



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES**

**Maestría En Enseñanza De Las Ciencias**

**POSIBLE APORTE DE LA REGULACIÓN  
METACOGNITIVA AL CAMBIO EN LOS MODELOS  
EXPLICATIVOS DEL CONCEPTO DE ONDA MECÁNICA**

Miguel Ángel Valencia Rodríguez

Manizales, Noviembre 2017



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES**  
**Maestría En Enseñanza De Las Ciencias**

**INFORME FINAL**

**POSIBLE APORTE DE LA REGULACIÓN  
METACOGNITIVA AL CAMBIO EN LOS MODELOS  
EXPLICATIVOS DEL CONCEPTO DE ONDA MECÁNICA**

**Autor:**  
**Miguel Ángel Valencia Rodríguez**

**Directora de tesis:**  
**Ana Milena López Rúa**

**Manizales, Noviembre 2017**

## **Dedicatoria**

A mi linda esposa por su apoyo y compañía en las largas noches de trabajo. Por amarme como nadie lo hace e inspirarme a avanzar y crecer en la vida.

A mi madre por enseñarme a través del ejemplo que no hay nada bueno en la vida que no requiera un gran sacrificio.

A mi abuela por guiarme con su integridad y honestidad a través del camino del conocimiento.

A mis hermanos, por comprender el tesoro valioso que Dios puso en nuestras manos, nuestra familia.

A mi Eterno e incomparable Dios...

## **Agradecimientos**

A Dios por darme el maravilloso regalo de la vida, la sabiduría y la inteligencia, por guiarme en cada paso que doy en la vida.

A mi madre y a mi abuela por su apoyo incondicional en cada decisión de vida que tomo y por su respaldo en todos los ámbitos.

A mi esposa por su leal compañía, comprensión y amor incondicional.

A mi profesora Ana Milena quien con su ejemplo me inspira a amar la academia y a disfrutar la vida por muy dura que parezca.

A mi colegio que con mucho entusiasmo me apoyaron en este proceso de formación académica.

## Resumen

El informe presentado a continuación, de naturaleza descriptiva, aborda dos temas esencialmente importantes para la didáctica de las ciencias: la regulación metacognitiva y el estudio del cambio en los modelos explicativos del concepto de onda mecánica. La intención específica es responder a la pregunta: *¿Cuál es el posible aporte de la regulación metacognitiva al cambio en los modelos explicativos del concepto de onda mecánica?* En las siguientes páginas se abordarán los temas y etapas articuladoras del proyecto como respuesta a dicha pregunta: En el capítulo 1 se describe el problema de investigación, la justificación y objetivos del trabajo investigativo; en el capítulo 2 se presenta un amplio rastreo de los autores representativos que han descrito la regulación metacognitiva y los modelos explicativos del concepto de onda mecánica; en el capítulo 3 se describe con detalle la metodología de investigación, en la que se propuso hacer un antes, durante y después para cada una de las categorías estudiadas. Por último, en el capítulo 4 se describen los análisis de las respuestas de los estudiantes, en la que se muestra que pareciera ser que aunque implementar actividades enfocadas en la regulación metacognitiva, aporta al cambio positivo en los modelos explicativos del concepto de onda mecánica, el avance o retroceso en la regulación metacognitiva no tiene una relación directa con el avance o retroceso en los modelos explicativos.

Palabras clave: *metacognición, regulación, onda, mecánica, modelos.*

## Abstract

The report presented below, of a descriptive nature, addresses two essentially important topics for the didactics of the sciences: metacognitive regulation and the study of the change in explanatory models of the mechanical wave concept. The specific intention is to answer the question: *What is the possible contribution of metacognitive regulation to the change in explanatory models of the mechanical wave concept?* In the following pages, the themes and articulating stages of the project will be addressed in response to this question: Chapter 1 describes the research problem, the justification and objectives of the research work; In Chapter 2, a broad overview of the representative authors who have described the metacognitive regulation and explanatory models of the mechanical wave concept is presented; In chapter 3 the research methodology is described in detail, in which it was proposed to do a before, during and after for each of the categories studied. Finally, chapter 4 describes the analysis of student responses, which shows that it seems that while implementing activities focused on metacognitive regulation, provides a positive change in explanatory models of the concept of mechanical wave, the Progress or regression in metacognitive regulation does not have a direct relationship with the advance or regression in the explanatory models.

Keywords: *metacognition, regulation, wave, mechanics, models.*

## Tabla de contenido

Introducción.....	xii
CAPÍTULO 1 .....	14
Planteamiento del problema .....	14
1.1. Planteamiento del problema.....	14
1.2. Justificación .....	16
1.3. Objetivos .....	18
1.3.1. Objetivo general. ....	18
1.3.2. Objetivos específicos.....	18
CAPÍTULO 2 .....	19
Marco Teórico .....	19
2.1. Introducción .....	19
2.2 Metacognición .....	19
2.2.1 Una mirada a la historia de la metacognición .....	19
2.2.2 Concepto de metacognición .....	20
2.2.3 Componentes de la metacognición.....	22
2.3. Historia y epistemología del concepto de onda .....	29
2.4 Modelos explicativos sobre el concepto de onda mecánica.....	31
2.4.1 Modelo: Ondas como curvas que Caminan.....	31
2.4.2 Modelo: Ondas como figura conocida .....	32
2.4.3 Modelo: Ondas como repetición .....	32
2.4.4 Modelo: Fuente .....	32
2.4.5 Modelo: Transmisión-transferencia .....	32
2.4.6 Modelo: Material-Medio .....	32
CAPÍTULO 3 .....	34
Metodología.....	34
3.1. Metodología de la investigación .....	34
3.2. Unidad de trabajo.....	35
3.3. Diseño metodológico .....	35
3.4. Categorías de análisis.....	36
3.4.1 Categoría regulación metacognitiva.....	37
3.4.2 Categoría modelos explicativos del concepto de onda mecánica .....	38
3.5. Técnicas y fuentes para recoger la información .....	38

3.5.1. Instrumentos de lápiz y papel.....	38
3.6. Técnicas de análisis de la información .....	39
CAPÍTULO 4 .....	41
Análisis y discusión de resultados .....	41
4.1. Análisis de la situación inicial .....	41
4.1.1 Categoría regulación metacognitiva.....	41
4.1.2 Categoría modelos explicativos del concepto de onda mecánica .....	56
4.1.2.2 Obstáculos identificados .....	64
4.2 Análisis de la categoría regulación metacognitiva durante la intervención didáctica	65
4.3 Análisis de la situación final .....	69
4.3.1 Categoría regulación metacognitiva.....	69
4.3.2 Categoría modelos explicativos del concepto de onda.....	84
4.3.3 Obstáculos identificados después de la intervención didáctica.....	94
Conclusiones.....	97
Recomendaciones .....	100
Referencias bibliográficas .....	101

## Lista de anexos

Anexo 1: Instrumento de ideas previas.....	107
Anexo 2: Unidad didáctica .....	111
Anexo 3. Actividad de Reflexión en torno al concepto de onda. ....	114
Anexo 4. Actividad de lectura historia y epistemología del concepto de onda. ....	116
Anexo 5. Diario de clase.....	118
Anexo 6. Actividad experimental grupal .....	119
Anexo 7. Mapa conceptual-Cuestionario.....	121
Anexo 8. Análisis por estudiantes categoría regulación durante la intervención .....	122

