estas últimas se transmiten en Amplitud Modulada (AM) o Frecuencia Modulada (FM); las microondas son utilizadas en dispositivos de regulación de velocidad y en aparatos como los hornos; el infrarrojo puede identificarse como el calor emitido por un objeto cuando está a altas temperaturas; el ultravioleta son los rayos emitidos por el Sol; los rayos X, poseen una corta longitud de onda, pero su frecuencia es alta, por tanto tiene la facilidad de penetrar en objetos de características opacas; los rayos gamma se produce a partir de las emisiones de procesos nucleares, tienen baja longitud de onda pero una alta radiación.

Queda por describir la radiación del rango visible, que en el espectro se encuentra entre el infrarrojo y el ultravioleta. Dicha región es la que el ojo humano es capaz de percibir, tienen una longitud de onda y una frecuencia que caracteriza los colores, donde el violeta es de mayor frecuencia y el rojo de menor frecuencia. Esta radiación electromagnética tiene una variación de longitud de onda comprendida entre  $380 \text{ nm}$  y  $780 \text{ nm}$  y entre  $384 \times 10^{12} \text{ Hz}$  y  $789 \times 10^{12} \text{ Hz}$  en frecuencia.

**2.3.4. Dificultades en la enseñanza de las Ondas Electromagnéticas.** Como ya se ha mencionado anteriormente, la temática sobre OEM es común en los currículos de ciencias, sin embargo, como lo señala Padilla & Garzón (2008), en la mayoría de los libros de texto de electromagnetismo, éstas son abordadas desde un formalismo matemático, lo

cual puede ser un poco bondadoso al reducir en cuatro ecuaciones la esencia de la teoría, no obstante, puede ser contraproducente debido a que los estudiantes no tienen bases sólidas en los conceptos matemáticos necesarios para desarrollar esta teoría.

Además, este tipo de representaciones lleva a que los estudiantes no construyan experiencias básicas sobre los efectos de las OEM, que son facilitadores del aprendizaje de la teoría electromagnética (Sichau, 2000; Abrahams & Millar, 2008). Asimismo, los estudiantes terminan creyendo que la física es un cúmulo de fórmulas y reglas de cálculo; en otras palabras, se crean falsas imágenes de las teorías físicas (Galili, 1995; Guisasola, Montero & Fernández, 2008).

**2.3.5. Ondas electromagnéticas y Ciencia, Tecnología, Sociedad y Medio Ambiente.** Las posibles repercusiones de los campos electromagnéticos (CEM) sobre la salud humana han trascendido el ámbito médico y se ha convertido en un tema de debate y preocupación por parte de la población, debido a la saturación de instrumentos y dispositivos eléctricos; los cuales, según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2014), se convierten en fuentes de radiación electromagnética causantes de inducir tensiones eléctricas y corrientes en el organismo, siendo el calentamiento de los tejidos del organismo el principal efecto.

Sin embargo, en la actualidad, no existe evidencia de que la exposición a CEM de baja frecuencia produzca un efecto perjudicial en la salud de los individuos, pero algunos estudios han expuesto planteamientos sobre afectaciones a nivel genético y celular

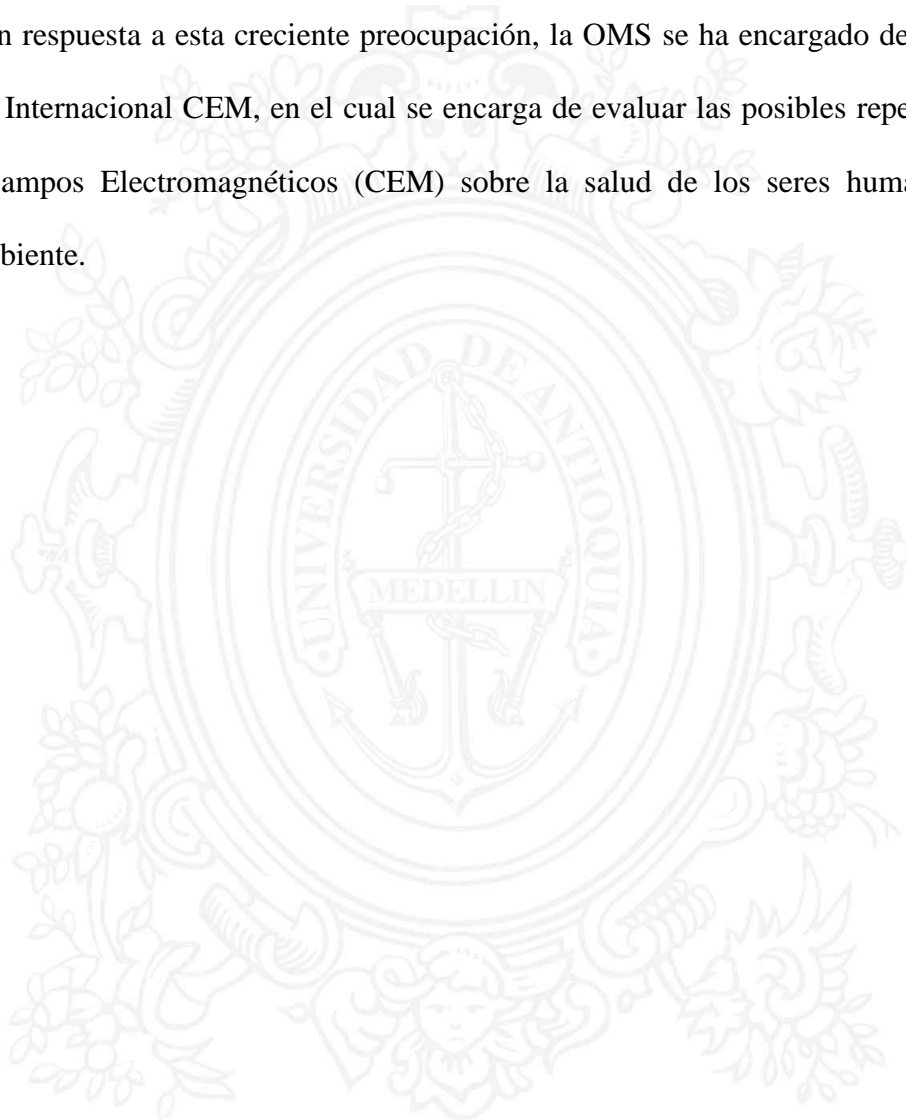
originados por dicho fenómeno. En su mayoría, los resultados obtenidos no han sido confirmados por otros grupos de investigación de carácter autónomo, adicionalmente no existen planteamientos teóricos desde la física que afirman contribuciones nocivas de los CEM de intensidad baja; claro está que la exposición a CEM de alta intensidad son perjudiciales y peligrosos para los organismos vivos, por tal motivo se recomienda que se siga investigando en esta línea que suscita gran interés y controversia (García, 2001).

Cabe aclarar, que para la OMS (2014), un efecto perjudicial para la salud, es aquel que ocasiona una disfunción detectable en la persona expuesta o en sus descendientes, mientras que los efectos biológicos, los cuales son una respuesta medible a un cambio en el medio, no necesariamente puede producir un efecto perjudicial.

Por ejemplo, los teléfonos móviles son fuentes de radiación de baja intensidad, que varía entre 450 y 2700 MHz, con una potencia de 0,1 a 2 vatios, y desciende de forma rápida en la medida en que la distancia del usuario y el aparato aumente. Por lo general, una persona usa su celular a una distancia entre 30 y 40 cm de su cuerpo, ya sea cuando escribe un mensaje de texto, navega en internet o cuando usa manos libres; al efectuar actividades como éstas, se reduce su exposición a campos de radiación, en comparación cuando tiene el dispositivo cerca de su oído. Además, es importante recordar que los teléfonos celulares son aparatos para los cuales se prohíbe su uso en lugares como hospitales y durante vuelos en avión, debido a que las señales de radiofrecuencia que emiten, pueden causar interferencia con algunos instrumentos médicos y con los sistemas de navegación aérea.



En respuesta a esta creciente preocupación, la OMS se ha encargado de dirigir el Proyecto Internacional CEM, en el cual se encarga de evaluar las posibles repercusiones de los Campos Electromagnéticos (CEM) sobre la salud de los seres humanos y el medioambiente.



UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

### **3. Diseño metodológico**

En este capítulo se abordan las fases de la investigación que guiaron el desarrollo del trabajo de investigación, así como la forma en que se orienta el trabajo con los participantes en el abordaje de las actividades.

A saber, este apartado está estructurado en los siguientes aspectos: fases de la investigación, paradigma investigativo, método de estudio a emplear en el desarrollo de la investigación, descripción de los participantes, categorías de análisis, métodos de recolección de la información y procedimientos para realizar el análisis de los datos.

#### **3.1. Fases de investigación**

1. Elaboración de un marco teórico en el cual se describen los tópicos que conforman la investigación: Resolución de Problemas, CTSA, Pensamiento Crítico y Ondas electromagnéticas.

2. Diseño de una estrategia didáctica basada en la Resolución de Problemas enfocados desde los lineamientos CTSA que desarrolle el Pensamiento Crítico, en el estudio de las Ondas Electromagnéticas.

3. Elaboración de instrumentos confiables y válidos que permitan identificar la capacidad de Resolución de Problemas de los estudiantes.



4. Elaboración de instrumentos válidos y confiables que posibiliten evaluar el nivel argumentativo de los estudiantes.
5. Aplicación de la estrategia didáctica basada en la Resolución de Problemas enfocados desde los lineamientos CTSA, para el desarrollo del Pensamiento Crítico.
6. Aplicación de los instrumentos a los casos seleccionados.
7. Recolección y análisis de los datos obtenidos a partir de la aplicación de los instrumentos.
8. Elaboración del informe de investigación donde se incluyan los siguientes tópicos: avances teóricos sobre la Resolución de Problemas, CTSA, Pensamiento Crítico, OEM; estrategia didáctica basada en la Resolución de Problemas enfocados desde los lineamientos CTSA que desarrolle el Pensamiento Crítico; resultados obtenidos sobre la influencia de la estrategia didáctica aplicada.

### **3.2. Paradigma de investigación**

Este proyecto de investigación estuvo guiado bajo un paradigma cualitativo, debido a que se busca analizar la influencia de una estrategia didáctica basada en la Resolución de Problemas enfocados desde CTSA, en el desarrollo del Pensamiento Crítico en algunos estudiantes de undécimo grado de la Institución Educativa El Bosque, sin pretender probar hipótesis ni generalizar los resultados, puesto que se busca entender las diferentes acciones

de los estudiantes a partir de la familiarización con el contexto en el cual se vivencia la problemática, teniendo en cuenta las particularidades, intereses y necesidades de las personas que interactúan y hacen parte de la ejecución de la estrategia, es decir, se pretende analizar los argumentos y reflexiones de las diferentes acciones y posturas adoptadas por los estudiantes en la resolución de los problemas planteados.

Además, se busca que, posteriormente, estos hechos sean analizados con la intención de proponer, en futuras investigaciones, los cambios necesarios o nuevas actividades que se consideren apropiadas en pro de un mejor resultado y contribuir a la transformación social de dicho ambiente.

Lo anterior está basado en lo que argumentan Hernández, Fernández & Baptista (2010) que los estudios cualitativos no pretende probar hipótesis, por el contrario estas se generan y se refinan en el transcurso del proceso investigativo; pretende reconstruir toda la realidad en la que se encuentra el grupo de estudio sin manipularla o condicionarla; busca entender las diferentes acciones de los individuos y los grupos sociales; el investigador comienza a ser parte del grupo estudiado lo cual se hace evidente mediante las interpretaciones que hace de las diferentes situaciones en las cuales se tiene en cuenta las realidades vividas en el desarrollo del estudio; se relaciona empáticamente con los participantes; admite subjetividades y percepciones de los participantes y del investigador, es un estudio abierto y flexible.

### 3.3. Método de estudio

El método de estudio utilizado en esta investigación fue el estudio casos, puesto que, como lo refiere Yin (1989) citado por Martínez (2006):

El método de estudio de casos es una herramienta valiosa de investigación, y su mayor fortaleza radica en que a través del mismo se mide y se registra la conducta de las personas involucradas en el fenómeno estudiado [...] Examina o indaga sobre un fenómeno contemporáneo en su entorno real, las fronteras entre el fenómeno y su contexto son claramente evidentes, se utilizan múltiples fuentes de datos, y pueden estudiarse tanto un caso único como múltiples casos (pp. 168-175).

Además, tiene en cuenta factores como las realidades y comportamientos propios de cada uno de los participantes y centra su atención, en su momento, en cada uno de los participantes que forma el grupo de estudio. Stake (1998) señala que el estudio de casos permite abarcar la complejidad de un caso particular para que por medio de su estudio se pueda llegar a comprender su comportamiento en circunstancias importantes.

Igualmente, se analiza profundamente cada caso para responder al planteamiento inicial, sin obligar a que el caso sea una muestra representativa de una población de casos posibles, es decir, no se estudian muestras.

### 3.4. Participantes

**3.4.1. Descripción de la Institución.** Para este trabajo investigativo, se seleccionó la Institución Educativa El Bosque, perteneciente al sector oficial y ubicada en Moravia, sector nororiental de la ciudad de Medellín. Es importante recordar que este sector ha sido afectado por diversas problemáticas sociales (invasiones, manejo inadecuado de los servicios sanitarios, violencia, drogadicción, entre otros.). Sin embargo, actualmente, puede observarse inversión gubernamental en infraestructura (colegios, biblioteca, placas polideportivas, zonas verdes), programas sociales y culturales, con la intención de brindar otras oportunidades a los habitantes del sector y superar así las problemáticas anteriormente mencionadas.

**3.4.2. Descripción de los estudiantes.** La Institución atiende a estudiantes pertenecientes a los estratos socioeconómicos 1 y 2, y en el 2015 contaba con un grupo de undécimo grado, conformado por 45 estudiantes, con edades entre 16 y 18 años, quienes recibían clase de física con una intensidad horaria de 3 horas semanales, las cuales estaban distribuidas en un bloque de dos horas los lunes y una hora los martes, de acuerdo al programa de ciencias de la Institución.

Si bien es cierto que las actividades se llevaron a cabo con todos los estudiantes, sólo se analizará el proceso de comprensión de tres de ellos, debido a que cada estudiante tiene su propio proceso de aprendizaje y su propia realidad. En el análisis que se realizará, se pretende comprender el desarrollo del Pensamiento Crítico mediante la Resolución de

Problemas desde los lineamientos CTSA, en relación a la particularidad de cada uno de ellos, respondiendo a la pregunta de investigación.

**3.4.3. Selección de los casos.** Por lo descrito anteriormente, es complejo analizar el proceso de 45 estudiantes y por lo tanto, se eligieron tres estudiantes que poseían las siguientes características:

- Facilidad en la comunicación de las ideas.
- Interés por el estudio de la física.
- Adecuada disposición hacia el estudio.
- Disponibilidad horaria para la aplicación de algunos instrumentos.
- Autorización de los padres.
- Que fuera de su libre y espontánea libertad participar en este proceso investigativo.

Los estudiantes fueron escogidos antes de la aplicación de la estrategia, con el fin de no sesgar los resultados con la visión y creencia de los investigadores acerca de los estudiantes.

### 3.5. Categorías de análisis

**3.5.1. Categorías generales.** Por ser este proyecto investigativo un estudio cualitativo, se plantearon dos categorías generales a las cuales les corresponden unas subcategorías.

Las categorías generales que surgieron como directrices de la investigación y que dan cuenta del desarrollo de Pensamiento Crítico, el cual es el objeto de estudio de investigación, son: *la capacidad de Argumentación y la capacidad de Resolución de Problemas.*

**Argumentación.** La argumentación como eje fundamental dentro del Pensamiento Crítico, se describe desde diferentes perspectivas: desde la práctica cotidiana y desde la dimensión dialógica interpersonal.

En este sentido, en la Argumentación dentro del aula de clase, como práctica cotidiana, intervienen procesos dialógicos, interactivos y cognitivos, dentro de temáticas, contextos culturales e institucionales específicos y determinados; por ejemplo, el sujeto y las habilidades comunicativas y cognitivas que posee, las herramientas que usa y en el contexto sociocultural en el cual se ha desenvuelto (Muller, Perret-Clermont, Tartas & Iannaccone, 2009).

Por otro lado, la Argumentación dentro de la dimensión dialógica interpersonal, se reconoce como una actividad en la cual se requiere, en su mayoría, de la interacción y

relaciones con otros individuos, en torno a un problema o temática específicos. De esta manera, puede ser entendida como un diálogo, el cual contribuye a que los sujetos adquieran conocimientos y, por ende, aprendan sobre temáticas específicas, prácticas y contextos particulares, los cuales contribuyen en gran medida a la construcción del argumento final (Tamayo, 2014).

Así, para analizar el desarrollo de la Argumentación, se tendrán en cuenta los siguientes aspectos, de acuerdo a Tamayo (2014):

*El argumento contiene una descripción simple de la situación problema.* El estudiante se centra solamente en la descripción de la situación, que le permitan mostrar lo que ocurrió en el desarrollo de una actividad, en este nivel de Argumentación la principal característica está determinada por descripciones literales de los fenómenos o eventos que se observan, lo que lleva a una recreación del ambiente o escena donde se desarrolló una determinada actividad. En esta descripción es muy frecuente el uso de verbos en primera persona como por ejemplo observé, toqué, froté, sentí y solo se limita a explicar lo ocurrido. Así, cuando un estudiante hace una descripción literal de una actividad, o fenómeno, la cual se centra en la descripción, dada principalmente desde los órganos de los sentidos, no hay una justificación o explicación, es decir, es un argumento que se construye desde la apariencia externa del mismo, describe la escena pero carece de justificaciones y explicaciones que permitan su comprensión.

*El argumento contiene datos y conclusiones sobre la situación problema. Aquí se resalta al menos la presencia de una conclusión dentro de los argumentos del estudiante y se realiza una identificación de los datos presentes. En otras palabras, no solo hay una descripción literal de la situación, y de los datos presentes, sino que también se empiezan a construir posibles conclusiones generadas a partir de datos identificados y descripciones hechas.*

En este sentido, el estudiante deberá:

- Realizar una identificación clara de los datos.
- Realizar una identificación clara de las conclusiones.
- Establecer diferencias entre lo que es una conclusión y lo que es un dato.
- Establecer relaciones de causa y efecto entre los datos y la conclusión derivada de dicha relación.
- Dar orden y estructura adecuada, al proceso de pensamiento utilizado.
- Regular conscientemente, las posibles relaciones entre datos y conclusión.
- Asumir un desafío cognitivo y de lenguaje el cual, por una parte, se debe elaborar un producto escrito o textual que dé cuenta de un argumento y por otra



parte que en este producto se evidenció una o varias relaciones entre los datos y la conclusión derivada de los mismos.

*El argumento contiene datos, conclusiones y justificación sobre la situación problema.* El estudiante debe elaborar argumentos con varios datos, varias conclusiones de la situación desarrollada y una o varias justificaciones, expresados a partir de ideas coherentes, mediante un lenguaje fluido y escritura y redacción clara y organizada, que pueda ser interpretado de forma clara por algún lector. En este sentido Zohar & Nemet (2002), plantean que la calidad de un argumento está determinada por las justificaciones y explicaciones que lo sustentan, desde aspectos científicos, hechos relevantes o vivencias específicas, es decir, si la conclusión no contiene adecuadas y fuertes justificaciones ésta no adquiere tal connotación.

*El argumento contiene datos, conclusiones y justificación teórica sobre la situación problema.* Los respaldos teóricos en los argumentos son de gran importancia. Para Toulmin (2007), en un argumento que se relacionan los datos con las conclusiones, se hacen necesarias unas garantías que den cuenta de esas relaciones, las cuales deben apoyarse en certezas para que las garantías tengan un grado de credibilidad.

De acuerdo con lo anterior, si en un argumento se presentan garantías (justificaciones), estas deben tener aplicabilidad a un evento particular, pertinencia y aceptación general, deben tener un respaldo o sustento teórico desde algún campo del saber o disciplina.

*El argumento contiene datos, conclusiones, justificación teórica y contraargumentos relacionados con la situación problema.* En este nivel los contraargumentos se generan a partir de una situación polémica.

Por su parte, Sandoval & Millwood (2005), proponen dos dimensiones para juzgar y determinar la solidez de un argumento. La primera, se refiere a la evaluación conceptual, en la cual se valora la inscripción adecuada de las conclusiones dentro de un determinado marco teórico y la justificación que se le da a dichas conclusiones desde la utilización de los datos presentes en la situación. La segunda, evalúa una inclusión de referencias retóricas apropiadas cuando se hace alusión a los datos y la calidad epistemológica desde la apropiación de datos suficientes que permitan una adecuada explicación de la conclusión, además de determinar una explicación de causa y efecto desde una visión lógica para el fenómeno que se está estudiando.