## Lista de tablas

Tabla 1. Modelos explicativos del concepto de onda mecánica. ....	33
Tabla 2. Subcategorías de regulación metacognitiva, conceptos e indicadores. ....	37
Tabla 3. Subcategorías y preguntas de evaluación.....	42
Tabla 4. Tabla de resumen de desempeño por estudiante. ....	43
Tabla 5. Niveles de planeación.....	44
Tabla 6. Niveles de monitoreo.....	44
Tabla 7. Niveles de evaluación.....	45
Tabla 8. Niveles de regulación metacognitiva.....	45
Tabla 9. Distribución porcentual de estudiantes por niveles de planeación. ....	46
Tabla 10. Distribución porcentual de estudiantes por niveles de monitoreo.....	49
Tabla 11. Proceso regulación de E1, E7 y E4. ....	50
Tabla 12. Distribución porcentual de estudiantes por niveles de evaluación. ....	52
Tabla 13. Distribución porcentual de estudiantes por niveles de regulación. ....	55
Tabla 14. Ejemplo de organización de información del instrumento de ideas previas E6...	57
Tabla 15. Distribución porcentual de estudiantes por modelos explicativos. ....	58
Tabla 16. Modelos explicativos distribuidos por pregunta. ....	63
Tabla 17: Respuestas de E5 durante la intervención. ....	67
Tabla 18. Análisis de las respuestas de los estudiantes durante la intervención didáctica..	68
Tabla 19. Tabla de resumen de desempeño por estudiante después de la intervención. ....	70
Tabla 20. Distribución de estudiantes por niveles de planeación.....	70
Tabla 21. Distribución de estudiantes por niveles de monitoreo.....	71
Tabla 22. Distribución de estudiantes por niveles de evaluación.....	71
Tabla 23. Distribución de estudiantes por niveles de regulación metacognitiva.....	71
Tabla 24. Tabla comparativa de la categoría regulación. ....	72
Tabla 25. Tabla comparativa de la categoría planeación. ....	72
Tabla 26. Comparación del plan de E9 Antes y después de la intervención.....	75
Tabla 27. Tabla comparativa de la categoría monitoreo. ....	76
Tabla 28. Planes y procesos de monitoreo de E6 y E10.....	77
Tabla 29. Tabla comparativa de la categoría evaluación. ....	80

Tabla 30. Tabla comparativa de respuestas de estudiantes E2, E5, E6 y E8.....	81
Tabla 31. Tabla comparativa de la categoría regulación. ....	82
Tabla 32. Cuadro de avances en la categoría regulación metacognitiva. ....	83
Tabla 33. Distribución porcentual de estudiantes por modelos después de la intervención didáctica.....	84
Tabla 34. Distribución de estudiantes por modelos después de la intervención didáctica. ..	93
Tabla 35. Tabla comparación porcentual de estudiantes antes y después de la intervención. ....	94
Tabla 36. Tabla comparativa entre cambios de regulación y modelos explicativos .....	95

## Lista de figuras

<i>Figura I:</i> Diseño metodológico .....	36
<i>Figura II.</i> Dibujo E3R1A .....	61
<i>Figura III.</i> Dibujo E5R1A .....	62
<i>Figura IV:</i> Gráficas espacio-tiempo de una onda. ....	66
<i>Figura V.</i> Dibujo E1R2 .....	87
<i>Figura VI.</i> Dibujo E4R1 .....	87
<i>Figura VII.</i> Dibujo E5R1 .....	87
<i>Figura VIII.</i> Dibujo E1R1 .....	89
<i>Figura IX.</i> Dibujo E5R1 .....	89
<i>Figura X.</i> Dibujo E2R1 .....	90
<i>Figura XI.</i> Respuesta de E6.....	91
<i>Figura XII.</i> Dibujo y respuesta de E3R1 .....	91
<i>Figura XIII.</i> Dibujo E7R1 .....	91
<i>Figura XIV.</i> Respuestas de E7R3 .....	92

## Introducción

Tamayo (2014) afirma que el estudio del desarrollo de la metacognición, más específicamente de la regulación metacognitiva y sus implicaciones en ámbitos educativos se considera como un tema de interés en la didáctica de las ciencias y es considerado como uno de los campos que aportan a la construcción del nuevo concepto de esta. Sin embargo, en cuanto a los estudios en campos específicos de conocimiento, aún quedan cuestionamientos por resolver y cuerpo teórico y práctico por construir. A continuación, se centra el interés en dos aspectos que se consideran fundamentales para el desarrollo de este trabajo y la construcción de cuerpo investigativo en dominios específicos de conocimiento: la regulación metacognitiva como componente de la metacognición y el cambio en los modelos explicativos sobre el concepto de onda mecánica.

En la literatura existente se encuentran numerosas investigaciones que analizan distintas perspectivas en cuanto a la enseñanza y el aprendizaje del movimiento ondulatorio. Pacca y Utges (1999) sistematizan las principales representaciones de onda en estudiantes de secundaria y estudian la construcción del concepto de onda mecánica usando analogías como herramienta de pensamiento en el aula. Por su parte, Welti (2002) investiga algunas dificultades de estudiantes y profesores para interpretar y describir las características físicas asociadas a la propagación y energía de las ondas. Sin embargo, una de las investigaciones más importantes en este campo, se centra en los modelos explicativos propuestos por Utges y Welti (2000) en su trabajo dificultades en el aprendizaje de las ondas, este, sirve de base conceptual para el desarrollo de la presente investigación.

En las siguientes páginas se abordarán los temas y etapas articuladoras del proyecto: En el capítulo 1 se describe el problema de investigación, la justificación y objetivos del trabajo investigativo; en el capítulo 2 se presenta un amplio rastreo de los autores representativos que han descrito la regulación metacognitiva y los modelos explicativos del concepto de onda mecánica, temas articuladores del proyecto; en el capítulo 3 se describe con detalle la metodología de investigación, en la que se propuso hacer un antes, durante y después para cada una de las categorías estudiadas. Por último, en el capítulo 4 se presenta

el análisis y discusión de los resultados, en la que se muestra que pareciera ser que aunque implementar actividades enfocadas en la regulación metacognitiva, aporta al cambio en los modelos explicativos del concepto de onda mecánica, el avance o retroceso en la regulación metacognitiva no tiene una relación directa con el progreso de los modelos explicativos.

# CAPÍTULO 1

## Planteamiento del problema

### 1.1. Planteamiento del problema

Al enseñar Física, se debe tener en cuenta que las vivencias de los estudiantes son importantes para el aprendizaje; además, se deben promover aspectos como: la explicación de fenómenos, la interpretación de estos a la luz de modelos y la aplicación a su entorno. Lograr que los estudiantes expliquen de manera precisa diversas situaciones como por ejemplo: por qué se forman ondas cuando cae una gota de agua en un estanque, por qué cuando se comprime una parte de un resorte estirado y luego se suelta este parece desplazarse, a qué se debe la aparición de los colores en películas jabonosas, y además que comprendan la relación espacio-tiempo en un solo evento, se constituye en un desafío en los procesos de enseñanza y aprendizaje del movimiento ondulatorio.

En la literatura existente se encuentran numerosas investigaciones que analizan aspectos relacionados con la enseñanza y el aprendizaje del movimiento ondulatorio Utges y Pacca (2002), Welti (2002), Pérez y Esper (2005), Bravo, Pesa y Caballero (2009), Hrepic, Zollman y Robello (2010), Utges y Welti (2000), Pérez y Esper (2005) y Utges y Welti (2000). Desde la experiencia de aula se observan dificultades que han sido tratadas en estas investigaciones, se tiene por ejemplo: el asociar las ondas con curvas que "caminan" lo cual implicaría ver la onda como un objeto en sí, que a veces es visible y otras, invisible; también, considerar que la "forma" es un atributo importante de las ondas, esto dificulta la visión de fenómenos ondulatorios en otras manifestaciones que no sean cuerdas. Asimismo, considerar los puntos de la cuerda en forma aislada, es decir, que no interactúan con sus vecinos; se tiende a confundir onda, emisor y receptor; en ocasiones, el hecho de solo reconocer ondas que pueden visualizarse en medios materiales; confundir perturbación con propagación y no tener un vocabulario específico para expresar sus ideas sobre las ondas.

A lo nombrado en los párrafos anteriores, se le suma la dificultad que poseen los estudiantes al momento de reflexionar frente a sus aprendizajes y, a que rara vez durante las

clases se desarrollan espacios, donde el estudiante y el docente puedan conocer los obstáculos que se generan durante la enseñanza y el aprendizaje de un tema específico; el docente simplemente se limita a enseñar los temas dejando de lado la importancia de adoptar una posición metacognitiva que permita al estudiante, reflexionar, conocer y regular sus propios procesos de aprendizaje (Cadavid, 2014).

Autores como Tamayo (2006), Tamayo, Vasco y otros (2013) y Soto (2001) señalan la metacognición como un elemento esencial en la enseñanza y el aprendizaje de las clases de ciencias, sin embargo, también expresan que son escasos los docentes que incorporan la metacognición en sus prácticas de aula. Esto ha llevado a que los estudiantes sean poco reflexivos frente a sus propios procesos de aprendizaje y además, que posean dificultades en los aspectos relacionados con la planeación, el monitoreo y la evaluación. Adicionalmente, algunos pocos que detectan sus propios obstáculos en el aprendizaje de algún concepto, no tienen la capacidad de proponer estrategias para la superación de estos y se les dificulta tomar una posición crítica frente a sus procesos cognitivos.

En cuanto a la regulación metacognitiva, Schraw & Moshman (1995) plantean investigaciones muestran que en la medida en que mejoran los procesos de regulación metacognitiva en los estudiantes, mejora el desempeño de los mismos, incluyendo el mejor uso de los recursos cognitivos como la atención, mejor uso de estrategias y mayor conciencia de las faltas de comprensión. Además, se ha encontrado un incremento significativo en el aprendizaje cuando se incluye la regulación y la comprensión de actividades en los procesos de enseñanza.

Tamayo (2006) plantea que para implementar el desarrollo de la metacognición y más específicamente de la regulación metacognitiva en las prácticas de clase, contrario a lo que dicta la tradición, es importante reconocer los modelos explicativos que poseen los estudiantes sobre un concepto específico y proponer las diferentes actividades de enseñanza y aprendizaje en coherencia con estos. De acuerdo a lo expuesto anteriormente, se hace necesario el estudio tanto del desarrollo de la regulación metacognitiva en estudiantes de educación media, como el cambio en los modelos explicativos sobre el concepto de onda mecánica.

Se tiene entonces que, desde las experiencias vividas en el aula y las diferentes investigaciones realizadas con respecto al concepto de onda mecánica, asimismo la necesidad imperante de mejorar los procesos de regulación en los estudiantes surge el problema tratado en el presente proyecto de investigación, el cual se resume en la siguiente pregunta:

*¿Cuál es el posible aporte de la regulación metacognitiva al cambio en los modelos explicativos del concepto de onda mecánica?*

## **1.2. Justificación**

Este proyecto de investigación se justifica, partiendo de la necesidad de un cambio de fondo en las clases de ciencias y en los distintos elementos del proceso de enseñanza y aprendizaje. Asimismo, se considera importante ya que se ocupa de uno de los problemas fundamentales de la didáctica de las ciencias que es realizar la transición desde las prácticas de aula centradas en la transmisión de conocimientos a lograr que los estudiantes desarrollen pensamiento crítico dentro y fuera del aula. López (2012) señala que aunque el conocimiento es esencial para el desarrollo del pensamiento, esto no garantiza el desarrollo de un pensamiento crítico. Los resultados de las investigaciones llevadas a cabo especialmente en los años ochenta por Glaser (1984), Perkins (1985), y Whimbey (1985) citados por López (2012) en lo relativo al impacto de la escolarización sobre el desarrollo de las habilidades de pensamiento, señalaban la mínima influencia real de la escuela en este tema.

Tamayo (2014) ubica a la metacognición como uno de los componentes constituyentes de pensamiento crítico señalando que ésta fortalece el desarrollo de habilidades importantes como: interpretación, análisis, evaluación, inferencia, explicación y autorregulación. Según Swanson (1990), en la medida en que los sujetos controlen y monitoreen las estrategias que usan, su habilidad para resolver problemas se optimiza. En otras palabras, el nivel metacognitivo apoya el nivel cognitivo en tanto activa factores de monitoreo y control durante la solución de un problema.

Entonces, el estudio sobre el desarrollo de la regulación metacognitiva en las clases de física y más específicamente en la formación de un concepto, es importante ya que responde a las necesidades planteadas: en primer lugar, al desarrollo del pensamiento crítico ya que la metacognición es una de sus categorías sobresalientes, también, a que los estudiantes logren comprender de manera profunda los fenómenos naturales estudiados y asimismo desarrollen habilidades que son pilares fundamentales en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias.

Por otra parte, tanto las ondas como el sonido son fenómenos físicos muy comunes e importantes en la vida cotidiana. Mucho de lo que aprendemos de nuestro entorno nos llega a través del sentido del oído: escuchamos al profesor que nos habla, escuchamos música, los sonidos de los animales, entre otros. La interpretación de fenómenos comunes como el sonido, su propagación y sus cualidades, propician en el niño la necesidad de entender otros fenómenos que lo rodean a diario, y de tratar de darle una explicación que vaya más allá de lo que él conoce y lo que puede observar en su diario vivir.

Entonces, responder a la pregunta sobre ¿Cuál es el posible aporte de la regulación metacognitiva al cambio de los modelos explicativos del concepto de onda mecánica? resulta ser un trabajo relevante porque hace parte de los intereses que hoy en día tiene la didáctica de las ciencias. Igualmente, relacionar el desarrollo de la regulación metacognitiva como desencadenante del pensamiento crítico con el desarrollo de un concepto de física es importante ya que se pueden establecer criterios para la enseñanza de dicho concepto y amplía el material que existe en este campo de investigación.

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general.**

Describir el posible aporte de la regulación metacognitiva al cambio en los modelos explicativos del concepto de onda mecánica.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Identificar los modelos explicativos y los obstáculos de diferente naturaleza que tienen los estudiantes sobre el concepto de onda mecánica.
- Reconocer el nivel de desarrollo de regulación metacognitiva que poseen los estudiantes previo a la intervención didáctica.
- Caracterizar el nivel de desarrollo de regulación metacognitiva y el cambio en los modelos explicativos del concepto de onda mecánica de los estudiantes, después de la intervención didáctica.