***Resolución de problemas.*** La Resolución de Problemas se entiende como el proceso mediante el cual se logra la descripción y comprensión del problema, que en un inicio se muestra como desconocido y que para su solución se requiere de conocimientos, procedimientos y estrategias que posee quien se enfrenta a dicha problemática (Gagné, 1971).

Así, en el momento de analizar el desarrollo de la habilidad para resolver problemas, se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

*El estudiante realiza una descripción del problema.* Los estudiantes ubicados en este nivel realizan una re-descripción de la situación problema, es decir, retoman las mismas expresiones o conceptos que se dan en la situación planteada (Tamayo, 2014).

*El estudiante establece relaciones analógicas.* En este nivel de Resolución de Problemas el estudiante realiza descripciones libres sobre la situación o fenómeno estudiado. Estas descripciones buscan la solución del problema y se dan desde aspectos memorísticos de aprendizaje adquiridos en el aula y vivencias personales (creencias y opiniones) o desde el establecimientos de analogías con situaciones o fenómenos semejantes y familiares (Tamayo, 2014).

*El estudiante hace una identificación de las variables de la situación problema.* En este nivel los estudiantes identifican valores y datos presentes en la situación planteada (Tamayo, 2014), además realizan una selección de aquellos que son o no relevantes, con el fin de poder establecer posibles relaciones entre los mismos, generando un comprensión más amplia de la problemática. Con la identificación de las variables el estudiante puede comenzar a establecer conclusiones y posibles soluciones hipotéticas para la situación o fenómeno al cual se enfrenta; dichas soluciones ya poseen una connotación más sólida y no solo se basa en una re-descripción o descripción simple, sino que desde el punto de vista científico, se deriva de un proceso más complejo y un grado de elaboración más elevado.

*El estudiante establece relaciones entre las variables.* En este nivel los estudiantes describen, comparan e identifican valores y datos presentes en la situación planteada, lo cual permite establecer relaciones entre las variables del problema.

*El estudiante realiza una resolución del problema teniendo en cuenta los aspectos descritos anteriormente.* En este nivel los estudiantes desarrollan todos los niveles anteriores y presentan una posible solución a la situación problema.

### **3.6. Métodos de recolección de la información**

Para la recolección de los datos, se hizo uso de los siguientes instrumentos: la observación, la entrevista y la bitácora del estudiante, los cuales se enmarcan dentro del paradigma de estudio.

A continuación, se describen cada uno de ellos teniendo en cuenta la forma de aplicación, características de acuerdo a las necesidades de la investigación así como el proceso mediante el cual se les dará validez a los mismos.

**3.6.1. Observación.** La observación como instrumento de recolección de información permitió explorar y describir los contextos individuales y colectivos de los estudiantes seleccionados para el estudio de casos. Así mismo, posibilitó la comprensión de las relaciones que se presenten entre los participantes; relaciones con situaciones o eventos, permitiendo la identificación de problemáticas surgidas durante la aplicación de la estrategia didáctica.

La observación se realizó de forma permanente en el desarrollo del estudio y fue sistematizada por cada investigador, mediante la elaboración de una bitácora o diario de campo, ya sea de manera escrita o mediante grabaciones de audio o video. En el caso de que se realizaron en forma de audio o video, fueron transcritas de forma textual con el fin de identificar y reconocer patrones para el posterior análisis.

**3.6.2. Entrevista.** Por el carácter íntimo, flexible y abierto de este proyecto investigativo, se empleó la entrevista como instrumento de recolección de información dentro de esta investigación; específicamente se implementaron entrevistas semiestructuradas, entendidas como aquellas en las cuales se tiene un guía de preguntas, pero el entrevistador tiene la libertad de introducir nuevas preguntas, para aclarar y precisar conceptos u obtener mayor información sobre la temática objeto de trabajo, todo esto de acuerdo a cómo se iba desarrollando el intercambio de información. Las entrevistas fueron transcritas con total fidelidad.

En este sentido, las entrevistas semiestructuradas proporcionaron información sobre aspectos generales de la estrategia, por ejemplo, si los problemas estaban acordes al contexto del estudiante, si estos problemas permitían desarrollar el *Pensamiento Crítico*, si las lecturas proporcionadas daban las herramientas necesarias para la *Resolución de los Problemas*, si los estudiantes aprendieron sobre OEM, entre otros.

**3.6.3. Bitácora de los estudiantes.** Este instrumento se utilizó con el fin de identificar las características de los estudiantes en relación a la capacidad de Resolución de

Problemas y a la Argumentación, pilares fundamentales en el desarrollo del Pensamiento Crítico, a medida que se desarrolla la estrategia didáctica.

En esta bitácora se recogieron los diferentes trabajos realizados por los estudiantes en cada una de las actividades de la estrategia didáctica, las cuales aportaron información susceptible de ser analizada para dar respuesta a la pregunta de investigación.

### **3.6.4 Validación de instrumentos**

La validez de los instrumentos está establecida mediante la triangulación de los investigadores y de la información, a partir de puntos en común suministrados por los diarios de campo, las entrevistas y las bitácoras de los estudiantes.

### **3.7. Análisis de los datos**

Dadas las características del paradigma bajo el cual se realizó la investigación, el proceso de análisis de datos se hizo de forma posterior a la recolección de los mismos teniendo en cuenta aspectos generales de dicha investigación, los cuales pueden variar conforme ésta se desarrollaba. A continuación se hace una descripción de la ruta seguida para efectos del análisis de los datos.

- Inicialmente, se realizó una sistematización de la información suministrada al aplicar los distintos instrumentos, teniendo en cuenta las categorías y

subcategorías iniciales, tratando de ubicar la información que corresponde a cada categoría.

- Se identificaron patrones de la información presentes en cada categoría, de acuerdo a cada instrumento, depurando información que posiblemente no contribuía al objetivo de estudio. Además, se hizo una codificación asignando ciertos códigos a cada patrón.
- Se organizaron los datos en un orden establecido dentro de las categorías y subcategorías, con el fin de establecer jerarquía dentro de los datos permitiendo describir y establecer las relaciones entre categorías y subcategorías.
- A partir de este proceso se generaron descripciones, reflexiones que intenten dar solución o no a la problemática de investigación, dándole sentido a los datos o información seleccionada dentro del marco del problema de investigación.
- Igualmente, dentro del análisis se incluyó un espacio para las percepciones, sentimientos y experiencias de los investigadores en relación a lo vivido durante el desarrollo de la investigación.

Durante el proceso de análisis se llevó una bitácora, la cual contenía:



-Apuntes sobre el método utilizado. Por ejemplo, si durante el proceso de análisis se presentó alguna dificultad, ésta era registrada, al igual que los procedimientos seguidos para dar solución a la misma.

-Apuntes y notas sobre ideas conceptos, significados categorías e hipótesis que surgían durante el proceso de análisis.

-Apuntes relacionados con la credibilidad del estudio, lo que permite que cualquier otro investigador realice una evaluación del trabajo. Estos aspectos pueden ser información contradictoria, las razones de porqué un proceso se desarrolló de una determinada información y no de otra, entre otros.

Además, otro aspecto importante que ofrece la elaboración de la bitácora de análisis es que es un instrumento que brinda, confiabilidad y validez a dicho proceso.

UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3



#### **4. Estrategia didáctica**

La estrategia didáctica implementada está estructurada en dos partes. La primera parte hace alusión a la naturaleza de la estrategia y la segunda está referida a las actividades que se desarrollan con los estudiantes en el aula de clase y que están direccionadas a la resolución de la problemática que promueve la investigación.

La primera parte de la estrategia está estructurada en tres aspectos. El primer aspecto, menciona los contenidos y conocimientos conceptuales sobre Ondas Electromagnéticas que se desarrollarían en las actividades de clase. En un segundo aspecto, se exponen y describen unas normas o reglas básicas que se debían cumplir durante el desarrollo de la estrategia didáctica, a saber, la estructura del ambiente de trabajo, organización de los estudiantes, funciones del profesor, normas de convivencia. En el tercer aspecto, se realiza una descripción de la forma cómo se articulan los conocimientos conceptuales con los procedimentales para el desarrollo de la estrategia didáctica.

La segunda parte de la estrategia, está encaminada a las actividades que permitirían el desarrollo del Pensamiento Crítico, mediante la Resolución de Problemas enmarcados desde los lineamientos CTSA.

##### **4.1. Naturaleza de la estrategia**

**4.1.1. Sobre los contenidos.** Los contenidos abordados en esta estrategia didáctica se agrupan en dos grandes bloques: las características de las OEM (longitud de onda,

frecuencia, rapidez, energía, intensidad, presión de radiación) y el espectro electromagnético (regiones, aplicaciones de cada región). Este componente se ha desarrollado con mayor detalle en el marco teórico.

**4.1.2. Articulación de los aspectos conceptuales y procedimentales.** Es muy común el uso de diferentes artefactos como celulares, hornos microondas, televisión, radio, entre otros productos que en su funcionamiento hacen uso de OEM. Así mismo, existe una discusión y preocupación continua sobre los efectos que el uso de estas ondas pueden tener sobre la salud de quien las utiliza, sin embargo, esta discusión ha estado alejada de las aulas, incluso de la mayoría de las personas, quedando relegada sólo a unos grupos sociales como los médicos o investigadores.

Por otra parte, se puede establecer que en las escuelas no se incluyen las relaciones que existen entre Ciencia, Tecnología, Sociedad y Medio Ambiente. Igualmente, no se educa a los estudiantes de manera crítica y reflexiva, ni se les prepara para una vida en sociedad, en la cual concurrirán problemas que ellos deberán resolver.

Por estas razones, esta estrategia buscaba llevar la discusión sobre OEM a la escuela, mediante problemas científicos y tecnológicos, que debido a sus efectos se convierten en problemas sociales, los cuales requieren de una postura crítica para su solución.

**4.1.3. Normas básicas del ambiente de trabajo.** Las normas o reglas que a continuación se describen, se establecieron con el propósito de brindar un ambiente propicio para el buen desarrollo de la investigación.

**Organización de los estudiantes.** Para el desarrollo de la estrategia didáctica, era necesario conformar equipos de trabajos en los cuales se discutirían los problemas y plantearían una solución, que luego sería socializada con los demás equipos de trabajo.

Los equipos de trabajo eran de 4 o 5 estudiantes, dependiendo de la actividad a desarrollar, y se conformaban al inicio de cada actividad. Esto con el propósito de que en los equipos no fueran siempre los mismos estudiantes, sino que enriquecieran sus saberes al tener discusiones con otros estudiantes y aprovecharan la diversidad que hay en un aula de clase.

**Funciones del profesor.** Era función del profesor dar a conocer a los estudiantes los propósitos de la investigación, las normas básicas que se debían cumplir durante la aplicación de la estrategia didáctica, conformar los equipos de trabajo al inicio de cada actividad, llevar el material necesario para desarrollar cada actividad, dar las orientaciones generales para el desarrollo efectivo de las actividades propuestas, entre otros aspectos necesarios para contribuir a un adecuado ambiente de trabajo.

**Normas de convivencia.** En cuanto a las normas de convivencia el profesor debía proponer y concertar con los estudiantes normas que permitieran una sana convivencia en el salón de clase. Consecuente con lo anterior deben establecerse normas que inviten al

respeto de las ideas y opiniones de todos los miembros del grupo, y proporcionar igual oportunidad para la participación a todos los estudiantes. De la misma manera, debían establecerse normas para que los estudiantes accedan de forma equitativa al material que se suministre, además de realizar pactos de no agresión física o verbal durante los espacios de debate.

**4.1.4. Ciclo procedimental.** A continuación se describe el ciclo que guio la aplicación de la estrategia didáctica.

***Lectura grupal del problema.*** En esta primera parte, se pretende dar a conocer la situación problema sobre la cual se va a trabajar.

***Lluvia de ideas.*** Este paso se hace pretendiendo observar cómo los estudiantes argumentan y realizan una propuesta para la solución del problema. Así, es posible determinar los saberes del estudiante dependiendo de la relevancia del argumento y de la ruta de solución propuesta.

***Conformación de equipos de trabajo.*** A continuación se conforman los equipos de estudio integrados por 4 o 5 estudiantes, dependiendo la situación a analizar, estos grupos serán conformados por criterio del profesor.

***Entrega de material bibliográfico.*** Para el desarrollo de cada actividad se hará entrega por parte del profesor material bibliográfico (textos, vídeos o audios), que permitirán al grupo de trabajo tener referentes de partida para la solución del problema

planteado, además, proporcionará elementos para la estructuración y solidificación de los argumentos teóricos que sustentarán la solución a la problemática.

***Solución de la situación problema por parte de cada equipo.*** En esta etapa de la actividad se dará solución la problemática planteada inicialmente, dicha solución estará direccionada por los argumentos de cada equipo, los cuales son el resultado de confrontación, reflexión, análisis, debate y consenso interno dentro del mismo para posteriormente ser expuestos y defendidos ante los demás equipos. Además en esta parte también se realizará el material que se debe entregar por parte del grupo y que dé cuenta del proceso llevado durante la solución.

***Socialización de las soluciones encontradas.*** En esta parte, lo que se busca es socializar las soluciones a las que llegó cada equipo, lo cual, posibilitará un debate al encontrar soluciones antagónicas, o en su defecto, para afianzar los argumentos que sustentan la solución del problema planteado.

***Entrega de un artículo por parte del profesor.*** En esta etapa, el profesor hará la entrega de un artículo en el cual se recogerá el consenso al que se llegó en la socialización, teniendo como base los argumentos científicos al respecto. Es decir, una solución al problema de manera crítica y con bases científicas sólidas.

## 4.2. Actividades

**4.2.1. Bloques de secuencia.** Esta estrategia didáctica se encuentra estructurada para 9 horas de clase, las cuales se encuentran distribuidas de la siguiente manera:

Momentos	Actividades a desarrollar
Momento 1 (2 horas de clase)	Desarrollo conceptual y tratamiento de la situación problemática 1. Desarrollo de la actividad 1.
Momento 2 (1 hora de clase)	Desarrollo de la actividad 2.
Momento 3 (2 horas de clase)	Desarrollo conceptual y tratamiento de la situación problemática 2. Desarrollo de la actividad 3.
Momento 4 (1 hora de clase)	Desarrollo de actividad 4.
Momento 5 (2 horas de clase)	Desarrollo conceptual y tratamiento de la situación problemática 3. Desarrollo de la actividad 5.
Momento 6 (1 hora de clase)	Desarrollo de actividad 6.
Momento 7 (2 horas de clase)	Tratamiento de la situación problemática 4 y desarrollo conceptual. Desarrollo de la actividad 7.
Momento 8 (1 hora de clase)	Desarrollo de actividad 8.

Nota: Antes del inicio de cada una de las sesiones, se le suministraba a los estudiantes una lectura con una situación problema, en virtud del cual se desarrollarían las demás actividades.

**4.2.2. Momento 0.** En este momento se les dará a conocer a los estudiantes en qué consiste la investigación, así como la estructura de ésta. Además, se les dará a conocer las normas básicas de convivencia durante el desarrollo de trabajo investigativo; dichas normas se aprobarán mediante consenso entre profesor y estudiantes.

**Duración:** 45 minutos (1 hora de clase).

**Objetivo:** Organizar el ambiente de trabajo.

**Actividades:** Las actividades a desarrollar son las siguientes.

1. Informar a los estudiantes sobre la investigación que se adelanta.
2. Socializar el cronograma de actividades.

**4.2.3. Momento 1.** En esta sesión se realizará un desarrollo conceptual de la temática, el cual permitirá a los estudiantes un acercamiento a los contenidos bases para la realización de las actividades que se propondrán posteriormente. Los contenidos específicos que se tratarán en esta sesión serán principalmente: frecuencia de una onda, longitud de onda, rapidez de propagación, periodo, intensidad, energía, presión de radiación.

**Duración:** 90 minutos (2 horas de clases).

**Objetivo:** Construir nociones básicas sobre las OEM.

**Problema:** Su abuela, de 84 años, con antecedentes importantes de hipertensión arterial, consulta al médico por cuadro clínico de 7 meses de evolución, consistente en aparición de masa ulcerada en región mentoniana derecha que fue aumentando de tamaño y ahora con fistulización hacia cavidad oral acompañada de hemorragia local, secreción purulenta y pérdida de peso de más de 11 kg en 3 meses.

El médico hace la siguiente historia clínica de ingreso:

Revisión por sistemas: fiebre subjetiva, otalgia derecha, dificultad para la deglución.

Análisis: paciente femenina de 84 años con antecedente importante de Hta, con aparición de masa ulcerada en región mentoniana derecha que ha venido incrementando su tamaño y creando fistulización hacia cavidad oral; además con pérdida de peso y hemorragia con secreción purulenta local.

Plan: TAC de cara, cuello y tórax; ácido tranexámico; ampicilina sulbactam; valoración por oncología y Cx maxilofacial.

En la evolución, ya oncología la evalúa y la considera candidata para radioterapia focal, para reducción de la progresión de la masa y contención de la hemorragia. El Dx es



un carcinoma escamocelular, infiltrante e invasor a mandíbula y hueso hioides con adenopatías supra hioideas y cervicales y axilares derechas.

A su abuela le quedan dos opciones: someterse a radioterapia paliativa o irse para la casa, sabiendo que es posible que en un mes se complique la enfermedad y puede morir.

Si fuera usted quien tuviera que decidir, ¿sometería a su abuela a radioterapia y o se lleva para la casa? ¿Por qué?

Si usted fuera el médico, ¿qué le aconsejaría a la señora? ¿Por qué?

¿Qué tiene más beneficios para su abuela y para su familia, la radioterapia o irse para la casa? ¿Por qué?

**Actividad 1:** Elabore un texto en el cual dé respuesta a la problemática presentada, de manera que manifieste de forma clara y concisa la postura, asumida por el equipo, frente a la situación problema.

Para el desarrollo de esta actividad, el profesor hace entrega de una copia del problema 1 a cada estudiante. Inmediatamente, se eligen unos estudiantes al azar, los cuales son los encargados de leer un párrafo distinto del problema, así, hasta terminar la lectura.

Seguidamente, algunos estudiantes darán unas ideas relacionadas con el problema, con el fin de dar cuenta de la comprensión del problema. Luego, se utiliza un video en el que se desarrollan algunos conceptos sobre OEM y sobre la radioterapia. Así mismo, el

profesor hace entrega de dos lecturas con información relacionada con la problemática planteada, en las cuales, se muestran diferentes posturas, que propician la discusión y permiten tomar una postura y desarrollar argumentos que sustentan la resolución propuesta por cada estudiante.

Posteriormente, se conformarán unos equipos de trabajo de 4 estudiantes, dentro de los cuales se hace una discusión y resolución del problema planteado. Cada equipo de trabajo da respuesta a las preguntas planteadas. Dichas respuestas se elaboran alrededor del debate, la discusión y la reflexión dentro de los equipos. Como resultado final, cada equipo debe elaborar un texto con los consensos a los que llegaron, de manera que manifiesten de forma clara y concisa la postura, asumida por el equipo, frente al problema.

Finalmente, cada estudiante tiene como tarea elaborar un texto en el cual dé respuesta a la problemática presentada, de manera que manifieste de forma clara y concisa su postura frente a la situación problema.

**4.2.4. Momento 2.** En este momento se genera un ambiente de debate, en el que cada estudiante expondrá y defenderá su postura en torno a la solución que han dado a la problemática planteada, de dicho debate se pretende llegar a puntos en común que permitan la construcción de una o varias soluciones al problema desde diferentes puntos de vista.

***Duración:*** 45 minutos (1 hora de clase).

**Objetivo:** Generar un debate en torno a las posturas asumidas por cada estudiante frente al problema 1.

**Actividad 2:** Socialización de los escritos realizados por cada estudiante.

A partir de las posturas asumidas por cada estudiante, se genera un debate, en el cual el profesor es el moderador. Cada uno debe defender su postura por medio de argumentos hasta ser convencido por un argumento con mayor solidez y, poder así, establecer un consenso grupal frente a la problemática.

Luego de establecer este consenso, el profesor elabora un artículo en el cual deje claro los argumentos científicos que hay frente al problema, su postura y el consenso al cual llegó el grupo. Este artículo es entregado a los estudiantes al inicio del momento 3.

**4.2.5. Momento 3.** Durante el desarrollo de las siguientes actividades describimos y reconocemos las principales características de los rayos ultravioleta, rayos x y rayos gamma, los cuales constituyen la región del espectro electromagnético de alta frecuencia.

**Duración:** 90 minutos (2 horas de clases).

**Objetivo:** Estudiar la región de alta frecuencia del espectro electromagnético.

**Problema:** Su hermana, quien está en las primeras semanas de embarazo, estaba realizando unas diligencias en el centro de la ciudad y sufrió una fuerte caída que la dejó inconsciente. Las personas del sector, inmediatamente la llevaron a urgencias.



El médico encargado hace una primera valoración y determina que se le deben hacer unos rayos X para conocer si tiene fracturas. No obstante, el médico realiza una prueba rápida para determinar si la mujer está en embarazo, la cual tiene un resultado positivo.

Frente a este panorama, el médico busca algún número de contacto y se comunica con usted.

Al llegar al hospital, el médico lo pone al tanto de la situación y le notifica que debe ser usted quien decida si le hacen los rayos X a su hermana o no.

¿Dónde se ubican los rayos X en el espectro electromagnético? ¿Cuál es su frecuencia y su longitud de onda?

¿Qué otros tipos de ondas tienen características similares a los rayos x? Describa las características.

¿Crees que los rayos X hacen daño a la salud de las personas? Explique

¿Los rayos X pueden causar alguna afectación al feto? ¿Por qué?

¿Por qué a una mujer con sospechas de embarazo se le prohíbe estar cerca de artefactos que emitan rayos x, por ejemplo, realizarse radiografías?

¿Cómo y por qué se ve afectada una persona que está expuesta a los rayos x por tiempos prolongados?

¿Por qué los profesionales de la salud que trabajan o están expuestos constantemente a rayos x, se les otorga vacaciones con periodos de descanso prolongados?

¿A qué se debe esto?

¿Qué decisión tomaría frente a la situación planteada?

**Actividad 3:** Diseñe una cartelera en el cual realice un paralelo entre los argumentos que sostienen que estas OEM poseen un efecto nocivo sobre la salud y entre los argumentos que sostienen que no hay ningún efecto. Así mismo, describa los usos dados a este tipo de ondas.

Para el desarrollo de esta actividad, el profesor dará una copia del problema 3 a cada estudiante e, inmediatamente, hará lectura al problema planteado.

Seguidamente, algunos estudiantes darán unas ideas relacionadas con el problema, con el fin de dar cuenta de la comprensión del problema. Así mismo, el profesor hace entrega de dos lecturas con información relacionada con la problemática planteada, en las cuales, se muestran diferentes posturas, que propician la discusión y permiten tomar una postura y desarrollar argumentos que sustentan la resolución propuesta. Además, tendrán presentes los tipos de artefactos que usan este tipo de ondas.

Luego, cada estudiante debe elaborar un texto en el cual dé respuesta a la problemática presentada, de manera que manifieste de forma clara y concisa su postura frente a la situación problema.

Posteriormente, se conforman unos equipos de trabajo de 4 estudiantes, dentro de los cuales se hace una discusión y resolución del problema planteado. Cada equipo de trabajo da respuesta a las preguntas planteadas. Dichas respuestas se elaboran alrededor del debate, la discusión y la reflexión dentro de los equipos. Como resultado final, cada equipo elabora una cartelera en la cual realicen un paralelo entre los argumentos que sostienen que estas OEM poseen un efecto nocivos sobre la salud y entre los argumentos que sostienen que no hay ningún efecto. Así mismo, recogerá algunos de los usos dados a este tipo de ondas.

**4.2.6. Momento 4.** En este momento se pretende construir un espacio de reflexión en torno al uso de las ondas de alta frecuencia, realizando una comparación entre los beneficios y efectos nocivos que trae para el ser humano, y desde la cual tomar posición y generar los argumentos que permitan defenderla.

***Duración:*** 45 minutos (1 hora de clase).

***Objetivo:*** Establecer una postura crítica frente al uso de ondas de alta frecuencia.

***Actividad 4:*** Cada equipo de trabajo expondrá la cartelera realizada, con el fin de defender su postura frente a la problemática.

La cartelera realizada deberá ser expuesta en algún lugar del colegio, con propósito de dar a conocer a la comunidad académica el trabajo realizado en cada equipo, así como también promover en la misma una actitud crítica.

El profesor elaborará un artículo en el cual se describen las conclusiones que surgieron después de la realización de la actividad, además debe dejar claro los argumentos científicos que hay frente al problema. Este artículo les será entregado a los estudiantes al inicio del momento 5.

**4.2.7. Momento 5.** En el desarrollo de las siguientes actividades se estudiará la región del espectro de baja frecuencia, como lo son las ondas de radio, las microondas y el infrarrojo; describiendo las características de éstas (frecuencia, longitud de onda, presión de radiación y energía).

**Duración:** 90 minutos (2 horas de clases).

**Objetivo:** Estudiar la región de baja frecuencia del espectro electromagnético.

**Problema:** El rector desea instalar una red wi-fi en la institución con el fin de que los estudiantes puedan hacer uso de otras herramientas para acceder al conocimiento. Sin embargo, los padres de familia se oponen ante esta iniciativa, argumentando que esta red ¿Este tipo de OEM emite radiación? Explique

¿Qué diferencias puedes establecer entre este tipo de ondas y las OEM ya estudiadas? Explique en términos de la energía.

¿Crees que estas OEM afectan tu salud? ¿Por qué?

¿Consideras que las ondas de radio o televisión podrían afectar la salud? ¿Por qué?

¿Está de acuerdo con la instalación del wi-fi? ¿Por qué?

**Actividad 5:** Diseñe un folleto en el cual explique las bondades del uso de estas ondas, así como sus posibles efectos sobre la salud y el ambiente.

Para el desarrollo de esta actividad, el profesor dará una copia del problema 2 a cada estudiante. Inmediatamente, se elegirá un estudiante al azar, el cual dará lectura al problema planteado.

Seguidamente, cada estudiante intentará dar solución a la problemática, lo cual, permitirá determinar si los estudiantes comprendieron el problema, al igual que posibilitará conocer los saberes que poseen los estudiantes sobre las OEM y sobre el problema planteado.

A partir, de estas respuestas, es deber del profesor orientar una primera discusión y dejar claros algunas cuestiones sobre estas ondas.



Posteriormente, se conformarán unos equipos de trabajo de 4 estudiantes, dentro de los cuales se hará una discusión y resolución del problema planteado. Para esto, a cada equipo se le suministrarán 2 lecturas con información relacionada con la problemática planteada, en las cuales, se muestran diferentes posturas, que propician la discusión y permiten tomar una postura y desarrollar argumentos que sustentan la resolución propuesta en cada equipo.

Finalmente, cada equipo de trabajo dará respuesta a las preguntas planteadas. Dichas respuestas se elaboran alrededor del debate, la discusión y la reflexión dentro de los equipos. Como resultado final, cada equipo debe elaborar un folleto en el cual explique las bondades del uso de estas ondas, así como sus posibles efectos sobre la salud y el ambiente, en relación con los consensos a los que llegaron, de manera que manifiesten de forma clara y concisa la postura, asumida por el equipo, frente al problema.

**4.2.8. Momento 6.** En este momento se busca que los estudiantes expresen sus ideas y opiniones, de forma argumentativa y crítica, teniendo presentes aspectos científico, de tal manera que establezcan una postura crítica frente al uso de las OEM de baja frecuencia, basados en la solución que plantearon al problema 3.

***Duración:*** 45 minutos (1 hora de clase).

***Objetivo:*** Establecer una postura crítica frente al uso de OEM de baja frecuencia.

**Actividad 6:** Cada equipo de trabajo expondrá el folleto realizado, con el fin de defender su postura frente a la problemática. Para esto considere que está frente a las directivas de la institución y a los padres de familia.

A partir de las posturas asumidas por cada equipo, se generará un debate, en el cual el profesor será el moderador. Cada equipo deberá defender su postura por medio de argumentos hasta ser convencido por un argumento con mayor solidez y, poder así, establecer un consenso grupal frente a la problemática.

Luego de establecer este consenso, el profesor elaborará un artículo en el cual deje claro los argumentos científicos que hay frente al problema, su postura y el consenso al cual llegó el grupo. Este artículo les será entregado a los estudiantes al inicio de la siguiente clase.

**4.2.9. Momento 7.** En el desarrollo de las siguientes actividades se estudiará la región del espectro de baja frecuencia, como lo son las ondas de radio, las microondas y el infrarrojo; describiendo las características de éstas.

**Duración:** 90 minutos (2 horas de clases).

**Objetivo:** Estudiar la región de baja frecuencia del espectro electromagnético.

**Problema:** Actualmente, en Colombia existe una alta demanda en cuestión de telecomunicaciones, por lo cual, la Agencia Nacional del Espectro (ANE) argumenta que

se deben instalar cerca de 10.000 antenas con el fin de cubrir dicha demanda. Sin embargo, varias comunidades insisten en la no instalación de dichas antenas en sus localidades, lo cual ha llevado a protestas en diversos lugares; a continuación se enuncian dos casos:

El pasado 25 de agosto de 2014, el canal regional Telemedellín registró en su noticiero sobre una protesta en contra de la instalación de una antena de telecomunicaciones en el barrio El Carmelo del municipio de Bello.

Los habitantes del sector sostienen que estas antenas afectan la salud de las personas, aludiendo a que «es un principio cancerígeno y desfasa el sistema nervioso central, lo cual acelera el Alzheimer» asegura María Ligia Sepúlveda.

Igualmente, Fredy Muñoz, concejal de dicho municipio, sostiene que la secretaría de planeación otorgó la licencia de construcción de la antena desconociendo las consecuencias y las normas de la Corte Constitucional.

Por lo cual, los habitantes hicieron un llamado a la Personería y a la Administración de Bello para que no permita que se instale la nueva antena.

Similarmente, Noticias Caracol registró el pasado 31 de julio de 2015 que los habitantes de Turbaco (Bolívar) impidieron la activación de una antena de telecomunicaciones.

Si bien la antena ya se encontraba instalada en el patio de una casa del barrio San Pablo gracias a que tiene un permiso legal expedido por la alcaldía, los habitantes se oponían a la activación de ésta por temor de que haya secuelas en materia de salud.

(Ante esta situación, el municipio busca una rápida solución al problema y adelantan reuniones con la comunidad. Hasta el momento, existe la tendencia a la reubicación de la antena).

¿Dónde se ubican estas OEM en el espectro electromagnético? ¿Cuál es su frecuencia y su longitud de onda?

Establezca un paralelo (semejanzas y diferencias) entre estas ondas y las ya estudiadas.

¿Crees que estas OEM hacen daño a la salud de las personas? Explique

Si una empresa de telecomunicaciones quisiera instalar una de sus antenas en su comunidad ¿estarías de acuerdo? ¿Por qué?

Si fueras socio de la empresa de comunicaciones que pretende instalar la antena, ¿qué explicaciones o argumentos darías a los pobladores para permitir dicha instalación?

Si fueras funcionario de la personería o de la administración municipal, ¿cómo mediarías entre la comunidad y la empresa de telecomunicaciones?

**Actividad 7:** Realice un escrito con los consensos a los que llegarán, de manera que manifiesten de forma clara y concisa la postura, asumida por el equipo, frente a la problemática.

Para el desarrollo de esta actividad, el profesor dará una copia del problema 4 a cada estudiante. Inmediatamente, se elegirá un estudiante al azar, el cual dará lectura al problema planteado.

Seguidamente, cada estudiante intentará dar solución a la problemática, lo cual, permitirá determinar si los estudiantes comprendieron el problema, al igual que posibilitará conocer los saberes que poseen los estudiantes sobre las OEM y sobre el problema planteado.

A partir, de estas respuestas, es deber del profesor orientar una primera discusión y dejar claros algunas cuestiones sobre estas ondas.

Posteriormente, se conformarán unos equipos de trabajo de 5 estudiantes, dentro de los cuales se hará una discusión y resolución del problema planteado. Para esto, a cada equipo se le suministrarán 2 lecturas con información relacionada con la problemática planteada, en las cuales, se muestran diferentes posturas, que propician la discusión y permiten tomar una postura y desarrollar argumentos que sustentan la resolución propuesta en cada equipo.

Finalmente, cada equipo de trabajo dará respuesta a las preguntas planteadas. Dichas respuestas se elaboran alrededor del debate, la discusión y la reflexión dentro de los equipos. Como resultado final, cada equipo debe elaborar un folleto en el cual explique las bondades del uso de estas ondas, así como sus posibles efectos sobre la salud y el ambiente, en relación con los consensos a los que llegaron, de manera que manifiesten de forma clara y concisa la postura, asumida por el equipo, frente al problema.

**4.2.10. Momento 8.** En este momento se busca que los estudiantes expresen sus ideas y opiniones, de forma argumentativa y crítica, teniendo presentes aspectos científico,

de tal manera que establezcan una postura crítica frente al uso de las OEM de baja frecuencia, basados en la solución que plantearon al problema 4.

**Duración:** 45 minutos (1 hora de clase).

**Objetivo:** Establecer una postura crítica frente al uso de OEM de baja frecuencia.

**Actividad 8:** Cada equipo de trabajo utilizará una herramienta de comunicación para defender su postura frente a la problemática. Por ejemplo, un video, un folleto, una cartelera, un dramatizado.

A partir de las posturas asumidas por cada equipo, se generará un debate, en el cual el profesor será el moderador. Cada equipo deberá defender su postura por medio de argumentos hasta ser convencido por un argumento con mayor solidez y, poder así, establecer un consenso grupal frente a la problemática.

Luego de establecer este consenso, el profesor elaborará un artículo en el cual deje claro los argumentos científicos que hay frente al problema, su postura y el consenso al cual llegó el grupo. Este artículo les será entregado a los estudiantes al inicio de la siguiente clase.

## 5. Análisis de la información

El proceso para realizar el análisis de la información consistió en elaborar una sistematización de los datos recolectados, para luego formalizar una descripción del proceso ejecutado por cada participante en cada una de las cuatro situaciones problemas que estructuraron la intervención en el aula.

El proyecto contó con la participación de tres estudiantes del grado undécimo a los cuales se les asignaron seudónimos con el propósito de evitar señalamientos, estos son: Tobías, Caleb y Thea. Cada caso fue analizado haciendo un seguimiento en las cuatro situaciones problemas, en las cuales se seleccionaban algunas respuestas de acuerdo a los objetivos de la presente investigación.

A continuación se presentan las situaciones problemas que fueron abordadas a lo largo de la aplicación de la estrategia didáctica:

UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3



**Proyecto de investigación:** *Desarrollo del Pensamiento Crítico mediante la Resolución de Problemas, desde el enfoque Ciencia, Tecnología, Sociedad y Medio Ambiente (CTSA), en el estudio de las ondas electromagnéticas (OEM).*

**Investigadores:** *Beatriz González, Juan Diego Vergara & Yorman Cifuentes.*

### Situación problema 1

Su abuela, de 84 años, con antecedentes importantes de hipertensión arterial, consulta al médico por cuadro clínico de 7 meses de evolución, consistente en aparición de masa ulcerada en región mentoniana derecha que fue aumentando de tamaño y ahora con fistulización hacia cavidad oral acompañada de hemorragia local, secreción purulenta y pérdida de peso de más de 11 kg en 3 meses.

El médico hace la siguiente historia clínica de ingreso:

Nombre completo:	
Fecha:	04 de septiembre de 2015
Edad:	84 años
Médico:	
Revisión por sistemas:	Fiebre subjetiva, otalgia derecha, dificultad para la deglución.
Análisis:	Paciente femenina de 84 años con antecedente importante de Hta, con aparición de masa ulcerada en región mentoniana derecha que ha venido incrementando su tamaño y creando fistulización hacia cavidad oral; además con pérdida de peso y hemorragia con secreción purulenta local.
Plan:	TAC de cara, cuello y tórax; ácido tranexámico; ampicilina sulbactam; valoración por oncología y Cx maxilofacial.

En la evolución, ya oncología la evalúa y la considera candidata para radioterapia focal, para reducción de la progresión de la masa y contención de la hemorragia. El Dx es un carcinoma escamocelular, infiltrante e invasor a mandíbula y hueso hioides con adenopatías supra hioideas y cervicales y axilares derechas.

A su abuela le quedan dos opciones: someterse a radioterapia paliativa o irse para la casa, sabiendo que es posible que en un mes se complique la enfermedad y puede morir.

Cuando se emite una OEM, ¿Transporta energía? ¿Transporta materia? ¿De qué factores depende? ¿Ejerce presión?

¿Qué es radiación?

¿Qué relación existe entre radiación, presión de radiación, intensidad y energía transportada por una OEM?

¿Cuál es el papel de la radiación en la radioterapia?

Si fuera usted quien tuviera que decidir, ¿sometería a su abuela a radioterapia o se la llevaría para la casa? ¿Por qué?

Si usted fuera el médico, ¿qué le aconsejaría a la señora? ¿Por qué?

Imagen 1. Situación Problema 1.





UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA  
1803

**Proyecto de investigación:** *Desarrollo del Pensamiento Crítico mediante la Resolución de Problemas, desde el enfoque Ciencia, Tecnología, Sociedad y Medio Ambiente (CTSA), en el estudio de las ondas electromagnéticas (OEM).*

**Investigadores:** *Beatriz González, Juan Diego Vergara & Yorman Cifuentes.*

### Situación problema 2

Su hermana, quien está en las primeras semanas de embarazo, estaba realizando una diligencias en el centro de la ciudad y sufrió una fuerte caída que la dejó inconsciente. Las personas del sector, inmediatamente la llevaron a urgencias.

El médico encargado hace una primera valoración y determina que se le deben hacer unos rayos X para conocer si tiene fracturas. No obstante, el médico realiza una prueba rápida para determinar si la mujer está en embarazo, la cual tiene un resultado positivo.

Frente a este panorama, el médico busca algún número de contacto y se comunica con usted.

Al llegar al hospital, el médico lo pone al tanto de la situación y le notifica que debe ser usted quien decida si le hacen los rayos X a su hermana o no.

¿Dónde se ubican los rayos X en el espectro electromagnético? ¿Cuál es su frecuencia y su longitud de onda?

¿Qué otros tipos de ondas tienen características similares a los rayos x? Describa las características.

¿Crees que los rayos X hacen daño a la salud de las personas? Explique

¿Los rayos X pueden causar alguna afectación al feto? ¿Por qué?

¿Por qué a una mujer con sospechas de embarazo se le prohíbe estar cerca de artefactos que emitan rayos x, por ejemplo, realizarse radiografías?

¿Cómo y por qué se ve afectada una persona que está expuesta a los rayos x por tiempos prolongados?

¿Por qué los profesionales de la salud que trabajan o están expuestos constantemente a rayos x, se les otorga vacaciones con periodos de descanso prolongados? ¿A qué se debe esto?

¿Qué decisión tomaría frente a la situación planteada?

### Imagen 2. Situación Problema 2.



UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA  
1803

**Proyecto de investigación:** *Desarrollo del Pensamiento Crítico mediante la Resolución de Problemas, desde el enfoque Ciencia, Tecnología, Sociedad y Medio Ambiente (CTSA), en el estudio de las ondas electromagnéticas (OEM).*

**Investigadores:** *Beatriz González, Juan Diego Vergara & Yorman Cifuentes.*

### Situación problema 3

El rector desea instalar una red wi-fi en la institución con el fin de que los estudiantes puedan hacer uso de otras herramientas para acceder al conocimiento. Sin embargo, los padres de familia se oponen ante esta iniciativa, argumentando que esta red inalámbrica afecta la salud de los estudiantes.

¿Este tipo de OEM emite radiación? Explique

¿Qué diferencias puedes establecer entre este tipo de ondas y las OEM ya estudiadas? Explique en términos de la energía.

¿Crees que estas OEM afectan tu salud? ¿Por qué?

¿Consideras que las ondas de radio o televisión podrían afectar la salud? ¿Por qué?

¿Está de acuerdo con la instalación del wi-fi? ¿Por qué?