## **CAPÍTULO 2**

### **Marco Teórico**

#### **2.1. Introducción**

En las siguientes páginas se abordarán los temas articuladores del proyecto, en primer lugar, la metacognición, sus características históricas, definiciones y los distintos componentes, haciendo énfasis en la regulación metacognitiva como eje articulador del proyecto. En segundo lugar, se muestra una descripción del desarrollo histórico y epistemológico del concepto de onda. Finalmente, se presenta la propuesta de modelos explicativos sobre el concepto de onda mecánica con la que se trabajará el proyecto de investigación.

#### **2.2 Metacognición**

Como respuesta al requerimiento de la educación actual de formar estudiantes que no solamente repitan de memoria los conocimientos dados por un profesor o un libro de texto, sino que de manera crítica asuman las riendas de sus procesos de aprendizaje y además, desarrollen pensamiento crítico en el aula de clase, surge la metacognición; esta, según Tamayo, incide en la adquisición, comprensión, conservación y aplicación de lo que se aprende y su influencia sobre la eficacia del aprendizaje, el pensamiento crítico y la resolución de problemas. (Tamayo, 2006, p. 22). La metacognición ha sido definida, de manera general, como el conocimiento que se tiene acerca del conocimiento o la habilidad para monitorear, evaluar y planificar nuestro propio aprendizaje Flavell (1979).

A continuación se muestra, de manera breve, una mirada a la historia de la metacognición y luego se exponen algunos conceptos que han aportado diversos investigadores sobre el término:

##### **2.2.1 Una mirada a la historia de la metacognición**

Los estudios sobre metacognición tienen su origen en los trabajos sobre la memoria y su funcionamiento realizados en los años 70 por Tulvin y Madigan. Basado en estas investigaciones, Flavell, desarrolló un conjunto de estudios, cuyos resultados lo condujeron a introducir el término metacognición en la literatura de la psicología educativa. De acuerdo con Flavell, de manera general, la metacognición se refiere al conocimiento que se tiene acerca del conocimiento. En otras palabras, la metacognición se refiere al conocimiento o cognición que se

tiene acerca del conocimiento o de cualquier objeto cognitivo y éste a su vez se da acerca de las personas, las tareas o las estrategias. Flavell (1987).

Con el tiempo, la propuesta de Flavell llegó a constituirse como una de las dimensiones de la metacognición: *el conocimiento acerca de la cognición*. En investigaciones realizadas posteriormente, como consecuencia de estudios sobre la aplicación autónoma de estrategias de memorización recién adquiridas, se generó la necesidad de incluir en la enseñanza métodos de autorregulación que permitieran el monitoreo y la supervisión del uso de los propios procesos cognitivos. Partiendo de estos resultados, se empezó a consolidar la segunda dimensión de la metacognición: *La regulación o el control de la cognición*.

A partir de esta dimensión surgen varias investigaciones desde la perspectiva teórica relacionadas con los procesos que debe presentar la regulación de la cognición, (Martí, 1995; Weinstein y Mayer 1986; Carretero 2001; Brown, 1987; Schraw & Moshman, 1995) estas convergen en tres procesos: en primer lugar, de tipo anticipatorio como la planificación de las acciones a realizar para resolver una tarea específica (*Planeación*). En segundo lugar, los que se presentan durante la realización de la tarea, que le permite al sujeto autoevaluar el proceso y realizar los cambios que considere pertinentes (*Monitoreo*), por último, los procesos de verificación y evaluación de lo producido (*Evaluación*). Actualmente, según Orrego, Tamayo & Ruiz (2016) estas tres habilidades son consideradas fundamentales para el logro de aprendizajes en profundidad.

Como se evidencia anteriormente y acorde a lo planteado por Sánchez, Castaño & Tamayo (2015) hoy se puede referir a la metacognición como a un amplio constructo teórico con gran potencialidad en la enseñanza de las ciencias y como una herramienta que de ser usada por los estudiantes y profesores contribuiría a mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje.

### **2.2.2 Concepto de metacognición**

Aunque la metacognición se cataloga como un concepto joven ha cobrado importancia en el ámbito educativo y más específicamente en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Por esta razón, existe una amplia gama de autores que tratan y complementan el tema y los estudios realizados por Flavell. (Martí, 1995; González, 1996; Campanario, 2000; Brown, 1987, Tamayo 2006, 2016, 2017).

A continuación se señalan algunos autores que hacen referencia al concepto y los componentes de la metacognición:

Chadwick (1985) denomina metacognición a la conciencia que una persona tiene acerca de sus procesos y estados cognitivos, para este autor, la metacognición se divide en subprocesos como la meta-atención y la meta-memoria. Es de resaltar el uso del término conciencia en el concepto dado por el autor, dando a entender que este es el eje articulador de los procesos metacognitivos y el uso de las operaciones cognitivas como la atención y la memoria.

Como complemento a lo planteado anteriormente, Buron (1993) plantea que cuando se dice que la metacognición es el conocimiento de las cogniciones, cogniciones significa cualquier operación mental de percepción, atención, memorización, lectura, escritura, comprensión, y comunicación. Por tanto, la metacognición es el conocimiento que tenemos de todas estas operaciones mentales. Qué son, cómo se realizan, cuándo hay que usar una u otra.

Por su parte, Brown y Sullivan (1987), definen la metacognición como el conocimiento (estable y consciente) y la regulación de la actividad cognitiva, como el control deliberado y consciente de la propia actividad cognitiva a través de mecanismos auto-regulatorios que suceden al momento de resolver problemas. La persona debe ser consciente de las acciones a realizar antes, durante y después de una tarea específica. La autora reconoce la importancia de los procesos de regulación por parte de los sujetos, en el desarrollo de habilidades metacognitivas.

Además, Martí (1995), muestra que la metacognición se refiere, no sólo al conocimiento sobre los procesos cognitivos (por ejemplo, conocer la amplitud de su memoria ante una tarea determinada, saber que determinado tipo de tarea es más difícil que otra, darse cuenta de que no he entendido la explicación que me acaban de dar), sino también a la regulación de dichos procesos cognitivos (Repasar una texto el tiempo suficiente para que pueda recordarlo, tomar precauciones -estar más atento, planificar las acciones- ante una tarea difícil, pedir que me repitan la explicación de forma más lenta para que pueda entenderla, etc.).

Weinstein y Mayer (citado en González, 1996) conciben la metacognición como el conocimiento que una persona tiene acerca de sus propios procesos cognoscitivos (cognitivos) y el control que es capaz de ejercer sobre estos.

Carretero (citado por Osses y Jaramillo, 2008). Se refiere a la metacognición como el conocimiento que las personas construyen respecto del propio funcionamiento cognitivo. Por otra parte, asimila la metacognición a operaciones cognitivas relacionadas con los procesos de supervisión y de regulación que las personas ejercen sobre su propia actividad cognitiva cuando se enfrentan a una tarea. Por ejemplo, para favorecer el aprendizaje del contenido de un texto, un alumno selecciona como estrategia la organización de su contenido en un esquema y evalúa el resultado obtenido.