### Imagen 3. Situación Problema 3.



**Proyecto de investigación:** *Desarrollo del Pensamiento Crítico mediante la Resolución de Problemas, desde el enfoque Ciencia, Tecnología, Sociedad y Medio Ambiente (CTSA), en el estudio de las ondas electromagnéticas (OEM).*

**Investigadores:** *Beatriz González, Juan Diego Vergara & Yorman Cifuentes.*

#### Situación problema 4

Actualmente, en Colombia existe una alta demanda en cuestión de telecomunicaciones, por lo cual, la Agencia Nacional del Espectro (ANE) argumenta que se deben instalar cerca de 10.000 antenas con el fin de cubrir dicha demanda. Sin embargo, varias comunidades insisten en la no instalación de dichas antenas en sus localidades, lo cual ha llevado a protestas en diversos lugares; a continuación se enuncian dos casos:

El pasado 25 de agosto de 2014, el canal regional Telemedellín registró en su noticiero sobre una protesta en contra de la instalación de una antena de telecomunicaciones en el barrio El Carmelo del municipio de Bello. Los habitantes del sector sostienen que estas antenas afectan la salud de las personas, aludiendo a que «es un principio cancerígeno y desfasa el sistema nervioso central, lo cual acelera el Alzheimer» asegura María Ligia Sepúlveda. Igualmente, Fredy Muñoz, concejal de dicho municipio, sostiene que la secretaria de planeación otorgó la licencia de construcción de la antena desconociendo las consecuencias y las normas de la Corte Constitucional. Por lo cual, los habitantes hicieron un llamado a la Personería y a la Administración de Bello para que no permita que se instale la nueva antena.

Similarmente, Noticias Caracol registró el pasado 31 de julio de 2015 que los habitantes de Turbaco (Bolívar) impidieron la activación de una antena de telecomunicaciones. Si bien la antena ya se encontraba instalada en el patio de una casa del barrio San Pablo gracias a que tiene un permiso legal expedido por la alcaldía, los habitantes se oponían a la activación de ésta por temor de que haya secuelas en materia de salud.

¿Dónde se ubican estas OEM en el espectro electromagnético? ¿Cuál es su frecuencia y su longitud de onda?

Establezca un paralelo (semejanzas y diferencias) entre estas ondas y las ya estudiadas.

¿Crees que estas OEM hacen daño a la salud de las personas? Explique

Si una empresa de telecomunicaciones quisiera instalar una de sus antenas en su comunidad ¿estarías de acuerdo? ¿Por qué?

Si fueras socio de la empresa de comunicaciones que pretende instalar la antena, ¿qué explicaciones o argumentos darías a los pobladores para permitir dicha instalación?

Si fueras funcionario de la personería o de la administración municipal, ¿cómo mediarías entre la comunidad y la empresa de telecomunicaciones?

Imagen 4. Situación Problema 4.

## 5.1. Tobías

El participante es un estudiante de 18 años, el cual vive con su familia en el barrio Castilla (comuna 5) del municipio de Medellín.

**5.1.1. Situación Problema 1.** Esta situación problema fue abordada durante dos momentos, en los cuales se debía dar una posible solución, basados en una serie de preguntas y otras herramientas brindadas por los investigadores y/o consultadas por los participantes. En esta primera situación (ver imagen 1) se les presentó una problemática hipotética, con el fin de que la resolvieran a partir de sus argumentos conceptuales o vivenciales. Particularmente, la situación planteada consistía en lo siguiente: *Si usted fuera quien tuviera que decidir, ¿sometería a su abuela a radioterapia o se la llevaría para la casa? y Si usted fuera el médico, ¿qué le aconsejaría a la señora? ¿Por qué?*

El participante Tobías respondió el cuestionamiento de forma diferenciada, asumiendo cada uno de los roles que podría abordar en la misma. Es importante destacar las respuestas particulares de acuerdo a las circunstancias; si bien el participante toma una postura personal al aconsejarle a su abuela que no se someta a dicho procedimiento, quizás apelando a sus emociones o lazos familiares y procurando evitar alguna realidad de sufrimiento, tal como lo indica en su respuesta: *«No, porque la edad que ella tiene no sería adecuada para someterla a ese sufrimiento»*; por otro lado, al asumir la postura del médico y desde una mirada profesional responde: *«Le aconsejaría que se sometiera, ya que sería lo mejor para su salud»*; podría pensarse que el participante tiene la facilidad de

desvincularse a los lazos familiares o sentimientos, para así poder brindar una opinión más imparcial.

Es importante observar cómo Tobías al dar una posible solución a la problemática, no tomó en cuenta otros factores que son importantes de analizar, y así poder brindar un argumento válido que permita tomar una decisión centrada en lo que se requiere. Sin embargo, el reconocimiento que Tobías hace frente al dolor del tratamiento, es muestra de una relación que él establece entre el método y las condiciones en el que éste se va a aplicar; es decir, se puede observar la relación establecida entre la situación problemática presentada y otra situación similar que de alguna manera es conocida para él.

Igualmente, se puede verificar que Tobías tiene en cuenta factores como la edad para concluir que la radioterapia sería un sufrimiento para su abuela, y así argumenta su respuesta negativa, aunque no justifica esta conclusión y carece de otras alternativas o fundamentos (teóricos o conocimientos alternativos), que son considerados como aportes o razones importantes para la situación problema presentada. Esto se hace evidente, aún más, en el momento de la socialización de las diferentes soluciones dadas a la situación problema, donde se observó que Tobías era poco participativo y sus respuestas eran similares a las aportadas en la situación problemática 1, debido a que el participante aportaba comentarios como: *«no sometería a mi abuela a la radioterapia, porque una persona tan viejita se puede morir»*.

Finalmente y teniendo en cuenta el análisis realizado para esta primera situación problema solucionada por Tobías, se puede establecer que el participante se encuentra en el nivel 2 de Resolución de Problemas, debido a que establece relaciones análogas con sus vivencias; igualmente, se establece que Tobías se encuentra en el segundo nivel de Argumentación, gracias a que emite conclusiones a partir de los datos presentes en la situación abordada.

Todo lo anterior se puede constatar a partir de las respuestas proporcionadas por el participante, como se muestra en la siguiente imagen:

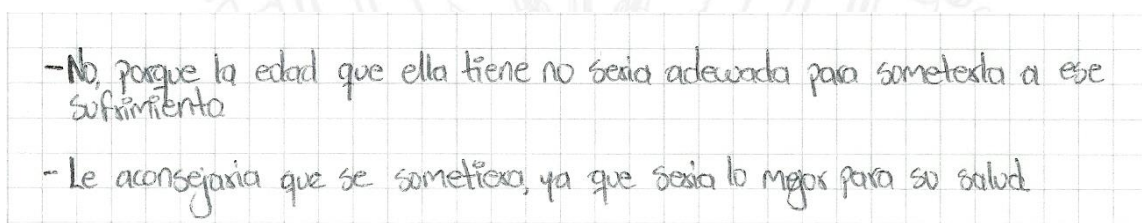


Imagen 5. Algunas respuestas de Tobías a la SP1.

**5.1.2. Situación Problema 2.** De forma similar a la primera situación problema, los investigadores le proporcionan al estudiante unas bases conceptuales que están directamente relacionadas con experiencias de la vida diaria; es así, que posteriormente se le presenta al participante una situación cotidiana (ver imagen 2) en la que él podría verse inmerso, tratando de generar un vínculo entre lo teórico y lo vivencial, para facilitar, de alguna manera, el análisis y las posibles soluciones que Tobías podría darle a esta problemática.

Particularmente, para este análisis se seleccionaron las preguntas 3, 5, 7 y 8 de la *situación problema 2* (ver imagen 2), teniendo en cuenta los intereses del actual proyecto investigativo. Tal como lo muestra la siguiente imagen, se obtuvieron las siguientes respuestas del participante:

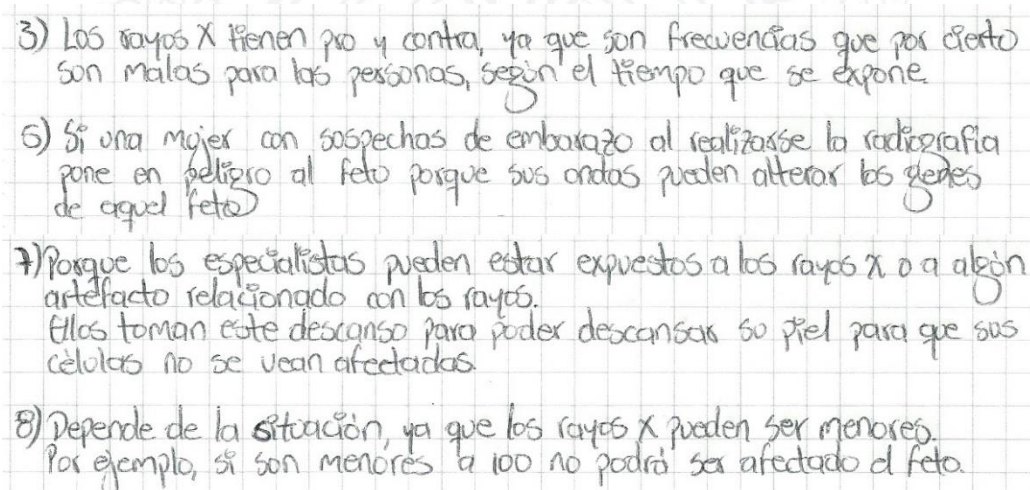
- 
- 3) Los rayos X tienen pro y contra, ya que son frecuencias que por cierto son malas para las personas, según el tiempo que se expone.
- 5) Si una mujer con sospechas de embarazo al realizarse la radiografía pone en peligro al feto porque sus ondas pueden alterar los genes de aquel feto.
- 7) Porque los especialistas pueden estar expuestos a los rayos X o a algún artefacto relacionado con los rayos. Ellos toman este descanso para poder descansar su piel para que sus células no se vean afectadas.
- 8) Depende de la situación, ya que los rayos X pueden ser menores. Por ejemplo, si son menores a 100 no podrá ser afectado el feto.

Imagen 6. Algunas respuestas de Tobías a la SP2.

Para la solución del problema el estudiante tiene en cuenta diferentes aspectos, pero casi en su totalidad se relacionan directamente con el aporte teórico previo, solamente en la última respuesta se puede apreciar que el estudiante también trae a colación aspectos e intereses personales, que giran en torno al bienestar del ser humano pronto a nacer y que hipotéticamente está conectado con el estudiante por un lazo familiar.

En la respuesta a la pregunta 3 de la situación problema 2, es notorio el análisis condicional que hace el estudiante frente a los rayos X; es decir, se puede observar cómo Tobías, a partir de sus conocimientos o indagaciones previas, toma en cuenta factores como

el tiempo de exposición a la radiación para juzgar un efecto benéfico o dañino para las personas, lo cual permite concluir que el participante en su respuesta identificó una variable y sus consecuencias en la situación planteada. Similarmente, ocurre esto con la respuesta a la pregunta 8 de la situación problema 2, en la que identifica la intensidad como otro aspecto relevante de los rayos X, que condiciona su efecto y su posible utilización.

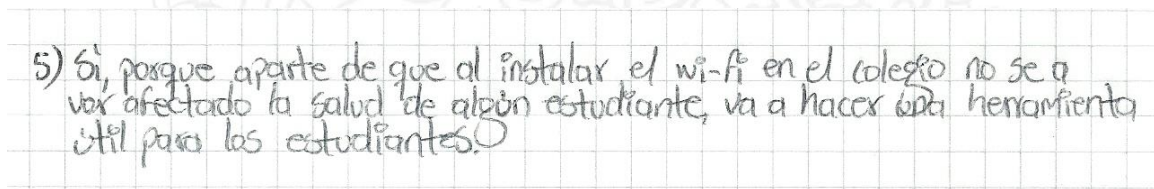
Es importante resaltar, que si bien el estudiante encuentra dos variables importantes que se relacionan tanto con la temática abordada, como con la situación problema; también es de apreciar que Tobías no logra generar una relación entre las mismas; puesto que se esperaba que en las dos respuestas seleccionadas ambas variables fueran mencionadas, lo cual no se hace presente en la solución propuesta por el estudiante.

Por otra parte en las respuestas dadas a las preguntas 5 y 7 de la situación problema 2 se aprecia que el estudiante considera la posibilidad de los efectos negativos de la exposición a los rayos X en diferentes situaciones; bien sea de embarazo o por labor profesional, atribuyendo esto a daños que tienen que ver con la degradación o modificación de los genes y las células en los seres humanos. A pesar de lo anterior, Tobías carece de una sustentación teórica firme, que respalde de una manera integral y científica su argumento, debido a que él se limita a dar unas posibles consecuencias pero no menciona, por ejemplo, los factores de radiación implícitos en las mismas.

Es así que a partir de este análisis para Tobías en esta segunda situación problema se logra verificar que el estudiante se encuentra en el nivel 2 de Argumentación y en nivel

3 de Resolución de Problemas; puesto que a partir de las diferentes descripciones de las categorías se pueden identificar los siguientes aspectos en la solución a la situación problema presentada al participante: argumentos con datos y conclusiones, además de identificar variables de la situación problema.

**5.1.3. Situación Problema 3.** En esta situación problema (ver imagen 3) se indagó sobre la apropiación conceptual en torno a la temática de las OEM y sus efectos para la salud. Es así que se presentó una realidad muy contemporánea y familiar para los estudiantes, por medio del estudio de los posibles efectos de las ondas producidas por una red Wi-fi, donde se intenta establecer dicha relación en una forma más explícita por parte del estudiante. Para ello, es necesario realizar un análisis en torno a una de las preguntas contenidas dentro de la situación problema 3, a saber la pregunta 5, en la que el estudiante nos proporcionó la siguiente respuesta:



5) Sí, porque aparte de que al instalar el wi-fi en el colegio no se va a ver afectado la salud de algún estudiante, va a hacer una herramienta útil para los estudiantes.

Imagen 7. Algunas respuestas de Tobías a la SP3.

Es importante resaltar que en esta respuesta, el estudiante hace referencia a los efectos de estas ondas, que para este caso son las producidas por una red Wi-fi; en sus planteamientos Tobías asume de forma indirecta la pertenencia de éstas a las OEM, además identifica la intensidad de las mismas como factor para evaluar su peligrosidad o no.



Sin embargo, aunque esta respuesta corta deja entrever diferentes reflexiones y relaciones por parte del estudiante, no se evidencia una justificación pertinente a la pregunta, debido a que se limita a evaluar y dar un fallo según los factores y relaciones ya mencionadas anteriormente, pero no profundiza o explicita las razones que lo llevaron a dar esta solución; podría pensarse que esta carencia se presenta por la ausencia de conocimientos necesarios para realizar una argumentación válida, o simplemente no cuenta con la facilidad de expresar los motivos, o quizás no percibe la necesidad de hacerlo. Aunque no se tenga clara el porqué de su falta de justificación, si es notorio que la respuesta carece de una estructura sólida que permita persuadir a otros.

A partir de lo anterior, se puede establecer que el participante se encuentra en el nivel 2 de Argumentación y de Resolución de Problemas, debido a que a partir de las categorías se pudo identificar estos factores en el participante, al momento de resolver la problemática planteada: el argumento contiene conclusiones y establece relaciones con las vivencias personales.

**5.1.4. Situación Problema 4.** Para esta última actividad se consideran situaciones reales y sustentadas por datos informativos actuales y de interés nacional (ver imagen 4), buscando generar en el participante un mayor compromiso y responsabilidad a la hora de brindar una respuesta a los diferentes cuestionamientos que allí se le plantean, pero sin desconocer el fundamento conceptual que el mismo posee y que ha venido trabajando en las últimas semanas.

Para esta cuarta situación problema se seleccionaron para el análisis las respuestas planteadas por Tobías a las preguntas 3, 4, 5 y 6, atendiendo a los intereses de los investigadores, tal como lo registra la siguiente imagen:

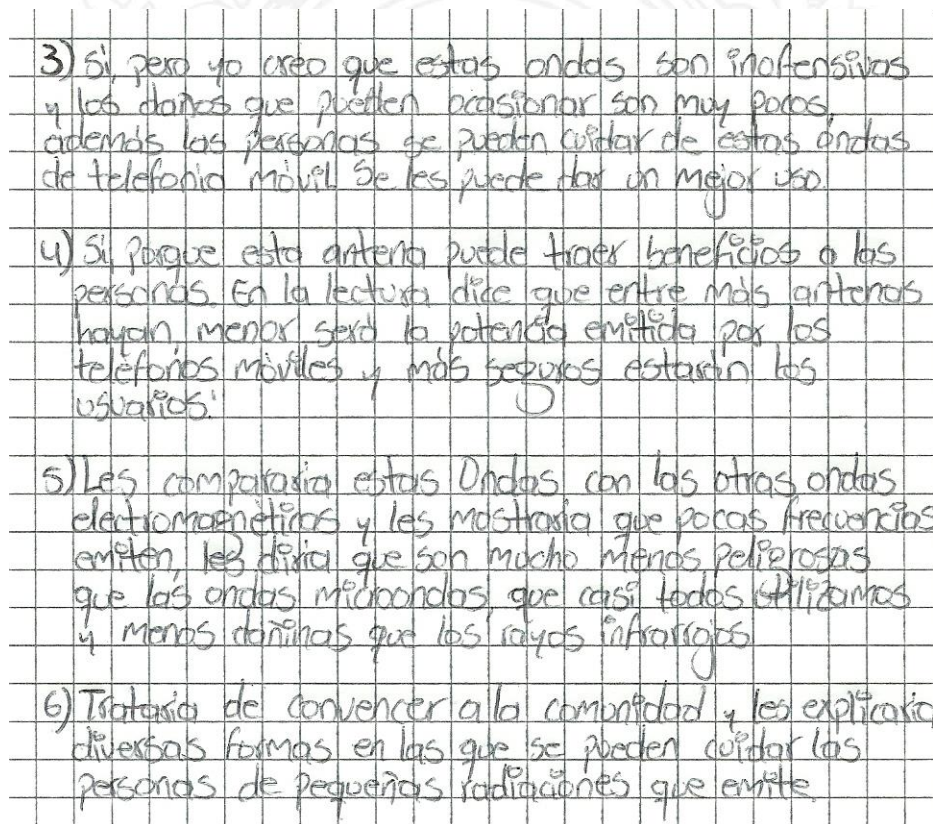


Imagen 8. Algunas respuestas de Tobías a las SP4.

A partir de las respuestas proporcionadas por Tobías, se pueden identificar diferentes factores en torno a lo conceptual y en torno a la solución y argumentación de sus aportes. En la respuesta a la pregunta 3, el estudiante tiene una manera más global y estructurada de analizarla y solucionarla, debido a que tiene en cuenta la naturaleza de las ondas, la intensidad de las mismas, así como posibles consecuencias en la salud y, además de esto, intenta proponer otras alternativas, para analizarlas y utilizarlas. Es evidente como

el estudiante hace referencia a todos estos aspectos; sin embargo, su respuesta sigue siendo muy implícita, pero aun así se logra identificar una reflexión y justificación fundamentada desde lo teórico para responderla, y por otra parte Tobías logra separarse de esta situación para buscar alternativas donde el objeto de estudio, que para este caso son las OEM, se puedan ver de una manera provechosa, pero no profundiza en su propuesta, lo cual podría entenderse como una falencia en algunos conocimientos o en comunicación.

Por otra parte, en la respuesta a la pregunta 4, el estudiante identifica y justifica en forma apropiada y de acuerdo al texto, las razones por las cuales sería benéfico instalar antenas que emiten este tipo de OEM; esto permite percibir que el estudiante sí cuenta con las herramientas conceptuales para hacer este análisis, y que en la respuesta anterior lo que podría haber fallado sería la comunicación clara y explícita de su respuesta, lo que no desvirtúa su apropiación teórica en torno a la temática y problemática abordada.

Similarmente ocurre con la respuesta a la pregunta 5, en la cual el estudiante hace evidente el conocimiento, diferenciación y relación que pueden establecerse entre diferentes OEM, para responder la pregunta. Quizás lo más importante de resaltar, es la manera de ejemplificar o establecer analogías entre las naturalezas de las ondas, sus usos y consecuencias, con el objetivo de concienciar y justificar su respuesta, lo que permite, a su vez, identificar un análisis estructurado e integral de la situación, desde lo teórico y lo experiencial por parte de Tobías. Así mismo, la última respuesta es muy similar a ésta, debido a que, aunque carece de razones conceptuales, sí pone en evidencia la facilidad de

ejemplificar o buscar soluciones; lo que hace notorio su apropiación sobre el tema abordado.

Para esta actividad y tomando en cuenta las reflexiones anteriores se puede establecer que el estudiante se encuentra en el nivel 4 de Argumentación y el máximo nivel de Resolución de Problemas; debido a que por medio de las categorías, se pueden identificar en la solución de la problemática los siguientes aspectos en el participante: el argumento contiene conclusiones que son justificadas de manera teórica, además de que en la manera de solucionar la problemática desarrolla todos los niveles de Resolución de Problemas, aunque hace falta desarrollar mejor y profundizar más en cada aspecto.

Finalmente, a partir de las diferentes situaciones problemas que se le propusieron a los participantes; entre ellos a Tobías, se pudo identificar en este último un avance notorio al momento de afrontar una situación problema, de abordarla y solucionarla, debido a que al principio, aunque eran claras algunas identificaciones de variables, las relaciones entre las mismas aún no se lograban establecer; sin embargo, este aspecto se fue fortaleciendo hasta el punto de poder brindar respuestas justificadas de forma adecuada y ofrecer ejemplificaciones y analogías que trascendían la situación abordada inicialmente, evidenciando de esta manera un progreso en la Resolución de Problemas y en la argumentación, a lo largo de las actividades realizadas, lo cual indica un avance en el desarrollo del Pensamiento Crítico.

## 5.2. Caleb

El participante es un estudiante de 17 años, la cual vive en el barrio Moravia de la ciudad de Medellín.

**5.2.1. Situación Problema 1.** Esta situación problema fue abordada durante dos momentos, en los cuales se debía dar una posible solución, basados en una serie de preguntas y otras herramientas brindadas por los investigadores y/o consultadas por los participantes. En esta primera situación (ver imagen 1) se les presentó una problemática hipotética, con el fin de que la resolvieran a partir de sus argumentos conceptuales o vivenciales.

Las respuestas proporcionada por el participante, se muestran en la siguiente imagen:

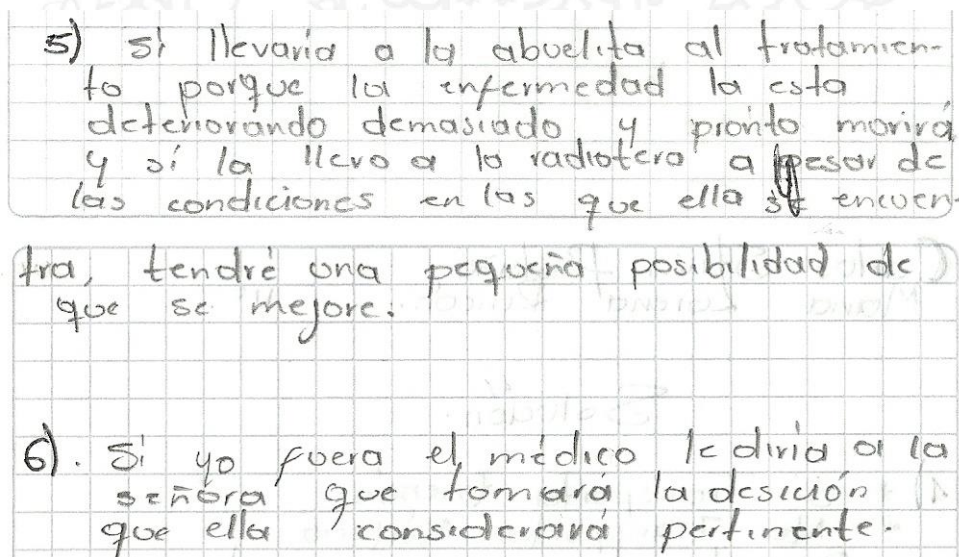


Imagen 9. Algunas respuestas de Caleb a la SP1.

En la solución planteada por el participante Caleb, se puede evidenciar que tuvo en cuenta las contradicciones que trae consigo el que una persona se someta a un tratamiento de radioterapia, debido a que en el momento de plantear la respuesta a la pregunta 5, en la que decide aceptar el proceso para su familiar, deja entrever la subjetividad y condición del ser humano, en la medida en que, la justificación de su afirmación está permeada por un alto valor emocional y sentimental, es decir, su argumento está dado de sus preconcepciones y/o vivencias.

Aunque Caleb tiene presente factores importantes como las contraindicaciones del tratamiento, deja de lado otros de igual importancia, como la edad de la paciente, el tiempo que puede durar en tratamiento, entre otros, es decir, los argumentos y sustentos de su solución están direccionados hacia el campo subjetivo y moral desconociendo o dejando de lado aquellos que se pueden dar desde las ciencias. Este aspecto, se muestra aún más cuando dentro de la situación se pone al participante en el rol del doctor y en la respuesta a la pregunta 6, no orienta a la paciente, que sería la postura esperada por parte del médico, sino que le asigna toda la responsabilidad.

Así, aunque Caleb se mostró participativo y activo durante el desarrollo de la actividad, por lo descrito anteriormente y por las intervenciones hechas durante la socialización, se pudo observar que sus respuestas tenían una gran carga sentimental y subjetivo, encaminadas hacia la parte humana y dejando aislado la parte teórica y científica para sustentar sus conclusiones, por tanto Caleb puede ubicarse en el nivel 2 de Resolución de Problemas. Además, es capaz de establecer conclusiones y relaciones de causa-efecto,

aunque lo argumenta basado en sus emociones, por lo cual el participante se encuentra en el nivel 2 de Argumentación.

**5.2.2. Situación Problema 2.** De forma similar a la primera situación problema, los investigadores le proporcionan al estudiante unas bases conceptuales que están directamente relacionadas con experiencias de la vida diaria; es así, que posteriormente se le presenta al participante una situación cotidiana (ver imagen 2) en la que él podría verse inmerso, tratando de generar un vínculo entre lo teórico y lo vivencial, para facilitar, de alguna manera, el análisis y las posibles soluciones que Caleb podría darle a esta problemática.

Particularmente, se seleccionaron las preguntas 5, 6, 7 y 8 para analizar si el participante ha tenido algún avance en relación al desarrollo de la primera situación problema. Tal como lo muestra la imagen obtuvieron las siguientes respuestas:

UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3



- 5# porque todo este tipo de onda la cual afecta tanto a la madre como al feto puede generar una mutación o alteración de los gametos del feto.
- 6# es lo mismo que pasa cuando se expone una persona a radio terapia, este tipo de onda la cual hace un gran daño a la piel tanto exterior como interiormente lo mismo pasa con los rayos X este al igual que las ondas electromagnéticas afecta la células siendo una de las maneras más perjudicial para el cuerpo humano.
- 7# el cuerpo tiene la capacidad de recibir cierta cantidad rayos X en el cuerpo es de esta manera que se les otorgan unas vacaciones para que sus cuerpos vuelvan a la normalidad.
- 8# mi postura frente al tema es que una mujer estado de embarazo se le pueden hacer rayos X siempre y cuando los rayos no tenga encuentro con el estomago del la paciente.

Imagen 10. Algunas respuestas de Caleb a la SP2.

Como se puede apreciar, el participante tiene en cuenta diferentes factores de importancia dentro del desarrollo de la actividad, los cuales evidencian un gran aporte desde componentes teóricos, proporcionados con anterioridad y se evidencia en la última



de sus respuestas una postura contundente que deja entrever que sigue una lógica desde las respuesta anteriores.

En la respuesta a la pregunta 5, se puede evidenciar que Caleb atribuye a la exposición a los rayos X una posible mutación del feto y perjuicios para la madre, es decir, se puede observar cómo Caleb, a partir de sus conocimientos o indagaciones previas, establece una relación causa-efecto en la salud tanto de la madre como del bebé, lo cual permite concluir que el participante en su respuesta identificó una variable y sus consecuencias en la situación planteada.

Por otra parte, en la respuesta dada a la pregunta 6 de la situación problema 2 se aprecia que el estudiante hace una comparación entre los rayos X y los rayos utilizados para la radioterapia, lo cual deja entrever que Caleb establece relaciones y/o analogías entre las situaciones planteadas y los contenidos teóricos que están ligados en ellos; además, utiliza esta comparación para dar mayor solidez a su respuesta, dejando en evidencia que las temáticas y problemáticas planteadas están estrechamente relacionadas.

Así mismo, se puede evidenciar en la respuesta a la pregunta 7 que Caleb identifica otro factor relevante en la problemática al aludir a la capacidad de asimilación del cuerpo humano de cierta cantidad de radiación, basando sus argumentos en los conceptos teóricos proporcionados al iniciar la actividad, es decir, su respuesta se posiciona en concepciones teóricas, pero éstas no son muy sólidas por ser muy generales, debido a que se esperaba

que estableciera datos numéricos en relación a la cantidad de radiación y el tiempo en que el cuerpo la elimina

Finalmente, la respuesta planteada por Caleb a la pregunta 8 no contiene explícitamente los conceptos teóricos ni las relaciones descritas anteriormente, sino que su argumento principal está referido a la zona corporal en la que los rayos X pueden afectar al bebé, en otras palabras, Caleb plantea que si los rayos X son lejanos a la zona abdominal el riesgo para el bebé es menor, pero no lo justifica desde los conocimientos científicos.

Así, en relación con lo descrito anteriormente, es posible ubicar a Caleb en un tercer nivel de Resolución de Problemas, debido a que identifica algunas variables, establece relaciones analógicas entre las situaciones presentadas y sus respuestas contienen bases teóricas, aunque no son muy sólidas. Igualmente, Caleb se encuentra en el tercer nivel de argumentación, debido a que hace uso de los datos para establecer conclusiones y justificarlas.

**5.2.3. Situación Problema 3.** En esta situación problema (ver imagen 3) se indagó sobre la apropiación conceptual en torno a la temática de las OEM y sus efectos para la salud, desde una realidad muy contemporánea y familiar para los estudiantes.

Durante el desarrollo de esta situación problema se evidencia que Caleb aporta respuestas desde la reflexión. Esto es evidenciable en la siguiente imagen:



#1) Las Ondas wifi si emiten radiación, pero son muy inofensivas. No son perjudiciales para la salud, sin embargo cuando se tiene una disposición muy alargada a dispositivos analámbricas puede traer consecuencias.

#2) Las Ondas que hemos estudiado anteriormente son utilizadas más que todo en el campo de la salud, en cambio estas ondas wifi permite conectarnos con muchos dispositivos electrónicos.

#3) Si, pero muy poco y eso también depende del uso que se les den y que tanto las personas se cuiden con respecto a estas Ondas.

#4) Si, pero eso depende de que tanta radiación se reciba, de las longitudes de onda y de las personas.

#5) Si, porque si uno es una persona conciente de los daños que produce el wifi, lo puede instalar y cuidarse. Además es muy necesario el wifi ayuda en muchas cosas y las personas deben darle un buen uso.

Imagen 11. Respuestas de Caleb a la SP3.

A partir de estas respuestas, se observa que el participante es consciente que todas las OEM emiten radiación tanto de alta como de baja frecuencia, afirmando que estas últimas son poco perjudiciales, pero no justifica esta afirmación (respuesta 1); no obstante, hace un llamado al uso racional de los diferentes dispositivos que funcionan con estas OEM, además del autocuidado (respuesta 3 y 5). Esto muestra que aunque carece de fundamentos sólidos para la justificación de sus palabras, sí deja plasmada una postura reflexiva y abierta.

Ahora, en la solución de la situación problema planteada por Caleb se evidencia una postura afirmativa, pero a la vez reflexiva, dando argumentos justificados, desde una visión preventiva y subjetiva, además, es consciente de los beneficios que este tipo de OEM pueden proporcionar (respuestas 3, 4 y 5).

Por el análisis realizado anteriormente, se puede establecer que Caleb se encuentran en el máximo nivel de Resolución de Problemas, debido a que identifica algunas variables de la situación y las relaciona, además, hace reflexiones desde sus vivencias, es decir, desarrolla todos los niveles de Resolución de Problemas, sin embargo le falta desarrollar mejor y profundizar más en cada uno de los niveles. Igualmente, se puede afirmar que se encuentra en el nivel 3 de Argumentación, debido a que sus respuestas contienen datos y conclusiones, pero no son justificados desde las ciencias, sino desde las vivencias y creencias propias.

**5.2.4. Situación Problema 4.** Para esta última actividad se consideran situaciones reales y sustentadas por datos informativos actuales y de interés nacional (ver imagen 4), buscando generar en el participante un mayor compromiso y responsabilidad a la hora de brindar una respuesta a los diferentes cuestionamientos que allí se le plantean, pero sin desconocer el fundamento conceptual que el mismo posee y que ha venido trabajando en las últimas semanas.

En el desarrollo de la situación problema 4, las respuestas dadas por el participante a los interrogantes 3, 4, 5 y 6 que direccionaron esta actividad fueron las siguientes:



UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3



3. Si, pero de una forma muy mínima este tipo de ondas emite una radiación menor, a cualquiera de las ondas a las que se pueda exponer el cuerpo humano es así como esta onda causa un daño mínimo en la salud.
4. Si, porque como ya sabemos este tipo de onda no causa mayores daños en el cuerpo siendo un beneficio para nuestra comodidad en el hogar.
5. primero haría una reunión con la asamblea para dar una pequeña explicación acerca de los beneficios que puede brindar estas antenas y les hablaría también del poco efecto que esto podría causar a la salud.
6. hablando personalmente con todas las personas de la comunidad y con la empresa de telecomunicaciones. para debatir acerca de la problemática.

Imagen 12. Algunas respuestas de Caleb a la SP4.

En estas respuestas, se puede evidenciar que Caleb es consciente de que estas OEM pueden ser perjudiciales para la salud humana, sin embargo, hace uso de argumentos basados en los documentos provistos por los investigadores, para mostrar su postura afirmativa hacia la instalación de la antena, partiendo del sustento de que por ser ondas de

baja frecuencia los daños son mínimos, dando mayor importancia a los beneficios que proporcionan (respuestas 3 y 4). Además, estos sustentos teóricos dados por el participante son el compendio de la problemática anterior y de las deducciones hechas del material suministrado por los investigadores en ambas situaciones, lo cual permite visualizar que Caleb establece relaciones y secuencias entre las diferentes situaciones problemas tratadas y se vale de éstas para justificar su respuesta de manera clara y concreta.

En las respuestas 5 y 6, se puede observar a Caleb en una posición de reflexión en torno la problemática, permitiendo que la comunidad participe en la toma de las decisiones y de las acciones que se van a emprender, ilustrando a la comunidad sobre los beneficios que traería la instalación de la antena, pero aclarando que podrían haber algunos perjuicios mínimos, que podrían ser combatidos con normas básicas de autocuidado. En este apartado, se muestran justificaciones para las conclusiones del participante no tanto desde contenidos científicos o físicos, sino desde posturas subjetivas y sociales, que manifiestan una concepción humana y de bienestar común por parte del estudiante, dejando de lado las preconcepciones materialistas, mercantiles y económicas, buscando ser un mediador para establecer consensos y una solución que beneficie a ambas partes.

Por el análisis realizado al proceso llevado a cabo por Caleb en el desarrollo de esta situación problema se puede establecer que se encuentra en el nivel 4 de Resolución de Problemas, debido a que en la solución propuesta identifica variables presentes en la problemática y establece relación entre los contenidos que se abordan en la problemática, desde concepciones previas y teóricas. Además, se establece que se encuentra en el tercer

nivel de Argumentación, debido a que aunque plantea argumentos amplios y sólidos en sus respuestas, solo algunos son justificados de manera teórica.

### 5.3. Thea

La participante es una estudiante de 17 años, la cual vive en el barrio Moravia de la ciudad de Medellín.

**5.3.1. Situación Problema 1.** Esta situación problema fue abordada durante dos momentos, en los cuales se debía dar una posible solución, basados en una serie de preguntas y otras herramientas brindadas por los investigadores y/o consultadas por los participantes. En esta primera situación (ver imagen 1) se les presentó una problemática hipotética, con el fin de que la resolvieran a partir de sus argumentos conceptuales o vivenciales.

En el proceso llevado por la participante en el desarrollo de la situación problema 1, las respuestas dadas a los interrogantes 5 y 6 son las siguientes:





5. si yo fuera quien decidiera si someter o no a la abuela, yo la someteria, porque en el hospital le estarian tratando la enfermedad, mientras que en la casa no le estarian haciendo nada, antes se está permitiendo que avance más la enfermedad sin hacer nada al respecto, y posiblemente, puedan sanarla y que viva mas tiempo.

6. Que la radioterapia no es muy efectiva, pero es el unico tratamiento contra el cáncer y que se va a ser todo lo humanamente posible para que el tratamiento funcione, además hay que mantener a la paciente en constante revisión para mirar la evolución de la radioterapia, ya que se corre el riesgo de que se le pueda despertar otro cáncer

Imagen 13. Algunas respuestas de Thea a la SP1.

Se observa que Thea responde afirmativamente frente al someter a su abuela al tratamiento de radioterapia, aunque su argumento se da desde aspectos emocionales y desde sus sentimientos, quizá por ser una situación cercana a ella; esto se evidencia en expresiones como: «...*mientras que en la casa no le estarían haciendo nada, antes se está permitiendo que avance más la enfermedad sin hacer nada al respecto...*», lo que demuestra el predominio del factor subjetivo y la afectación emocional de la participante. En este sentido, es claramente notorio la carencia de contenidos teóricos, sin embargo, Thea identifica la información que a la señora le quedan a aproximadamente tres meses de vida si no se somete a la radioterapia, lo cual es un elemento importante dentro de la situación, debido a que convierte al problema a un nivel extremo, que puede llevar a decidir desde las emociones.

Por el contrario, cuando Thea se ubica en la posición del doctor, se evidencia una postura acorde a un profesional de la salud, debido a que advierte que el tratamiento no es 100 % efectivo, pero es una posibilidad de control y de erradicación de la enfermedad, adicionalmente, advierte de una de las contraindicaciones procedentes del tratamiento (respuesta 6). En este sentido, la participante muestra un panorama amplio de la situación y pone en contexto a la familia de los beneficios y desventajas del procedimiento dejando la decisión en manos de los responsables.

Es importante señalar el contraste presentado en las respuestas de la participante al asumir cada uno de los roles pedidos en la situación problema; en una de las respuestas toma un apostura desde factores emocionales, pero en la otra respuesta hace uso de

conceptos teóricos, y se centra en concepciones más analíticas y reflexivas, dando una mirada más amplia de la situación y no centrándose en defender una postura, es decir, asumiendo el rol de un profesional de la salud de manera muy ética; podría pensarse que la participante tiene la facilidad de desvincularse a los lazos familiares o sentimientos, para así poder brindar una opinión más imparcial.

Así, teniendo en cuenta el análisis realizado para esta primera situación problema solucionada por Thea, se puede establecer que la participante se encuentra en el nivel 2 de Resolución de Problemas, debido a que establece relaciones con otras situaciones análogas, además, se deduce que se encuentra en el nivel 2 de Argumentación, gracias a que presenta conclusiones a partir de los datos presentados en la situación problema.

Finalmente, vale la pena aclarar que la participante sostiene que la radioterapia es el único tratamiento para tratar el cáncer, lo cual no es cierto, debido a que existen otros procedimientos para el tratamiento de esta enfermedad como la quimioterapia.

**5.3.2. Situación Problema 2.** De forma similar a la primera situación problema, los investigadores le proporcionan al estudiante unas bases conceptuales que están directamente relacionadas con experiencias de la vida diaria; es así, que posteriormente se le presenta al participante una situación cotidiana (ver imagen 2) en la que ella podría verse inmerso, tratando de generar un vínculo entre lo teórico y lo vivencial, para facilitar, de alguna manera, el análisis y las posibles soluciones que Thea podría darle a esta problemática.

En el proceso llevado a cabo por Thea en esta situación problema se aprecian las siguientes respuestas a los cuestionamientos 3, 4 y 8 que direccionan esta problemática:

3. el avance de la ciencia medica ha implementado los rayos x como un mecanismo de apoyo en varias situaciones radiograficas, angiograficas, pero tambien se sabe que tiene implicaciones por ejemplo en las mujeres embarazadas ya que las altas frecuencias de los rayos x podrian alterar la estructura de las moleculas del feto incluso para la madre. Incluso podria causar muerte celular, malfomacion de gametos, en la multiplicación celular o afectar la implantación del embrión en el útero.

4. si podrian causar afecciones en el feto como las que mencione anteriormente pero tambien hay mecanismos para evitar los perjuicios, si los rayos x son muy necesarios como utilizar un delantal plomado.

5. porque podria afectar al feto en su estructura genetica.

6. una persona expuesta excesivamente a este tipo de radiación, podria tener consecuencias graves en su salud, por esto debe hacer pausas en la exposición a estas personas expuestas a estos rayos son los oncólogos por ejemplo.

7. esto se debe al peligro que corre una persona con exposición excesiva a las ondas.

8. si le haria la radiografia puesto que si corre riesgo el feto pero es muy bajo y esta alejado de la zona del estomago podria ser una pierna talvez.