De los conceptos planteados anteriormente se diferencian tres componentes de la metacognición:

- 1) La conciencia de una persona sobre sus procesos cognitivos. (Chadwick, 1985; Buron 1993)
- 2) El conocimiento sobre los procesos cognitivos. (Martí, 1995; Weinstein y Mayer 1986; Carretero 2001)
- 3) La regulación o control de dichos procesos. Referida a las acciones que la persona debe hacer antes, durante y después de desarrollar una tarea específica. (Martí, 1995; Weinstein y Mayer 1986; Carretero 2001, Brown, 1987)

Conforme a esto, los planteamientos de Gunstone & Mitchell (1998), expresan que el estudio de la metacognición aborda tres aspectos generales: *Conocimiento, conciencia y control* sobre los propios procesos de pensamiento, componentes que se analizarán en detalle a continuación:

### **2.2.3 Componentes de la metacognición**

#### ***2.2.3.1 Conocimiento Metacognitivo.***

De acuerdo con Flavell, la metacognición se refiere al *conocimiento o cognición que se tiene acerca del conocimiento cualquier objeto cognitivo*. Flavell (1987). Este primer componente metacognitivo se refiere al conocimiento que tienen las personas sobre sus propios procesos cognitivos; considerando que estos a su vez se pueden analizar desde el conocimiento que se posee: sobre las personas, sobre las tareas o sobre las estrategias. Flavell (1987).

Acorde con lo planteado anteriormente, Osses y Jaramillo (2008) establecen que el conocimiento metacognitivo se refiere a:

a) *Conocimiento de la persona*, los autores expresan que en este caso, se trata del conocimiento que se tiene de uno mismo como aprendiz, de las potencialidades y limitaciones cognitivas y de otras características personales que pueden afectar el rendimiento en una tarea.

b) *Conocimiento de la tarea*, en este caso plantean que hace alusión al conocimiento que se posee sobre los objetivos de la tarea y todas aquellas características de ésta, que influyen sobre su mayor o menor dificultad, este conocimiento es muy importante, pues ayuda al aprendiz a elegir la estrategia apropiada para ejecutar la tarea.

c) *Conocimiento de las estrategias*, de lo cual exponen que el aprendiz debe saber cuál es el repertorio de estrategias alternativas que le permitirán llevar a cabo una tarea, cómo se aplicarán y las condiciones bajo las cuales las diferentes estrategias resultarán más efectivas.

Por su parte, Schraw & Moshman (1995) expresan que el conocimiento de la cognición se refiere a lo que las personas saben acerca de su propia cognición o acerca de la cognición en general. Los autores incluyen al menos tres tipos diferentes de conocimiento metacognitivo: el *conocimiento declarativo, procedimental y condicional*. (p. 352)

*El conocimiento declarativo*; es un conocimiento proposicional referido a un *saber que*, acerca de uno mismo como aprendiz y de los diferentes factores que influyen de manera positiva o negativa su rendimiento. (Tamayo, 2006, p. 2).

*El conocimiento procedimental* es un *saber cómo* se hacen las cosas, de cómo suceden, es un tipo de conocimiento que puede representarse como heurísticos y como estrategias en las cuales los individuos definen los pasos seguidos en la solución a un problema. (Tamayo, 2006, p. 2). Según Schraw & Moshman (1995), Citando algunos estudios realizados por diversos investigadores, los individuos con un alto grado de conocimientos procedimentales usan habilidades de forma más automática, tienen más probabilidades de secuenciar estrategias de manera efectiva y utilizar estrategias cualitativamente diferentes para resolver problemas.

*El conocimiento condicional* se refiere a saber cuándo y por qué aplicar diversas acciones cognitivas (Schraw & Moshman, 1995). Puede considerarse como conocimiento declarativo acerca de la utilidad relativa de los procedimientos cognitivos. Como complemento a lo planteado, Tamayo plantea que el conocimiento condicional es un saber por qué y cuándo se

usan el conocimiento declarativo y el procedimental. Además expresa que este tipo de conocimiento ayuda al estudiante a distribuir selectivamente los recursos y a usar las estrategias más eficientemente, permite además identificar el conjunto de condiciones y las exigencias situacionales de cada tarea de aprendizaje. (Tamayo, 2006, p. 2).

En conclusión, el conocimiento metacognitivo en su conjunto se refiere a: a) La posibilidad de una persona ser consciente de lo que sabe y lo que no cuando se encuentra ante una tarea a desarrollar. b) conocer las variables que afectan positiva o negativamente el desempeño personal, diseñar o distinguir estrategias o pasos necesarios para resolver una tarea específica, además de describirlos, y por último, c) saber cuándo y porque usar dichos procedimientos dependiendo de la naturaleza de la tarea a desarrollar.

### ***2.2.3.2 La conciencia metacognitiva***

El componente conciencia metacognitiva ha sido tratado por diversos autores tanto desde la filosofía como desde la psicología educativa (Hartman, 1998; Tamayo, 2006; Kuhn, 2000; Flavell 1987; Monereo, 1995), este se refiere a un saber de naturaleza intra-individual, además, al conocimiento que tienen los estudiantes de los propósitos de las actividades que desarrollan y de la conciencia que tienen sobre su progreso personal; es un conocimiento que permite el control o la auto-regulación del pensamiento y de los procesos y productos del aprendizaje (Hartman, citado por Tamayo, 2006, p. 3)

Por su parte, Deanna Kuhn (2000) en su artículo *Metacognitive Development* plantea que se requiere el control consciente del sujeto en la aplicación de diversas estrategias metacognitivas. Plantea que el nivel “meta” es alcanzado por la experiencia *consiente* en situaciones que requieran análisis metacognitivos.

La autora plantea que los niños desarrollan a temprana edad cierto nivel de conciencia metacognitiva. Durante su desarrollo y crecimiento, estas habilidades se vuelven más explícitas, poderosas y eficaces, al trabajar bajo el control consciente del individuo. Ayudan a la mejora de (a) la conciencia metacognitiva de lo que uno cree y cómo se conoce y (b) el control metaestratégico en la aplicación de las estrategias que procesan nueva información. Siendo estos importantes objetivos educativos en la actualidad. La autora hace un reiterado énfasis en la

importancia que tiene la toma de conciencia en los procesos que conducen al desarrollo metacognitivo. (Kuhn, 2000)

Apoyando la idea anteriormente expuesta, Monereo (1995) describe, partiendo de los resultados de diversas investigaciones, que a edades tempranas niños y niñas conocen aspectos sustanciales de su propio funcionamiento "psicológico":

Anticipación del resultado de sus acciones (3-4 años), eficacia de la memoria a corto plazo (4-5 años), conciencia de lo que saben o no saben sobre un tema (5-6 años), valoración realista de la propia comprensión (7-8 años), planificación mental de actividades a corto plazo (8-9 años), verbalización competente de procesos cognitivos (10-11 años) o utilización eficaz de la elaboración de ideas para facilitar su posterior recuerdo (11-12 años). A partir de los 12 años, el autoconcepto que poseen los niños y las niñas sobre sus propias habilidades cognitivas parece estar consolidado. (Monereo, 1995, p. 2)

### ***2.2.3.3 Regulación metacognitiva***

La regulación metacognitiva, es el componente de la metacognición que le permite al estudiante controlar su pensamiento y aprendizaje. Schraw & Moshman (1995) plantean que en la medida en que mejoran los procesos de regulación metacognitiva en los estudiantes, mejora el desempeño de los mismos, incluyendo el mejor uso de los recursos cognitivos como la atención, mejor uso de estrategias y mayor conciencia de las faltas de comprensión. Además, se ha encontrado un incremento significativo en el aprendizaje cuando se incluye la regulación y la comprensión de actividades en los procesos de enseñanza.

Este aspecto de la metacognición, según Martí (1995), se refiere a la dimensión procedimental del conocimiento (saber cómo...) y permite a la persona encadenar de forma eficaz las acciones que le permiten realizar con éxito una tarea. Según Brown (1987, p. 68), suelen ser procesos relativamente inestables (muy dependientes del tipo de tarea), no necesariamente tematizables (la persona puede controlar y guiar sus propios procesos cognitivos sin ser capaz de describirlos o de reflexionar sobre ellos) y relativamente independientes de la edad (niños de diferentes edades y adultos muestran todos ellos procesos de regulación).

Aunque en la literatura se han descrito varias destrezas regulatorias, se habla de tres habilidades esenciales: *Planeación, monitoreo y evaluación*. (Tamayo, 2006; Buitrago y García, 2012; Brown, 1987).

#### 2.2.3.3.1 Planeación

La planeación, según Tamayo (2006) implica la selección de estrategias apropiadas y la localización de factores que afectan el rendimiento tales como la predicción, las estrategias de secuenciación y la distribución del tiempo o de la atención selectiva antes de realizar la tarea; es decir, consiste en anticipar las actividades, prever resultados, enumerar pasos.

De acuerdo con Schraw & Moshman (1995), El conocimiento y la capacidad de planificar se desarrolla a través de la infancia y la adolescencia, mejorando dramáticamente entre las edades de 10 y 14. Dando a entender que la habilidad de planear se puede desarrollar en los jóvenes.

Por su parte, Sanmartí (2009) tratando el tema del dominio, por parte del que aprende, de las operaciones de anticipación y de planificación de la acción, expresa que si un alumno las domina, significa que es capaz de representar mentalmente las acciones que debe efectuar para realizar con éxito las tareas que se le proponen, bien para elaborar nuevos conocimientos o para aplicar los conocimientos ya aprendidos. Las tareas de enseñanza-aprendizaje han de promover la construcción de dichas operaciones, y su autorregulación cuando no son adecuadas al objetivo de aprendizaje.

Además, la autora también plantea que al final de todo proceso de enseñanza se pretende que el alumnado sea capaz, cuando se encuentre ante un nuevo problema que exija aplicar los nuevos conocimientos, de anticipar y planificar las operaciones necesarias para resolverlo, *ya sea para explicar cómo se digieren unos determinados alimentos, para diseñar una dieta adecuada en función de una determina actividad física o para argumentar acerca de la importancia de comer todo tipo de alimentos*. Por ello, es importante evaluar si los estudiantes anticipan y planifican adecuadamente como dar respuesta a este tipo de cuestiones. (Sanmartí, 2009, p. 15)

Ahora bien, los resultados de la investigación realizada por Tamayo, Zona & Loaiza (2017): mostraron que en el primer momento, los estudiantes, en cuanto a la categoría

planeación, proponen la elaboración de planes que se caracterizan por ser poco específicos y que describen las diferentes acciones a seguir de manera general. Son planes que poco aportan en la solución al problema dado su carácter genérico. Desde la perspectiva metacognitiva, la elaboración de planes macro es poco orientadora de la acción de los estudiantes en función de resolver el problema planteado.

#### 2.2.3.3.2 *Monitoreo*

El monitoreo se refiere a la posibilidad que se tiene, en el momento de realizar la tarea, de comprender y modificar su ejecución, por ejemplo, realizar auto-evaluaciones durante el aprendizaje, para verificar, rectificar y revisar las estrategias seguidas. (Tamayo, 2006, p. 3)

El monitoreo, siguiendo a Cadavid (2014), se relaciona con la conciencia en línea (on-line) de la comprensión y el desempeño de las tareas. Las investigaciones indican que la capacidad de monitoreo se desarrolla lentamente y es bastante pobre en niños e incluso adultos. Asimismo, sugieren que la capacidad de monitoreo mejora con la capacitación y la práctica. Schraw & Moshman (1995)

Por su parte Sanmartí (2009) distingue dos tipos de criterios usados para analizar la calidad de una producción: los criterios de realización y los criterios de resultados, refiriéndose a los criterios de realización como las orientaciones sobre las operaciones que se espera que los estudiantes lleven a cabo mientras desarrollan la tarea escolar, es decir, orientaciones a las actividades de monitoreo que deben realizar.

La autora plantea que los criterios de realización se refieren a los aspectos u operaciones que se espera que aplique el alumnado *al realizar una determinada tarea*, ya sea al explicar un hecho, al definir un concepto, al resolver un problema o al llevar a cabo un proceso de investigación.

Por ejemplo, para poder reconocer si un alumno o alumna es capaz de construir un gráfico, se deberán identificar las diferentes acciones que ha poner en práctica en la realización de este procedimiento; para poder comprobar si se representa adecuadamente un determinado concepto será necesario explicitar las distintas características que permiten definirlo; o si se pretende evaluar la aplicación de un conocimiento a la interpretación de algún hecho, será preciso concretar los principales aspectos que lo caracterizan. Como se puede comprobar, los criterios de

realización coinciden con las operaciones explicitadas en la base de orientación. (Sanmartí, 2009, p. 17)

Calderón, Osorio y Rendón (2017) y Marti (1995) plantean que las acciones de monitoreo llevan al estudiante a modificar y buscar estrategias alternativas en el caso de que las seleccionadas anteriormente no sean eficaces.

#### *2.2.3.3.3 Evaluación*

La evaluación, realizada al final de la tarea, se refiere a la naturaleza de las acciones y decisiones tomadas por el aprendiz; evalúa los resultados de las estrategias seguidas en términos de eficacia. (Tamayo, 2006, p. 3; Martí, 1995, p. 11)

La evaluación se refiere a la valoración de los productos y los procesos regulatorios del aprendizaje. Ejemplos típicos incluyen la reevaluación de los objetivos y conclusiones. Varios estudios indican que el conocimiento metacognitivo y las habilidades regulatorias como la planificación están relacionadas con la evaluación (Schraw & Moshman, 1995).

A manera de síntesis, Schraw & Moshman (1995) plantean que el conocimiento de la cognición y la regulación de la cognición no son independientes entre sí. En palabras de Martí (1995) Es muy posible que el conocimiento que tenga una persona sobre la cognición repercute sobre la regulación cognitiva. Recíprocamente, es probable que los procesos reguladores que las personas aplican cuando resuelven un problema o cuando abordan una tarea de aprendizaje repercutan sobre los conocimientos que van elaborando sobre su propio proceso cognitivo.