Imagen 14. Algunas respuestas de Thea a la SP2.

En la respuesta dada por la participante ante la pregunta 3 se puede evidenciar que hace alusión a la alta frecuencia que poseen los rayos X como causante de malformaciones para el feto y afectaciones de salud para la madre, utilizando contenidos teóricos para dar claridad y solidez a los argumentos y justificación de su respuesta. Igualmente, es importante resaltar que plantea otros usos de estos rayos en la medicina y los ubica como un factor de avance de la misma.

En la respuesta dada por Thea a la pregunta 4, es notable el hecho que reconoce que estos rayos son perjudiciales y pueden causar afectaciones a la salud de las personas, sin embargo hace alusión a la implementación de mecanismos u objetos que permiten minimizar los riesgos, es decir, plantea una solución efectiva y segura de realizar un procedimiento, haciendo uso de un delantal plomado que disminuye significativamente la peligrosidad de dichas ondas.

Igualmente, es importante mencionar que Thea en la respuesta a la pregunta 6 hace referencia a la exposición excesiva, lo cual permite señalar que está identificando las variables tiempo de exposición e intensidad de la onda. No obstante, no hace uso de ellas para generar argumentos sólidos en otras respuestas, sino que por ejemplo, en la respuesta a la pregunta 8, Thea establece una posición positiva hacia la realización de la radioterapia, haciendo alusión a que los riesgos serán menores para el feto si se realiza en una zona diferente a la abdominal; en este argumento se evidencia que la participante atribuye los riesgos proporcionados por estos rayos, directamente a la zona donde se realizará el procedimiento. Es decir, realiza una identificación de las variables de manera diferenciada y no establece relaciones entre éstas.

Por lo descrito anteriormente se puede plantear que Thea se encuentra en el nivel 3 de Resolución de Problema, debido a que identifica variables, y en el nivel 3 de Argumentación, puesto que aunque justifica su manera de resolver el problema, no lo hace de manera teórica.

**5.3.3. Situación Problema 3.** En esta situación problema (ver imagen 3) se indagó sobre la apropiación conceptual en torno a la temática de las OEM y sus efectos para la salud, desde una realidad muy contemporánea y familiar para la participante.

Durante el desarrollo de esta situación problema Thea planteó las siguientes respuestas a las preguntas 3, 4 y 5:

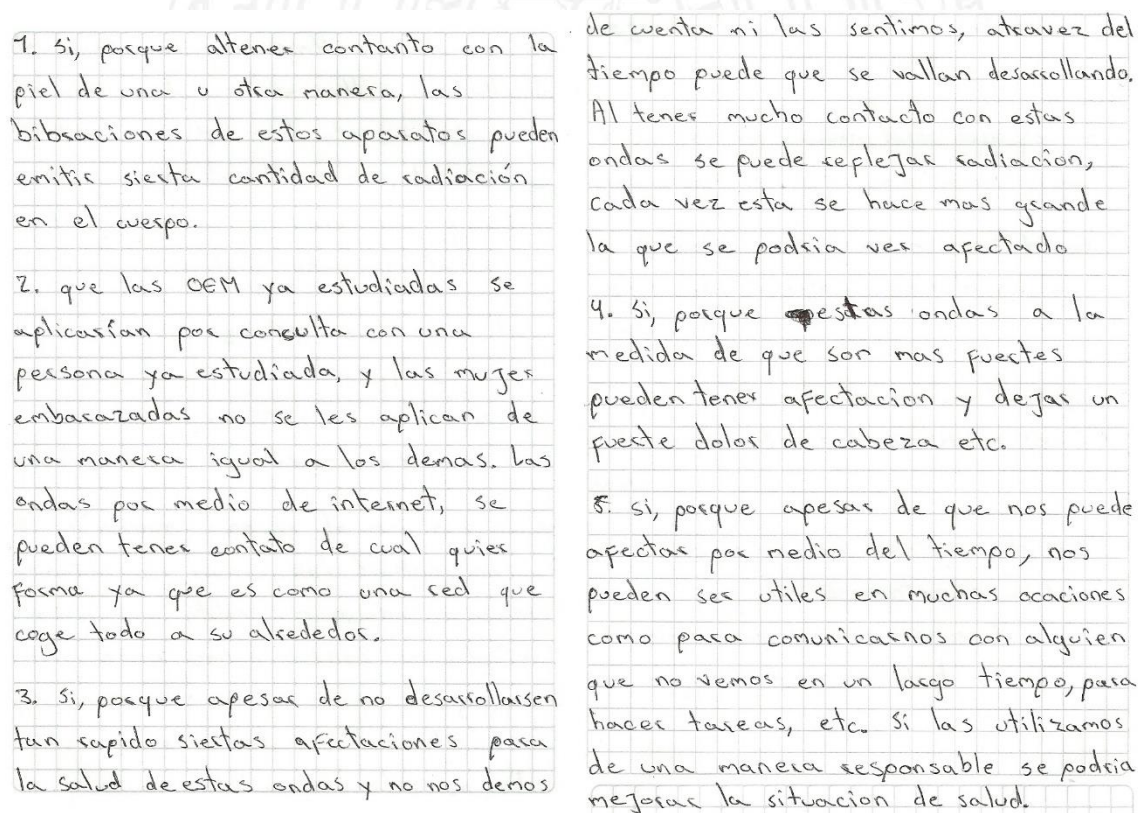
- 
1. Si, porque al tener contacto con la piel de una u otra manera, las vibraciones de estos aparatos pueden emitir cierta cantidad de radiación en el cuerpo.
2. que las OEM ya estudiadas se aplicaban por consulta con una persona ya estudiada, y las mujeres embarazadas no se les aplican de una manera igual a los demás. Las ondas por medio de internet, se pueden tener contacto de cual quier forma ya que es como una red que coge todo a su alrededor.
3. Si, porque apesar de no desarrollarsen tan rapido ciertas afectaciones para la salud de estas ondas y no nos demos de cuenta ni las sentimos, atravez del tiempo puede que se vayan desarrollando. Al tener mucho contacto con estas ondas se puede reflejar radiación, cada vez esta se hace mas grande la que se podria ver afectado
4. Si, porque estas ondas a la medida de que son mas fuertes pueden tener afectacion y dejar un fuerte dolor de cabeza etc.
5. Si, porque apesar de que nos puede afectar por medio del tiempo, nos pueden ser utiles en muchas ocasiones como para comunicarnos con alguien que no vemos en un largo tiempo, para hacer tareas, etc. Si las utilizamos de una manera responsable se podria mejorar la situacion de salud.

Imagen 15. Algunas respuestas de Thea a la SP3.

En la respuesta dada por Thea ante pregunta 3 se puede evidenciar que considera que hay una afectación a la salud humana debida a la radiación de las ondas de baja frecuencia, tomando argumentos de carácter teórico al hacer alusión al hecho de que los

perjuicios no son perceptibles de forma inmediata o en periodos de tiempo cortos, sino que al experimentar una exhibición prolongada y continua a este tipo de ondas, la radiación se puede ir acumulando hasta presentarse afectaciones. En esta respuesta es posible establecer que Thea identificó algunas variables de la problemática como lo son el tiempo de exposición y el nivel de acumulación de la radiación, además establece relaciones entre estas variables para sustentar sus argumentos.

Similarmente, ante el interrogante 4 la participante sostiene que estas ondas podrían afectar la salud; aunque en sus argumentos carece de justificaciones teóricas claras, sí expone una sintomatología provocada por la exposición o uso prolongado de un dispositivo cuyo funcionamiento está fundamentado por la implementación de este tipo de OEM; argumento que está basado en la información del material brindado por los investigadores al inicio de la actividad

Finalmente, en la respuesta a la pregunta 5, se evidencia que aunque Thea es consciente de que estas ondas pueden ocasionar perjuicios para la salud, está de acuerdo con la instalación de la red Wi-fi, debido a que sostiene que los beneficios son mayores que las afectaciones, los cuales pueden ser reducidos haciendo un uso responsable. En resumen, en la respuesta dada por la participante se muestra de forma clara su postura, con argumentos desde concepciones propias y desde conceptos teóricos, al igual que realiza un llamado a desarrollar hábitos de prevención que disminuyan de la afectación.

Por lo descrito anteriormente, se puede plantear que Thea se encuentra en el nivel 4 de Resolución de Problemas, debido a que identifica variables y las relaciona, y en el nivel 4 de Argumentación, puesto que sustenta sus argumentos desde la teoría.

**5.3.4. Situación Problema 4.** Para esta última actividad se consideran situaciones reales y sustentadas por datos informativos actuales y de interés nacional (ver imagen 4), buscando generar en la participante un mayor compromiso y responsabilidad a la hora de brindar una respuesta a los diferentes cuestionamientos que allí se le plantean, pero sin desconocer el fundamento conceptual que el mismo posee y que ha venido trabajando en las últimas semanas.

En el desarrollo de la situación problema 4, las respuestas dadas por la participante a los interrogantes 3, 4, 5 y 6 que direccionaron esta actividad fueron las siguientes





3. Si, pero no causan tanto daño porque su frecuencia es baja, pero acumulativa
4. Si, porque entre mas antenas hayan, menos sera la potencia emitida por los telefonos
5. que son de baja frecuencia y que entre mas antenas hayan menos sera el daño
6. yo exponeria las ventajas de las antenas y las desventajas, y la decision sera la que mejor les convenga a la comunidad.

Imagen 16. Algunas respuestas de Thea a la SP4.

En la respuesta dada por Thea a la pregunta 3, se puede evidenciar que identifica datos importantes dentro de la situación problema, como lo es la frecuencia, la cual para este tipo de ondas es baja, y atribuye a esta característica la poca afectación que podrían causar en la salud humana. Otro aspecto relevante evidenciado en la respuesta, es el hecho de que la exposición a estas ondas posibilita una acumulación de radiación en el cuerpo. Aunque no se presenta un argumento sólido, las conclusiones elaboradas por Thea están

basadas en los documentos brindados por los investigadores al inicio de la situación problema.

Por otro lado, en la respuesta dada por la participante al interrogante 4, se puede evidenciar la identificación de variables importantes dentro del contexto del problema, como lo son el número de antenas y la potencia emitida, relacionando estas variables para emitir un argumento sólido y sustentado desde concepciones teóricas, en el sentido en que plantea que el número de antenas es inversamente proporcional a la potencia emitida, es decir que entre más antenas haya menor será la potencia emitida, siendo esta característica un factor determinante en lo relacionado a posibles riesgos para la salud humana. En esta respuesta Thea da solución a la pregunta de forma clara y sólida, con argumentos lógicos, coherentes y contenidos teóricos fuertes, que sustentan su respuesta afirmativa para la instalación de la antena.

Similarmente, en la respuesta dada por Thea a la pregunta 5, se evidencia que busca disminuir la preocupación de la comunidad, brindando argumentos teóricos, para que así le permitan a su empresa instalar la antena. Es importante hacer alusión que la participante busca en las ciencias las herramientas necesarias para entablar un diálogo con la población, en el que ilustra, de forma científica, argumentos sólidos, claros y verídicos que le permitan la aceptación por parte de la población de la instalación, dejando de lado la inclusión de factores comerciales y económicos.

Adicionalmente, Thea, ante la pregunta 6, muestra una postura abierta y reflexiva, que incluye a los actores que están involucrados en la situación, siendo imparcial al exponer tanto las ventajas como las desventajas de la instalación de la antena de comunicación, dejando de lado los intereses comerciales que influyen en el contexto de la situación; mostrando una actitud de compromiso social y bienestar común, debido a que trata de que la solución a la problemática se dé a partir de un consenso, sin imponer concepciones individuales, pensando en colectivo y en el bienestar de la comunidad .

Por lo descrito anteriormente, se plantea que Thea se encuentra en el nivel máximo de Resolución de Problemas, debido a que identifica variables estableciendo relaciones entre ellas, incluyendo todos los niveles de RP. Así mismo, se establece que Thea se encuentra en el nivel 4 de Argumentación, puesto que los argumentos sobre la problemática son justificados de manera teórica.

## Conclusiones

Durante el desarrollo de las situaciones problemas fue visible el gran avance de los casos analizados, en relación a la Resolución de Problemas, debido a que se notó un progreso en la identificación y relación de variables, al igual que las comparaciones con experiencias análogas; esto generó en ellos un principio de autonomía y otras habilidades propias del Pensamiento Crítico.

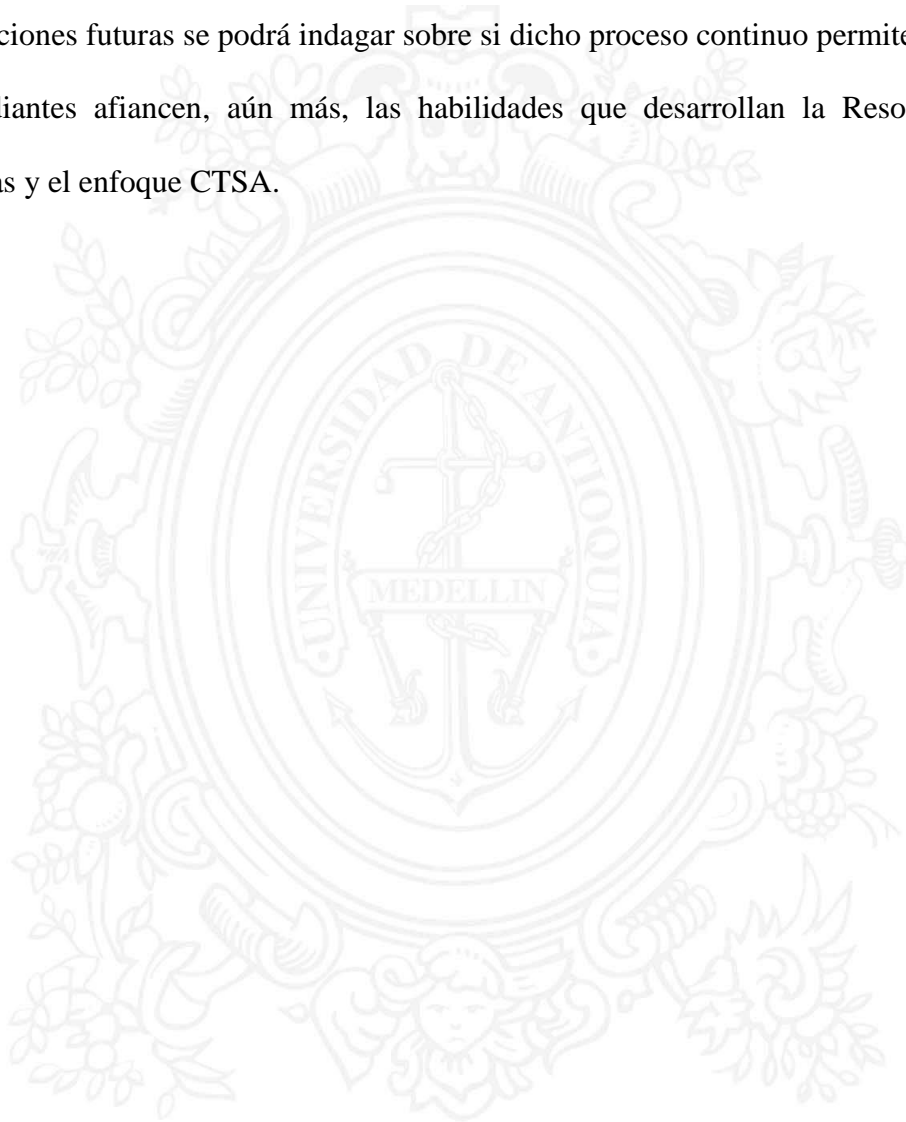
Igualmente, la capacidad argumentativa se vio claramente reforzada, porque los argumentos de los casos iban teniendo mayor solidez y sustento teóricos, trascendiendo más allá de justificaciones vivenciales. Una de las causas de este logro, fue el proceso de socialización llevado a cabo dentro de cada una de las situaciones problema, debido a que éste permitía que los argumentos fueran sometidos a juicio, por lo que cada vez, debían ser más sólidos para convencer a los interlocutores.

Así, la estrategia didáctica planteada en esta investigación logró que los casos desarrollaran el Pensamiento Crítico, al adquirir habilidades comprendidas por esta capacidad. Es de aclarar, que con estas conclusiones no se pretende generalizar, ni mucho menos, afirmar que esta estrategia didáctica ayudará a que todos los estudiantes desarrollen el Pensamiento Crítico, puesto que ésta dependió de factores específicos del contexto.

Adicional a esto, se recomienda incluir la Resolución de Problemas y el enfoque CTSA en las clases de ciencias, debido a que éstas permiten integrar diferentes áreas mediante las situaciones problemas, logrando así que un proceso continuo. Igualmente, en



investigaciones futuras se podrá indagar sobre si dicho proceso continuo permite o no que los estudiantes afiancen, aún más, las habilidades que desarrollan la Resolución de Problemas y el enfoque CTSA.



UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

## Referencias

- Acevedo, J. (2009). Conocimiento didáctico del contenido para la enseñanza de la naturaleza de la ciencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6(2).
- Arambula, T. (1996). Implementing problem-based learning in a collage science class. *Research in Science Education*, 25(4), 383-393.
- Arango, J., Henao, B., & Romero, Á. (2012). Hacia una formación sociopolítica: propuesta pedagógica centrada en discusiones sobre un asunto sociocientífico, respaldadas en fuentes de divulgación. *Uni-pluri/versidad*, 12(3), 51-56.
- Barrel, J. (1999). *Aprendizaje basado en Problemas, un enfoque investigativo*. Buenos Aires: Editorial Manantial.
- Barroso, J., & Rodríguez, I. (2007). Dificultades de aprendizaje e intervención psicopedagógica en la resolución de problemas matemáticos. *Revista de Educación*(342), 257-286.
- Becerra, C., Gras, A., & Martínez, J. (2004). Análisis de la resolución de problemas de física secundaria y primer curso universitario en Chile. *Enseñanza de las ciencias*, 22(2), 275-286.
- Beléndez, A. (2008). La unificación de luz, electricidad y magnetismo: la “síntesis electromagnética” de Maxwell. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 30(2).
- Beltrán, J., & Pérez, L. (1996). Inteligencia, pensamiento crítico y pensamiento creativo. En J. Beltrán, & C. Genovard (Edits.), *Psicología de la instrucción I. Variables y procesos* (págs. 429-503). Madrid: Síntesis.

- Berkson, W. (1985). *Las teorías de los campos de fuerza: Desde Faraday hasta Einstein*. Madrid: Alianza Universidad.
- Boud, D., & Feletti, G. (1991). *The challenge of problem-based learning*. Nueva York: St. Martin's Press.
- Catebiel, V., & Corchuelo, M. (2005). Orientaciones curriculares con el enfoque cts para la educación media. *Tecné, Episteme y Didaxis*, (18), 121-131.
- Ceberio, M., Guisasola, J., & Almudí, J. (2008). ¿Cuáles son las innovaciones didácticas que propone la investigación en resolución de problemas de física y qué resultados alcanzan? *Enseñanza de las ciencias*, 26(3), 419-430.
- Coronel, M., & Curotto, M. (2008). La resolución de problemas como estrategia de enseñanza y aprendizaje. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 7(2), 463-479.
- Driver, R. (1982). Children's learning in science. *Educational Analysis*, 4(2), 69-79.
- Ennis, R. (2011). The nature of critical thinking: An outline of critical thinking. *Presentation at the Sixth International Conference on Thinking at MIT*.
- Frazer, M. (1982). Solving Chemical Problems. *Chemical Society Review*, 11(2), 171-190.
- Gagné, R. (1971). *Las condiciones del aprendizaje*. Madrid: Aguilar.
- Galili, I. (1995). Mechanics background influences students' conceptions in electromagnetism. *International Journal of Science Education*, 17(3), 371-387.
- García, G., & Rentería, E. (2013). Resolver problemas: una estrategia para el aprendizaje de la termodinámica. *Revista Guillermo de Ockham*, 11(2), 117-134.