Así, para ilustrar un poco lo dicho anteriormente, el autor cita como ejemplo, para el primer aspecto:

Si la persona sabe que la tarea que ha de afrontar es una tarea que requiere un gran esfuerzo de memoria y que puede ser incapaz de recordar todas las informaciones que vayan surgiendo, probablemente planificará e irá controlando dichas informaciones (por ejemplo apuntándolas) de otro modo que si no tiene dicho conocimiento. Martí (1995, p. 14)

Y para el segundo aspecto:

El hecho, por ejemplo, de tener que ir controlando y memorizando las informaciones que aparecen en la resolución de un problema para poder resolverlo pueden desembocar en

conocimientos que el sujeto va elaborando sobre su propia capacidad, sobre la limitación de su capacidad de memoria y sobre la particularidad de dicha tarea. Martí (1995, p. 14)

A manera de conclusión, los procesos de regulación metacognitiva implican acciones en tres momentos específicos con respecto al desarrollo de una tarea:

a) Acciones desarrolladas *antes* de la realización, que se refieren a: la identificación de las variables implicadas en la tarea, las acciones que responden a la pregunta orientadora o tarea específica, al orden lógico en la realización de dichas tareas y en ocasiones a la presencia de acciones relacionadas con: observación, medición, registro y análisis previo a la realización.

b) Acciones *durante*, que se relacionan con el Seguimiento, verificación y replanteamiento del plan elaborado y la detección y superación de dificultades que se presenten durante la ejecución del plan.

c) Acciones llevadas a cabo *después* de la realización de la tarea, que implica la comprobación de la validez del plan elaborado y monitoreado y esta directa o indirectamente relacionada con la pregunta orientadora, con las tareas realizadas y con las decisiones tomadas.

La unidad temática del proyecto es el concepto de onda mecánica, a continuación se muestra un breve recorrido histórico y epistemológico sobre el concepto a tratar:

### **2.3. Historia y epistemología del concepto de onda**

Se puede decir que gran parte del conocimiento que se tiene actualmente sobre el concepto de onda, proviene del estudio de la acústica y de la óptica (sonido y luz). En cuanto a la acústica, Los filósofos griegos, quienes estaban interesados por la música, tenían la hipótesis de la existencia de una conexión entre las ondas y los sonidos y vibraciones causantes de este. Pitágoras observó que cuando hilos vibraban, producían sonidos y determinó la relación matemática entre la longitud de los hilos y el sonido producido por ellos.

Unos siglos más tarde, Galileo Galilei con sus experimentos describió los principios básicos del movimiento Armónico simple. Robert Boyle, en un clásico experimento de 1660, probó que el sonido no puede viajar a través del vacío, con lo cual se infiere que este necesariamente deberá propagarse por un medio (el aire) y en forma de onda. Isaac Newton

publicó una descripción matemática sobre cómo el sonido viaja en su recorrido. En el siglo XVIII, el matemático y científico francés Jean Le Rond d'Alembert derivó la ecuación de la onda, una completa y general descripción matemática de las ondas. Esta ecuación constituyó la base para las siguientes generaciones de científicos que estudiaron y describieron el fenómeno de las ondas.

El físico holandés Christian Huygens dedicó sus esfuerzos a elaborar una teoría ondulatoria acerca de la naturaleza de la luz que con el tiempo vendría a ser la gran rival de la teoría corpuscular de su contemporáneo Newton.

Lo anteriormente expuesto ilustra un poco el recorrido histórico del movimiento ondulatorio con respecto a la acústica, ahora bien, el concepto de onda también presenta implicaciones en las teorías acerca de la luz (óptica), Vera (2012) citando una amplia gama de autores ofrece un acercamiento bastante bueno a la construcción epistemológica e histórica del concepto de onda con respecto a los avances en la teoría de la luz, en primer lugar, el autor, realiza un acercamiento a los inicios de la teoría Ondulatoria expresando lo siguiente:

Los primeros en hacerse preguntas concretas, relacionadas con el fenómeno de la visión y la luz, tuvieron una serie de modelos para explicar algunos comportamientos, entre los cuales se encuentran: Demócrito (siglo IV A.C) sostenía que la luz era un flujo de partículas emitido por los cuerpos visibles, mientras que Platón (347 ó 348 A.C.) suponía que nuestros ojos emitían partículas que llegaban a los objetos y los hacían visibles. Aristóteles (384 – 322 AC) por su parte, afirmaba que la luz era un fluido inmaterial entre los objetos y los ojos. Euclides (300 a.C.) introdujo el concepto de rayo de luz emitido por el ojo, que se propagaba en línea recta hasta alcanzar el objeto de algunos conceptos básicos del movimiento ondulatorio. Vera (2012)

El autor realiza un acercamiento al concepto de onda con respecto a la visión filosófica de la luz, luego, expone otros científicos que presentaron avances al concepto:

El árabe, Ajasen Basora (965-1039) introdujo la idea de que la luz era un proyectil que provenía del sol, rebotaba en los objetos y de estos llegaba al ojo. Leonardo da Vinci (1492-1519), durante el Renacimiento, estableció cierta similitud entre la luz, el sonido y las ondas de agua. En efecto, da Vinci advirtió una semejanza entre la reflexión de la luz y el eco. Propuso, entonces, la hipótesis de que la luz podría ser un tipo de movimiento ondulatorio, tal como las ondas formadas en el agua. Vera (2012)

Luego el autor destaca algunos aspectos importantes sobre cómo ha evolucionado la teoría ondulatoria:

En el siglo XVII Newton consolidó en sus trabajos la formulación corpuscular de la luz, muchos experimentos mostraban que efectivamente la luz tiene un comportamiento de partícula. No obstante, durante los trabajos desarrollados por Thomas Young y otros científicos de los siglos XVII y XIX se obtuvieron resultados que la teoría corpuscular no podía explicar, como la aparición de franjas oscuras cuando dos fuentes de luz se sumaban frente a una pantalla. Grandes físicos desarrollaron la teoría ondulatoria, Fresnel, Huygens, Maxwell. Vera (2012)

Los trabajos de Maxwell no sólo permitieron demostrar el carácter ondulatorio de la luz sino que también predijo su carácter electromagnético. Aún con la teoría elaborada por Maxwell existían fenómenos que no podían ser explicados a través de la teoría electromagnética, como el efecto fotoeléctrico, cuya explicación dada a comienzos del siglo XX por Einstein no excluyó el carácter ondulatorio de la luz, pero retomó la posibilidad para que la luz pudiera ser estudiada a través de formulaciones corpusculares. Einstein teniendo en cuenta que el comportamiento corpuscular y el ondulatorio son tratamientos excluyentes para un mismo ente físico de manera simultánea, concluyó que la luz dependiendo de las circunstancias debía ser estudiada como partícula o como onda. Cuando se estudian fenómenos de interferencia y difracción la teoría utilizada será aquella que modele la luz como una onda. Vera (2012)

## **2.4 Modelos explicativos sobre el concepto de onda mecánica**

A continuación se nombra cada uno de los modelos y una breve explicación de las principales características de cada uno descritas por los autores (Utges y Welti, 2000; Utges y Pacca, 1999):

### **2.4.1 Modelo: Ondas como curvas que Caminan**

Los autores describen que en este modelo, las ondas mecánicas son formas curvas que se mueven y avanzan, estas curvas, son visibles y caminan a través del espacio, pueden responder a diversas formas (zigzag, irregulares, montañas). Lo indispensable es la forma curva y el movimiento o avance de esta. Centrada en la percepción del movimiento como un todo continuo y ondulado, con partes que suben y bajan o se acercan y se alejan.

#### **2.4.2 Modelo: Ondas como figura conocida**

Los autores Utges y Welti (2000); Utges y Pacca (1999) plantean que en este modelo, el concepto de onda mecánica se relaciona con una figura específica, por lo general, de tipo sinusoidal, en este modelo la forma es esencial; Necesita ser regular, continua, con máximos y mínimos que se repiten en el espacio. Hay referencias al Movimiento de esta figura pero sin precisión.