- García, J. (2003). *Didáctica de las ciencias. Resolución de problemas y desarrollo de la creatividad*. Bogotá: Editorial Magisterio.
- Garret, R. (1988). Resolución de problemas y creatividad: implicaciones para el currículo de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(3), 224-230.
- Gaulin, C. (2001). Tendencias actuales de la resolución de problemas. Sigma.
- Gil, D., & Martínez, J. (1983). A model for problem-solving in accordance with scientific methodology. *European Journal of Science Education*, 5(4), 447-455.
- Gil, D., Martínez, J., & Senent, F. (1988). El fracaso en la resolución de problemas de física: una investigación orientada por nuevos supuestos. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 131-146.
- Gisasola, J., Montero, A., & Fernández, M. (2008). La historia del concepto de fuerza electromotriz en circuitos eléctricos y la elección de indicadores de aprendizaje comprensivo. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 30(1), 1604.1-1604.8.
- Glaser, R. (1992). Expert knowledge and processes of thinking. En D. F. Halpern (Ed.), *Enhancing thinking skills in the sciences and mathematics*. Hillsdale: Erlbaum.
- González, M., López, J., Lujan, J., Martín, M., & Osorio, C. (1996). *Ciencia, tecnología y sociedad: una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología*. Madrid: Tecnos.
- Hecht, E. (1987). *Optics*. New York: Addison Wesley.
- Hegarty, M. (1991). Knowledge and processes in mechanical problem solving. En R. Sternberg, & P. Frensch, *Complex problem solving: Principles and mechanisms* (págs. 253-285). Hillsdale: Lawrence Erlbaum.



- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw Hill.
- Jiménez, M. (2010). *10 ideas clave: Competencias en argumentación y uso de pruebas*. Barcelona: Graó.
- Jones, B., & Idol, L. (1990). *Dimensions of thinking and cognitive instruction*. Hillsdale: L. Erlbaum.
- Kempa, R. (1986). Resolución de problemas en Química y Estructura Cognoscitiva. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(2), 99-110.
- Lin, H., Cheng, H., & Lawrenz, F. (2000). The Assessment of Students and Teachers' Understanding of Gas Laws. *Journal of Chemical Education*, 77(2), 235-238.
- Llanos, C. (2004). Campos electromagnéticos y riesgos sobre la salud. *Física y sociedad*.
- López, F. (1991). Análisis de la influencia de la construcción de mapas conceptuales sobre la estructura cognitiva en estudiantes de Física. *Enseñanza de las Ciencias*, 9(2), 135-142.
- Macedo, B., & Nieda, J. (1997). *Un Currículo Científico para Estudiantes de 11 a 14 años*. España: Organización de Estados Americanos.
- Margie, N., & Cáceres, J. (1998). Resolución de Problemas y Enseñanza de las Ciencias Naturales. *Revista de la Facultad de Ciencias y Tecnología*, 1(3), 41-52.
- Martín, M. (2002). Enseñanza de las ciencias ¿Para qué? *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1(2), 57-63.
- Martín, M., & López, A. (1998). Acercando la ciencia a la sociedad: la perspectiva CTS su implantación educativa. *Proyecto de Cooperación entre el Departamento de*

*Filosofía de la Universidad de Oviedo y varios Institutos de Enseñanza Secundaria de Asturias.*

Martínez, C. (2006). El método del estudio de caso: Estrategia metodológica de la investigación científica. *Pensamiento y gestión*, 20, 165-193.

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

Muñoz, G. (2014). Comprensión sobre la naturaleza de la ciencia en la enseñanza de las ciencias desde el enfoque ciencia, tecnología y sociedad (CTS). *TRILOGÍA. Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 6(11), 61-76.

Navarro, R., Ossa, J., & Guerrero, M. (2006). La Resolución de Problemas, ¿una Alternativa Integradora? *Revista Educación y Pedagogía*, 18(46), 169-189.

Newell, A., & Simon, H. (1972). *Human problem solving*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.

Nickerson, R. (1989). On Improving Thinking through Instruction. En *Review of Research in Education XV* (págs. 3-57). Washington: American Educational Research Association.

Oliveira, M., & Serra, P. (2005). La creatividad, el pensamiento crítico y los textos en ciencias. *Revista de investigación e innovación educativa*, 1(36), 59-80.

Padilla, D., & Garzón, I. (2008). El teléfono celular: una estrategia didáctica para la enseñanza del electromagnetismo. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 24, 103-112.

Parra, B. (1990). Dos concepciones de resolución de problemas. *Revista Educación Matemática*, 2(3), 22-31.

- Perales, F. (1993). La resolución de Problemas: Una Revisión Estructurada. *Enseñanza de las ciencias*, 11(2), 170-178.
- Perales, F. (1998). Resolución de Problemas en la Didáctica de las Ciencias Experimentales. *Revista educación y pedagogía*, 10(21), 119-143.
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1981). *Psicología del niño*. Madrid: Morata.
- Polya, G. (1965). *Mathematical discovery: On understanding, learning and teaching problem solving*. 2. New York: Wiley.
- Pozo, J., Domínguez, J., Gómez, M., & Póstigo, Y. (1998). *La solución de problemas*. Madrid: Aula XXI, Santillana.
- Ramírez, J., Gil, D., & Martínez, J. (1994). *La resolución de problemas de física y de química como investigación*. Madrid: Centro de Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia-CIDE.
- Ríos, E., & Solbes, J. (2007). Las relaciones CTSA en la enseñanza de la tecnología y las ciencias: una propuesta con resultados. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(1), 32-55.
- Santillán, F. (2006). El Aprendizaje Basado en Problemas como propuesta educativa para las disciplinas económicas y sociales apoyadas en el B-Learning. *Revista Iberoamericana de Educación*, 40(2), 1-5.
- Savery, J., & Duffy, T. (1995). Problem based learning: an instructional model and its constructivist framework. *Educational Technology*, 35, 31-36.
- Solbes, J., Ruiz, J., & Furió, C. (2010). Debates y argumentación en las clases de física y química. *Alambique*, 1(63), 65-75.

Stake, R. (1998). *Investigar con estudios de caso*. Madrid: Morata.

Tamayo, O. (2014). Pensamiento crítico dominio específico en la didáctica de las ciencias.

*TED: Tecné, Episteme y Didaxis*, (36), 25-45.

Valle, S., & Pesa, M. (2011). El aprendizaje de los fenómenos de interferencia luminosa.

*VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Universidade Estadual de Campinas.

Varela, C., & Fajardo, M. (2001). ¿Influyen los campos electromagnéticos en nuestra salud?: Una propuesta didáctica. *I congreso nacional de Didácticas Específicas*.

## Anexos

A continuación se presentan las lecturas que fueron suministradas en cada una de las situaciones problema:

### **Lectura 1. Algunos efectos de la radioterapia**

La American Society Cancer (ASC, Sociedad Americana contra el cáncer), sostiene que existen límites en la cantidad de radiación que una persona puede recibir en toda su vida. Los médicos están informados sobre la cantidad de radiación que las partes sanas del cuerpo pueden recibir sin peligro de causar daños irreversibles. Ellos usan esta información para que les ayude a decidir cuánta radiación administrar y en qué punto se deberá dirigir esta radiación durante el tratamiento. Si alguna parte de su cuerpo ha recibido radiación antes, puede que no sea posible que vuelva a recibir radiación en esa parte una segunda vez (depende de cuánta radiación haya recibido la primera vez). Si una parte de su cuerpo ya recibió la cantidad máxima de por vida de radiación, podría ser posible que aun reciba radioterapia dirigida hacia otra parte del cuerpo si la distancia entre ambas es lo suficientemente amplia.

No obstante, esta radiación puede causar daños en los tejidos sanos, lo cual puede traer diversos efectos, que si bien pueden variar de acuerdo a cada paciente, los más comunes son los que se describen a continuación:

**Cansancio:** Experimentar este tipo de cansancio (fatiga) implica tener menos energía para hacer las cosas que normalmente hace o quiere hacer. Puede durar por largo tiempo y convertirse en un obstáculo para hacer sus actividades cotidianas. Este agotamiento es diferente al cansancio común, y podría no aliviarse con descanso. El cansancio relacionado con el cáncer es peor y es más desgastante.

**Problemas en la piel:** El área tratada de su piel puede lucir rojiza, irritada, inflamada, con ampollas o incluso como si estuviera bronceada o quemada por el sol. Al cabo de unas semanas, puede que su piel se reseque, se vuelva escamosa, experimente comezón (picazón) o que se despelleje. La mayoría de las reacciones en la piel desaparecen lentamente una vez finalizado el tratamiento. Sin embargo, en algunos casos, la piel tratada quedará más oscura y podría estar más sensible de lo que era antes.

**Caída del cabello:** Se produce por la afectación de las células del folículo piloso. Sólo se afecta el área radiada de manera total o parcial y es irreversible por encima de los 50 Gy. (1 Gy equivale a la absorción de 1 J de energía por 1 kg de material expuesto a la radiación).

**Cambios en los recuentos sanguíneos:** La radioterapia puede causar recuentos bajos de glóbulos blancos, así como niveles bajos de plaquetas. Estas células sanguíneas ayudan al cuerpo a combatir las infecciones y a detener el sangrado.



**Problemas para comer:** La radiación a la cabeza y cuello, o a partes del sistema digestivo, puede producir problemas para comer y para la digestión. Es posible que el paciente pierda el interés por la comida durante el tratamiento.

**Daños a su cuerpo:** La radiación puede dañar las células normales, y en ocasiones este daño puede tener efectos de largo plazo. Por ejemplo, la radiación al área del pecho puede causar daño a los pulmones o al corazón.

**Riesgo de que surja otro cáncer:** Un problema a largo plazo asociado con el tratamiento de radiación es, el posible aumento en el riesgo de desarrollar un segundo cáncer en el futuro. Es posible que un segundo cáncer se desarrolle muchos años después, y que sea causado por el daño que la radiación ocasionó a los tejidos sanos.

## **Lectura 2. Algunos beneficios de la radioterapia**

El principal objetivo al usar la radioterapia es la cura del cáncer. Desde principios de siglo la radioterapia ha sido utilizada con éxito en el tratamiento del cáncer, proporcionando alivio del dolor y recuperación de los pacientes, convirtiéndose entonces, junto a la cirugía, en los únicos tratamientos que se reportaban como efectivos para combatir el cáncer. Desde ese tiempo a nuestros días, la radioterapia como tratamiento y la Radio Oncología, “Rama de la Oncología que usa la radiación en todas sus formas para tratar el cáncer”, han evolucionado a niveles de tecnificación y precisión que los primeros médicos que se dedicaron a esta especialidad solo soñaron. Ahora los oncólogos radioterapeutas pueden ofrecer mejores tratamiento los pacientes y alcanzar poco a poco la meta que todos aspiramos, que es curar el cáncer.

Igualmente, el Centro de Radiocirugía y Radioterapia Oncológica de Panamá y Centroamérica, sostiene que la radioterapia es una forma efectiva de tratar muchos tipos de cáncer en casi cualquier parte del cuerpo. Aproximadamente 7 de cada 10 personas afectadas son tratadas con radiación y cada vez más pacientes con cáncer han sido curados con este tratamiento. Para muchos pacientes, la radiación es el único tratamiento que necesitan. Miles de personas se curan después de recibir solamente la radioterapia, o combinaciones de este tratamiento con la cirugía, quimioterapia y terapia biológica.

Los médicos pueden usar radiación antes de la cirugía para reducir el tamaño del tumor. Después de la cirugía, la radioterapia se usa para detener el crecimiento de cualquier





célula cancerosa que todavía permanezca en el cuerpo. En algunos casos los médicos usan la radiación con medicinas anticancerosas para destruir el cáncer.

Además, existen otras ventajas de la radiación como lo son:

-La muerte de una gran proporción de células cancerosas dentro de todo el tumor (las células cancerosas que quedan son mínimas o nulas y se localizan en pequeños tumores; por lo que la radiación podría ser utilizada para pequeños tumores específicos).

-Muerte de una enfermedad microscópica en el periferio del tumor que podría no haber sido visible a simple vista (durante una cirugía).

-Habilidad para reducir tumores (lo que también podría ayudar a aliviar los efectos de tamaño; o podría ser realizado antes de una cirugía para reducir el tamaño y cambiar el estatus de un paciente de irresecable a resecable).

-Seguridad relativa para el paciente (la radiación puede ser aplicada desde fuera del cuerpo y estar enfocada al tumor, no es dolorosa y generalmente no requiere anestesia).

-Sinergia con terapia sistémica (la habilidad de destruir más células cancerosas juntas que otra terapia).

-Preservación del órgano.

### **Lectura 3. Rayos X y embarazo: lo que debes saber**

La exposición a Rayos X es una gran preocupación en el embarazo, tanto para médicos como pacientes, ya que altas radiaciones son perjudiciales para el feto, especialmente en las primeras semanas de embarazo, pudiendo provocar defectos congénitos. Por tanto, te contamos todo lo que debes saber sobre Rayos X y embarazo.

Antes de someterte a cualquier prueba de Rayos X debes comentarle al médico que estás embarazada o que podrías estarlo. En cada caso, se evaluará la necesidad de realizar una radiografía u otra prueba alternativa para evitar posibles daños en el bebé.

#### **El riesgo de los Rayos X en el embarazo**

Los rayos X son radiaciones de alta frecuencia que pueden alterar la estructura de las moléculas de las células. No sólo son perjudiciales para la madre, sino también para el bebé. Pueden causar la muerte celular o alteraciones en la formación de los gametos, en la multiplicación celular o afectar la implantación del embrión en el útero.

Los daños que pueden producir los rayos X en el bebé dependerán de la dosis y el tiempo de exposición a la radiación, así como de la parte del cuerpo irradiada.

Para tranquilidad de las embarazadas, las exposiciones por procedimientos diagnósticos comunes no representan un aumento significativo del riesgo que tiene la población general para defectos congénitos, entre un 3% y un 6%.

De hecho, según la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) dosis absorbidas por el feto inferiores a 100 miliGy (mGy) no son suficientes para interrumpir un embarazo, mientras que las dosis fetales en radiología diagnóstica son habitualmente inferiores a 50 mGy.

Para que os deis una idea, una dosis fetal de 100 mGy no sería probable que se alcance con tres exámenes de radiografía computarizada de pelvis (TC), ni con 20 estudios de radiodiagnóstico convencionales de abdomen o pelvis.

El período más crítico son las dos o tres primeras después de la concepción, cuando probablemente la mujer no sepa que está embarazada. Por tanto, si supones que podrías estarlo lo más recomendable es posponer la radiografía, salvo que sea absolutamente necesaria y de partes lejanas al abdomen, el cual igualmente deberás proteger.

### **Si no hay otra opción, lo que debes saber**

Cuando una paciente que tiene que someterse a radiación está embarazada, deberá evaluarse si es realmente necesaria o puede evitarse o ser reemplazada por otra prueba menos agresiva que no haga uso de radiaciones ionizantes, como por ejemplo una ecografía.

Si el médico determina que es completamente necesaria, hay un procedimiento que debe seguirse para minimizar el riesgo para el bebé. El radiólogo determinará si el feto se encontraría bajo el haz primario de rayos X. Si no fuese así, el riesgo para el feto será

extremadamente bajo y se ocupará de irradiar la mínima dosis posible para obtener un diagnóstico correcto.

Cuando se trata de radiografías de áreas lejanas al feto (tórax, cráneo o extremidades), estas se pueden realizar con seguridad en cualquier momento del embarazo, pero la embarazada debe proteger el abdomen con un delantal plomado.

Si el feto se encontrase en el haz directo y la radiografía no puede demorarse hasta el final del embarazo, el médico deberá evaluar cada caso e informar a la embarazada de posibles riesgos, según la etapa de embarazo, el problema de la mujer y la dosis que requeriría el estudio. Por ejemplo, si es una única radiografía simple de abdomen, con una dosis baja u otro tipo de prueba con dosis alta.

Los rayos X son un riesgo para la embarazada, además tienen efecto acumulativo. Por tanto, deberían intentar evitarse o postergarse, y sólo cuando sea estrictamente necesario realizar una radiografía estando embarazada, protegerse adecuadamente y evaluar junto con el equipo médico el posible alcance sobre el bebé.

## Lectura 4. Algunos beneficios de la radioterapia

### Rayos X

Los rayos X son invisibles a nuestros ojos, pero producen imágenes visibles cuando usamos placas fotográficas o detectores especiales para ello. De casi todos son conocidas las aplicaciones de los rayos X en el campo de la Medicina para realizar radiografías, angiografías (estudio de los vasos sanguíneos) o las llamadas tomografías computarizadas. Y el uso de los rayos X se ha extendido también a la detección de fallos en metales o análisis de pinturas.

Los rayos X son radiaciones electromagnéticas, como lo es la luz visible, o las radiaciones ultravioleta e infrarroja, y lo único que los distingue de las demás radiaciones electromagnéticas es su llamada longitud de onda, que es del orden de  $10^{-10}$  m (equivalente a la unidad de longitud que conocemos como Angstrom).

### Rayos gamma

Las radiaciones gamma se originan generalmente a partir del núcleo excitado de un átomo radioactivo y abarcan desde los  $3,0 \times 10^{19}$  Hz (30 EHz) hasta los  $3,0 \times 10^{22}$  Hz (30 ZHz). En ciertas ocasiones, después que un núcleo radioactivo emite partículas alfa, e incluso también beta, conserva todavía energía, que libera en forma de ondas electromagnéticas conocidas como rayos gamma.

Esas radiaciones de frecuencias extremadamente elevadas, liberan una alta energía que puede resultar muy peligrosa y perjudicial para los seres vivos, aunque bien administradas sirven para aplicarlas en el tratamiento de algunos tipos de cáncer, así como para la esterilización del instrumental médico y los alimentos.

Las radiaciones gamma sólo se pueden detener utilizando gruesas paredes de hormigón, revestimiento de planchas de plomo, o empleando grandes cantidades de agua.

### **Rayos cósmicos**

Los rayos cósmicos proceden del espacio profundo y su frecuencia supera los  $3,0 \times [10]^{22}$  Hz (30 ZHz). Esos rayos se componen de ondas cósmicas de la más elevada frecuencia y una alta carga de energía que llegan, incluso, hasta la superficie terrestre. Su efecto resulta mortal si alguien se expone directamente a las mismas en el espacio cósmico sin la debida protección de una escafandra, como las utilizadas por los cosmonautas. Sin embargo, a los habitantes de la Tierra no les llega a afectar de forma directa gracias a la protección natural que proporciona la capa de ozono.

## **Lectura 5. «El wifi supone tanto peligro como un caracol en una autopista: ¡Ninguno!»<sup>†</sup>**

Un estudio realizado durante cuatro años por investigadores españoles concluye que la influencia de las ondas de telefonía sobre la salud es tan insignificante como la de una bombilla situada a 1 km de distancia.

¿Recuerda cuando se decía que los microondas podían perjudicar la salud? Hubo un tiempo en el que temíamos calentar la comida en ese nuevo electrodoméstico por el temor de sacar de ahí un plato «atómico» además de recalentado. Superadas las primeras inquietudes, hemos aceptado el calentamiento por rozamiento como parte de nuestra vida cotidiana sin prestarle más atención que la de no pasarnos con los minutos. Ahora, son otro tipo de ondas las que nos traen de cabeza. La idea de que la telefonía móvil o el wifi pueden perjudicar la salud está muy extendida, hasta el punto de que existen peticiones para eliminar las redes inalámbricas de los colegios y evitar la exposición en los más pequeños, y otros acusan a las antenas de estar enfermos o padecer cáncer. En algunos casos incluso han conseguido retirarlas.

¿Hay realmente un fundamento serio para temer al wifi o nos encontramos con un nuevo «caso microondas»? Para un equipo de doctores en Física de la Facultad de Medicina

---

<sup>†</sup> Tomado de: <http://www.abc.es/ciencia/20150120/abci-wifi-supone-tanto-peligro-201501191912.html>

y la Escuela Superior de Ingeniería Informática de la Universidad de Casilla-La Mancha (UCLM), la «antenafofia» no tiene ningún sentido. Ellos están convencidos: Estas nuevas tecnologías son inocuas para la salud.

Durante cuatro años, los investigadores midieron en Albacete la exposición de 75 personas a estas ondas en 14 bandas de frecuencia, FM, TETRA, TV y las seis bandas de telefonía móvil, wifi, el inalámbrico (DECT), etc... Los voluntarios portaban sus medidores exposímetros con una sensibilidad de  $0,000000066 \text{ W/m}^2$ , el más preciso del mercado, durante todo el día y hacían vida normal, anotando por dónde iban. También llevaban encima un GPS con el que después eran situados en un mapa. En total, se realizaron 8.640 registros por voluntario y se obtuvieron 13 millones de datos.

Según los resultados, en promedio por banda de frecuencia, la radiación media recibida «es la equivalente a la que recibiríamos de una bombilla de 100 W a 1 km de distancia», es decir, algo insignificante. Por ejemplo, la radiación media más alta es la de una vieja conocida, la FM, con la que llevamos conviviendo cien años:  $0,0001 \text{ W/m}^2$ , mil veces por debajo del límite legal. Las de las diferentes bandas de telefonía pueden ir de  $0,00004 \text{ W/m}^2$  a  $0,00001304 \text{ W/m}^2$ , aún más bajas. Los valores máximos tampoco superaron los límites legales en ningún momento, en ninguna banda. El 90% de los registros se encontraba entre 500 y 10.000 veces por debajo del límite legal.

«No apago el wifi»



«La radiación por radiofrecuencia puede compararse a un caracol en una autovía: nunca hará saltar ningún radar porque su velocidad es la diezmilésima parte de la máxima permitida», afirma el físico Enrique Arribas Garde, director del grupo de investigación de ondas de RF de la UCLM. Según explica, el estudio puede extrapolarse perfectamente a una gran ciudad como Madrid con los mismos resultados (ya que la densidad de antenas está relacionada con la densidad de población). E insiste: «No hay ningún estudio que correlacione la radiofrecuencia con el cáncer. Yo en mi casa no apago el wifi, ni con niños ni ahora con mi nieta. Con eso lo digo todo».

A su juicio, «hay un interés en decir que el wifi es dañino para vender falsas curaciones. A eso se suma que la ignorancia es muy atrevida. En su día, el tren también era una máquina diabólica». Y recuerda: «El mando a distancia de la tele es 10.000 veces más potente que las ondas de radiofrecuencia y a nadie parece preocuparle».

Precisamente, el estudio nació después de que un movimiento antiantenas de Albacete lograra retirar una acusándola de ser la responsable de algunos casos de cáncer. Pero los números de sus mediciones, como dice Alberto Nájera, principal investigador, hablan por sí solos. A ese respecto, apuesta por transmitir «total tranquilidad». «La pseudociencia se apodera del dolor de la gente para engañarla y estafarla», advierte. Y apunta que se buscan falsos grandes enemigos cuando, por ejemplo, «sí está claro que la contaminación atmosférica y el tabaco causan esas enfermedades».

## **Lectura 6. «Electrosensibilidad: ¿alarma injustificada o problema real?»<sup>‡</sup>**

Más de 250 colectivos pidieron el pasado mes de septiembre que los colegios españoles retiraran de las aulas sus instalaciones wifi por considerarlas perjudiciales para la salud de niños y profesores. Como no podía ser de otra forma, la petición volvió a encender el debate sobre si es realmente necesario realizar este tipo de advertencias y si organismos como los de dicha propuesta solo causan una alerta injustificada y sin evidencias. Lo que es cierto es que la discusión se antoja duradera y que ha dado lugar a un panorama fuertemente dividido entre aquellos que consideran que el problema es lo suficientemente serio como para generar alarma y quienes califican el debate de oportunista y sin fundamentos.

ABC.es ha consultado a dos expertos con opiniones dispares en este debate para mostrar cuáles son los puntos de conflicto que, a la vista de ambas entrevistas, parecen demasiados:

Francisco Vargas, médico epidemiológico y autor del Real Decreto 1066/2001 sobre campos electromagnéticos y salud pública, considera que «no hay motivos para preocuparse por las ondas electromagnéticas porque no se han demostrado efectos adversos para la salud». Vargas, también miembro del Comité Científico Asesor en

---

<sup>‡</sup> Tomado de <http://www.abc.es/20111027/sociedad/abci-wifi-opiniones-contrarias-201110261111.html>

Radiofrecuencias y Salud (CCARS), afirma que si revisamos los estudios publicados hasta la fecha «veremos cómo la mayoría aseguran que no hay riesgos para la salud condicionados a las cantidades de energía que emite, por ejemplo, una antena de telefonía». Para el experto, el problema no es tanto la ausencia de estudios como la «alarma» generada en torno a este tipo de ondas.

«No existe una laguna de estudios en este tema. El problema es que aquellos que defienden los efectos nocivos de las ondas electromagnéticas califican de "independiente" sólo aquellos estudios que avalan lo que ellos dicen mientras que todo lo que va en su contra se define como "comprado por la Industria"».

Joaquim Fernández Solá, médico del Hospital Clínic de Barcelona especializado en electrosensibilidad, considera incorrectas las declaraciones de Francisco Vargas. «Decir esto es una barbaridad, es ignorar trabajos científicos promovidos por la Unión Europea, como el Informe REFLEX, financiado por la UE y realizado por 12 grupos de investigación». El doctor indica, además, que «existe una correlación epidemiológica demostrada científicamente entre las ondas electromagnéticas y sus efectos en determinadas personas».

**«Hay un gran componente psicossomático»**

El debate, no obstante, está para Vargas «contaminado por el interés». El experto señala que «si sometemos a un grupo de personas sin ningún síntoma y a otro grupo de los

que se llaman electrosensibles a una exposición controlada durante un periodo de tiempo, ninguno de los grupos podrá distinguir cuándo ha estado expuesto a las ondas».

Hace poco más de dos meses ABC.es visitó a varias personas afectadas por la sensibilidad a ondas electromagnéticas y pudo comprobar cómo sufrían en su propio cuerpo los efectos de una enfermedad que no se les diagnosticaba y cuyos síntomas se camuflaban con los de dolencias comunes.

En aquella ocasión, afectados como Yolanda Barbazán explicaron cómo el hecho de adquirir determinados hábitos - como por ejemplo dejar de utilizar el teléfono inalámbrico- había mejorado su vida. «Lo siento pero no me lo creo», asegura Francisco Vargas. «No discuto, para nada, que estas personas tengan estos síntomas, de hecho estoy seguro de que los tienen, pero sentir cuándo está encendido el wifi...no me lo puedo creer». Vargas señala además que organismos como la Agencia de Protección Ambiental en Reino Unido no han hallado evidencias suficientes que justifiquen la retirada de redes inalámbricas de las escuelas. «Si no consideramos independiente este tipo de instituciones... ¿a quién creemos? Esto no me parece nada serio».

Para el experto del CCARS «existe un gran componente psicológico y psicosomático» en los que se dicen afectados por el síndrome de electrosensibilidad. «Hay enfermedades que entran más dentro del ámbito de lo psicosomático y que es difícil tratar.

Pero no se les puede dar la razón y punto, hay que hacerles ver que hay muchas

explicaciones para lo que les ocurre, lo que pasa es que están obsesionados y convencidos de que las ondas son negativas».

Joaquim Fernández Solá califica sin embargo de «barbaridad» este tipo de afirmaciones. «La electrosensibilidad es una enfermedad física producida por un agente externo. Hablar así es no querer ver la evidencia. El término psicosomático está completamente obsoleto en medicina y si esperan una explicación matemática a la electrosensibilidad que no hablen de medicina porque no es una ciencia exacta sino biológica».

#### **La medicina no es una «ciencia exacta»**

La ausencia (de) demostración es sin duda una de las patas que cojea en el eterno debate. «La gente que alarma sobre esto está haciendo una profecía. Si yo digo que en 50 años aumentarán las tasas de cáncer es simplemente una afirmación de algo que yo imagino que pasará» y achaca las denuncias de determinados colectivos a «una manera de eternizar el debate porque interesa. La ciencia sólo puede decir los efectos perjudiciales que se producen hoy. Tanto la medicina como el método científico dicen que los estudios que tenemos están bien hechos, así como la legislación española en este sentido, que recoge perfectamente el principio de precaución».

Sin embargo, Fernández Solá se mantiene firme en su opinión de que «en medicina científica se trabaja con la evidencia, un término que no es absoluto sino progresivo. Los primeros debates en este sentido comenzaron hace ya diez años y hemos empezado a ver

comprobaciones de varios estudios experimentales en los que sí se ven los efectos nocivos de las ondas electromagnéticas sobre células». Además, añade que nos encontramos «en los prolegómenos de todo esto, pero no podemos esperar. No se trata de alertar sino de ser sensibles a un factor de riesgo porque somos médicos».

Vargas hace también hincapié en entre los «detractores de las ondas electromagnéticas» hay un sector «que únicamente busca lucrarse». «Te dicen que estamos contaminados, te mandan comprar cosas que no necesitan y se llevan el dinerito. Todo esto tiene muchísimos intereses económicos. Me recuerda a la famosa pulserita "Power Balance", que todo el mundo compró y resultó ser un timo».

Al doctor Fernández Solá le resulta «inadecuado» hablar de dos bandos empeñados en demostrar o no la incidencia en la salud de las ondas electromagnéticas. «No buscamos nada, solo mejorar la salud de los afectados». «Hay estudios de todo tipo, informes que dicen que las ondas son dañinas e informes que lo niegan, pero lo que está claro es que no podemos tardar cincuenta años en tratar algo de lo que tenemos indicios suficientes». Y además, añade: «Esto no es la epidemia del siglo XXI pero necesita un control. Yo no estoy en ningún bando, ni entre los que se manifiestan contra las antenas ni en otro. Somos profesionales de un área que opinamos sobre una realidad». Y termina preguntándose, «¿a qué quieren que esperemos? Podemos esperar, pero habrá pacientes en que la enfermedad será irreversible».

## **Lectura N°7. «Telefonía móvil: ¿nociva o inofensiva?: El "peligro" de las antenas de telefonía móvil»<sup>§</sup>**

El imparable crecimiento de la telefonía móvil (en España hay ya más de 30 millones de usuarios) está haciendo que se congestionen muchas de las instalaciones existentes, para cuya solución las compañías telefónicas tienen que aumentar el número de estaciones base y por consiguiente el número de antenas. Dentro de poco, si las trabas normativas autonómicas y municipales no lo retrasan, desde nuestro teléfono móvil UMTS podremos realizar varias conexiones simultáneas de acceso rápido a distintos servicios multimedia de alta calidad y a internet de alta velocidad, entrando de lleno de manera masiva en la Sociedad de la Información.

### **Naturaleza de las ondas**

Las ondas usadas en telefonía móvil son similares a las de los hornos microondas domésticos y, como todas las ondas electromagnéticas, se propagan de manera que su intensidad disminuye con el cuadrado de la distancia, según la fórmula

$$D = \frac{P}{4\pi d^2}$$

---

<sup>§</sup> Tomado de

[http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf\\_AM/AM\\_2005\\_44\\_54\\_57.pdf](http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_AM/AM_2005_44_54_57.pdf)

Siendo D: densidad de potencia, P: potencia emitida (potencia isotrópica radiada equivalente), d: distancia.

Por esta razón son tan bajas las intensidades producidas por las antenas de telefonía móvil: a una distancia de tan sólo 20 m justo enfrente de una de ellas la densidad de potencia es inferior a 10 microvatios por centímetro cuadrado, cuando el valor máximo de la Recomendación del Consejo de Europa es de 450 (con un coeficiente de seguridad de 50 por debajo del valor considerado inocuo para la salud desde el punto de vista térmico). Y en las viviendas del edificio donde está instalada una antena la densidad es todavía cientos de veces inferior porque las antenas emiten horizontalmente y no verticalmente y además hay que tener en cuenta el gran efecto atenuador de los forjados y paredes del edificio. En nuestras calles y casas la densidad de potencia debida a la telefonía móvil es inferior a 1 microvatio/cm<sup>2</sup>, es decir, más de veinte mil veces por debajo del valor considerado inocuo por la Recomendación. Para hacernos una idea de la magnitud de estas cifras pensemos que en un día claro la radiación del Sol sobre la superficie de la Tierra es de unos 100.000 microvatios/cm<sup>2</sup>, parte de la cual sí es cancerígena (su componente ultravioleta).

Las ondas empleadas en telefonía móvil deben ser situadas en su justo término y sus efectos no deben ser magnificados gratuitamente. Pensemos que nuestro cuerpo de manera natural y continua está irradiando calor al ambiente en forma de rayos infrarrojos y a la vez está absorbiéndolo del ambiente también como rayos infrarrojos. Cualquier objeto de nuestro entorno (un radiador de calefacción, una mesa, un cubito



de hielo...) está siempre emitiendo rayos infrarrojos, que no son otra cosa que ondas electromagnéticas cuya frecuencia es unas veinte mil veces superior a las empleadas en telefonía móvil, produciendo ambas ondas en nuestro organismo el mismo efecto, es decir, lo calientan, si bien los infrarrojos penetran algo menos. Nuestro cuerpo está absorbiendo continuamente de los objetos que nos rodean (incluida la ropa que llevamos puesta) una radiación infrarroja con una densidad de potencia de unos 20.000 microvatios/cm<sup>2</sup>, según la ley de Stefan-Boltzmann. ¿Qué nos puede suponer absorber 1 microvatio/cm<sup>2</sup> de las ondas usadas en la telefonía móvil? Nada.

### **Variación de la exposición con el número de antenas**

En los núcleos pequeños de población se usa una sola antena para dar total cobertura pero en las ciudades eso no es posible porque cada antena tiene un alcance limitado, ya que los edificios atenúan fuertemente las ondas y además cada una sólo puede dar servicio a un número determinado de usuarios. La única solución es instalar más antenas haciendo que la superficie atendida por cada una sea menor y por consiguiente también menor su potencia. El casco urbano de la ciudad queda de esta manera dividido en células independientes, cada una atendida por una antena. Esta es la razón de que los sistemas de telefonía móvil se llamen sistemas celulares.

Veamos cómo disminuye la potencia de cada antena cuando se aumenta su número. Imaginemos un casco urbano de forma cuadrada y lado  $L$  con una única

antena en su centro de potencia  $P_1$ . La densidad de potencia en el punto más alejado (vértice del cuadrado) es, aplicando la fórmula [1]

$$D_1 = \frac{P_1}{4rL^2}$$

Dividamos ahora el cuadrado anterior en  $N$  cuadrados iguales de lado  $L/N^{1/2}$  y situemos una antena de potencia  $P_N$  en el centro de cada uno. La densidad de potencia producida por cada antena en el punto más alejado de su cuadrado es

$$D_N = \frac{P_N}{4rL^2/N}$$

Poniendo la condición de que la densidad sea la misma en ambos casos (misma calidad, misma cobertura) se obtiene que  $P_N = P_1/N$  es decir, la potencia de cada antena es inversamente proporcional a su número. En realidad la  $P_N$  necesaria es menor de este valor porque cuando hay una sola antena las ondas encuentran más obstáculos físicos intermedios y se atenúan más.

Calculemos a continuación cómo varía la densidad de potencia total en función del número de antenas.

a) *Exposición debida a las antenas (exposición pasiva)*. El cálculo puede hacerse de manera analítica, pero resulta complicado. Es más fácil realizarlo numéricamente con ayuda del ordenador. Se ha llevado a cabo la comparación entre 1 antena de 800 W y 16 antenas de 50 W en un casco urbano de planta cuadrada de 2 km de lado, el cual se

ha dividido a efectos de cálculo en 4 millones de cuadraditos de 1 m<sup>2</sup>. En ambos casos se ha obtenido la misma densidad de potencia media en todo el casco urbano, es decir la densidad de potencia es la misma con tal de que sea igual la potencia total emitida (800 W en ambos supuestos). En el caso de mayor número de antenas se tiene la ventaja añadida de que la densidad de potencia máxima es menor al estar más uniformemente distribuida.

b) *Exposición debida a los teléfonos móviles (exposición activa).* Las potencias emitidas por los teléfonos móviles son miles de veces inferiores a las de las antenas de los tejados pero su intensidad sobre el cuerpo humano es muy superior a la producida por ellas porque la distancia es pequeñísima, por ejemplo un móvil pegado a la oreja puede producir en la zona inmediata de la cabeza, en situaciones de mala calidad de recepción, una densidad de potencia cercana a los valores máximos recomendados por el Consejo de Europa. Por eso se encarece a las personas que usan mucho el móvil que lo hagan con un dispositivo de manos libres de eficacia garantizada. Para ahorrar batería, la potencia emitida por un teléfono móvil se ajusta automáticamente al valor mínimo necesario, de manera que es tanto más pequeña cuanto más cerca se encuentre de una antena receptora. Un móvil que esté cerca de una antena emite una potencia cientos de veces inferior a la suya máxima, la cual sólo se irradia cuando se encuentra a muy larga distancia o con muchos obstáculos físicos intermedios (garajes, habitaciones interiores de las viviendas...). Por lo tanto cuantas más antenas haya menor será la potencia emitida por los teléfonos móviles y más seguros estarán sus usuarios. Lo ideal, desde el punto de vista de la salubridad ciudadana, sería instalar una antena

de muy baja potencia en cada edificio (picocélula), pero con esto no están muy de acuerdo las compañías telefónicas porque cada estación base es muy cara.

La ley de emisión de un teléfono móvil es la misma que la de una antena de una estación base (fórmula [1]). La densidad de potencia, producida por el móvil, que recibe la antena es

$$D = \frac{P}{4\pi d^2}$$

Siendo P: potencia emitida por el móvil, d: distancia del móvil a la antena receptora

La potencia p se controla desde la estación base de manera que en ésta la densidad sea la mínima necesaria,  $D_0$ , con lo que

$$p = 4\pi d^2 D_0$$

es decir, la potencia emitida por el teléfono móvil es proporcional al cuadrado de su distancia a la antena receptora, por lo que cuando hay N antenas la distancia media entre el móvil y su antena más cercana es  $N^{1/2}$  veces inferior al caso de existir una sola, la potencia es N veces inferior y también la densidad de potencia que llega al usuario. Si, por ejemplo, el número de antenas se triplicara, la densidad en la oreja caería a la tercera parte.

### **Efectos de las ondas electromagnéticas usadas en telefonía móvil**

Pocas actividades humanas han despertado tan grande inquietud social, causada fundamentalmente por la falta de información (la desinformación siempre causa alarma y la alarma es la causante de los efectos psicosomáticos atribuidos a la telefonía móvil). Y, por tratarse de una nueva tecnología de uso general, también pocas actividades han consumido, y siguen consumiendo, tan ingentes recursos económicos en la investigación de sus posibles riesgos. Se han llevado a cabo vastísimos estudios epidemiológicos examinando los informes médicos de millones de usuarios de teléfonos móviles y se han efectuado infinidad de pruebas con animales de laboratorio in vivo o con preparados in vitro. Al día de hoy el grueso de la comunidad científica mundial está de acuerdo en que el único efecto de consideración sobre el cuerpo humano de las ondas empleadas en la telefonía móvil es térmico, igual al producido por las ondas de los hornos microondas pero en muchísima menor cantidad (un teléfono móvil emitiendo a su máxima potencia ocasiona en la zona cercana del cerebro un aumento de tan sólo 0,1 °C, cuando el cerebro de manera natural tiene una fluctuación diaria de temperatura mucho mayor). Estas ondas no son ionizantes y tienen una energía inferior en más de cien mil veces y una frecuencia inferior en más de diez millones de veces a las necesarias para romper las débiles uniones químicas de la molécula de ADN. Hasta la fecha, y tras los múltiples estudios médicos llevados a cabo, no se ha podido probar que las ondas usadas en telefonía móvil con niveles inferiores a los establecidos por la Unión Europea produzcan cáncer ni afecten negativamente al sistema endocrino o a la producción de melatonina ni a la visión ni al oído ni a la membrana celular ni a

la liberación de calcio en los tejidos cerebrales ni a la excitabilidad neuronal ni a los sistemas neurotransmisor, hematopoyético o inmunitario ni al aparato cardiovascular ni a la reproducción ni a la mutagénesis ni a la aberración cromosómica ni a la longevidad. Las evidencias cada vez más claras de su inocuidad han acallado las voces discordantes que, sobre todo en años pasados, alertaban de posibles efectos perjudiciales basándose en estudios aislados, cuyo carácter contradictorio o no reproducible se ha demostrado con el paso del tiempo y por consiguiente no han podido ser aceptados científicamente.

Los ciudadanos debemos estar tranquilos y sentirnos seguros con esta nueva, y ya imprescindible, tecnología de la comunicación y ver de buen grado la instalación de nuevas antenas en nuestros tejados (con la correspondiente disminución de potencia de cada una) para conseguir una mejor cobertura urbana y una mayor calidad, disminuyéndose a la vez los niveles de exposición a que estamos sometidos.

Igualmente, es importante resaltar que este trabajo fue aceptado como ponencia en el *Congreso Interdisciplinario de Investigación e Innovación 2016*, realizado en Cortázar, Guanajuato, México, los días 21 y 22 de abril de 2016. Por esta razón, se dejan los siguientes certificados:



Imagen 17. Certificado de Juan Diego Vergara García como ponente.



Imagen 18. Certificado de Beatriz Elena González González como ponente.



Imagen 19. Certificado de Yorman Uriel Cifuentes Berrío como ponente.