#### **2.4.3 Modelo: Ondas como repetición**

Las características de este modelo, radican en la presencia de movimiento con repetición en el tiempo, que puede ser producido por un agente externo o interno a la onda mecánica. Necesariamente existen magnitudes que describen el movimiento como período y frecuencia, además, incluyen movimiento de ida y vuelta con regularidad, sincronismo, secuencia, oscilación, ritmo, algún ciclo. Cuando se considera la onda mecánica como repetición, no se considera la existencia de un medio material o una forma en particular.

#### **2.4.4 Modelo: Fuente**

Las ondas mecánicas son fundamentalmente una sensación, algo que no se ve, producidas por una fuente que, con su movimiento, las crea, generalmente se propaga, viajan por el aire, este es considerado el medio de propagación por excelencia.

#### **2.4.5 Modelo: Transmisión-transferencia**

En cuanto al concepto de onda mecánica, el estudiante, ubicado en este modelo, focaliza su atención en la transmisión o transferencia de algo, de un cuerpo a otro. Lo que se transmite, se transfiere o se propaga podrían ser vibraciones, fuerza, energía o movimiento, aunque a menudo no está claro de qué se trata. En este modelo las ondas mecánicas son más que forma. Existe algo que se transmite a través de un medio material.

#### **2.4.6 Modelo: Material-Medio**

Los autores describen este modelo exponiendo que las respuestas de los estudiantes donde se especifique la necesidad de un material continuo a través del cual el movimiento se propague. Para tanto, Deben existir vínculos entre las partes, alguna relación que permita la propagación de las ondas mecánicas.

Una aclaración importante que realizan los autores es que un estudiante puede ubicarse en varios modelos explicativos dependiendo de la situación a la que se encuentre expuesto. (Utges y Welti, 2000), la siguiente tabla se resumen los principales modelos y los aspectos que caracterizan la formación, dependencia del medio y relación espacio-tiempo en el movimiento de la onda mecánica:

Tabla 1. Modelos explicativos del concepto de onda mecánica. Tomada de Utges y Welti (2000)

<b>MODELO</b>	<b>En cuanto a las variables reconocidas</b>	<b>En cuanto a la "sustancialidad de la onda"</b>	<b>En cuanto a la dependencia espacio-temporal</b>	<b>En cuanto a la consideración del medio</b>
<b>Curvas que caminan</b>	Desplazamiento	Ente	Predominio espacial	Es externo a la onda y se opone a su propagación
<b>Figura conocida</b>	No consideran variables	Ente	Predominio espacial	Es externo a la onda y se opone a su propagación
<b>Repetición</b>	Cíclicas	Evento	Predominio temporal	
<b>Fuente</b>	Cíclicas	Ente	Predominio temporal	Es externo a la onda y se opone a su propagación
<b>Transmisión-Transferencia</b>	Variaciones progresivas	Evento	Predominio espacial	
<b>Material-medio</b>	Transformaciones o variaciones internas	Evento	Considera agentes internos y externos	Considera el vínculo entre partes del medio como elemento explicativo de la propagación

## **CAPÍTULO 3**

### **Metodología**

A continuación se presentan elementos importantes relacionados con la metodología de investigación del presente proyecto, en primer lugar se describe de manera general el tipo de estudio realizado y el alcance del mismo, luego, se especifican las características de la unidad de trabajo y el diseño metodológico de la investigación, donde se hace mención a las fases de la misma. También se realiza una descripción de las categorías de análisis con los respectivos criterios de análisis y por último se relacionan las técnicas para recoger y analizar la información. Todo siguiendo el esquema de Folgueiras (2009) en cuanto a las etapas de investigación.

#### **3.1. Metodología de la investigación**

El estudio realizado es de tipo cualitativo con un alcance descriptivo con el cual se pretendió especificar las características de las respuestas de los estudiantes antes, durante y después de una intervención didáctica específica, con respecto al concepto de onda mecánica y a las habilidades de regulación metacognitiva que posean estos.

Sampieri, Fernandez, & Baptista (1998) aportan sobre este enfoque expresando:

El enfoque cualitativo puede definirse como un conjunto de prácticas interpretativas que hacen al mundo visible, lo transforman y convierten en una serie de representaciones en forma de observaciones, anotaciones, grabaciones y documentos. Es naturalista (porque estudia a los objetos y seres vivos en sus contextos o ambientes naturales) e interpretativo (pues intenta encontrar sentido a los fenómenos en términos de los significados que las personas les otorguen).

Adicionalmente en cuanto a las etapas de investigación Folgueiras (2009) afirma:

Las etapas de la investigación estarán orientadas con base a las siguientes fases:

- Selección del tema a investigar, identificación del problema, revisión de literatura o referentes teóricos, selección del método de investigación, método inductivo, observación, recolección de datos, análisis de datos, interpretación de los resultados, elaboración de conclusiones y redacción del informe final.

- Técnicas: La observación participante, entrevistas semi-estructurada y encuestas.
- Instrumentos: Son las actividades de la unidad didáctica (Sólo se presenta en este apartado una descripción general de los instrumentos utilizados en el desarrollo de la unidad Didáctica)
- Plan de análisis: El tipo de análisis que se realizará: análisis del discurso.

Estas etapas han sido usadas en varios trabajos presentados en la universidad autónoma de Manizales en el marco de la Maestría en Enseñanza de las Ciencias.

### **3.2. Unidad de trabajo**

Teniendo en cuenta que los contenidos estudiados, hacen parte de un proceso de formación de básica secundaria y media vocacional, la recolección de datos se realizó en el colegio Liceo campestre de las Américas, con estudiantes de grado undécimo. Se realizaron 10 sesiones distribuidas en 5 semanas, con una intensidad horaria de 4 horas (semanales), se desarrolló en el marco de las clases de Física asignadas por la institución.

Esta investigación se desarrolló con 30 estudiantes de grado undécimo del colegio Liceo campestre de las Américas, sus edades oscilan entre los 14 y 16 años. Se tomaron al azar 10 estudiantes que hubieran participado en todo el proceso: Antes, durante y después de la intervención didáctica.

### **3.3. Diseño metodológico**

Para la verificación de la obtención de resultados y el desarrollo metodológico del proceso investigativo, se proponen las siguientes fases:

1. Fase uno (antes de la intervención didáctica): se llevará a cabo por medio de instrumentos de lápiz y papel y una actividad experimental, donde se identificarán las dificultades que tienen los estudiantes en cuanto al desarrollo de las habilidades de regulación metacognitiva, los obstáculos de aprendizaje y los modelos explicativos sobre el concepto de onda mecánica, antes de la intervención didáctica.

2. Fase dos: Se examina la situación problema y se realiza la planeación, diseño y validación de una unidad didáctica, que promueva el desarrollo de la regulación metacognitiva y

además, que permita solucionar las dificultades de la población relacionadas con el concepto de onda mecánica.

3. Fase tres (Intervención didáctica): Aplicación de la unidad didáctica, se realizó el seguimiento a esta, para determinar la pertinencia y el impacto en la solución de la problemática.

4. Fase cuatro (Después de la intervención didáctica): se determinó si fueron superadas las dificultades que se encontraron en la fase uno. Se aplicó una prueba escrita y otra experimental con la que se realiza la confrontación con los resultados de la prueba inicial, luego se elaboran las conclusiones, recomendaciones y la respectiva presentación de resultados. Por último, Se redacta un artículo científico con fines de publicación.

A continuación se muestra el esquema del diseño metodológico:

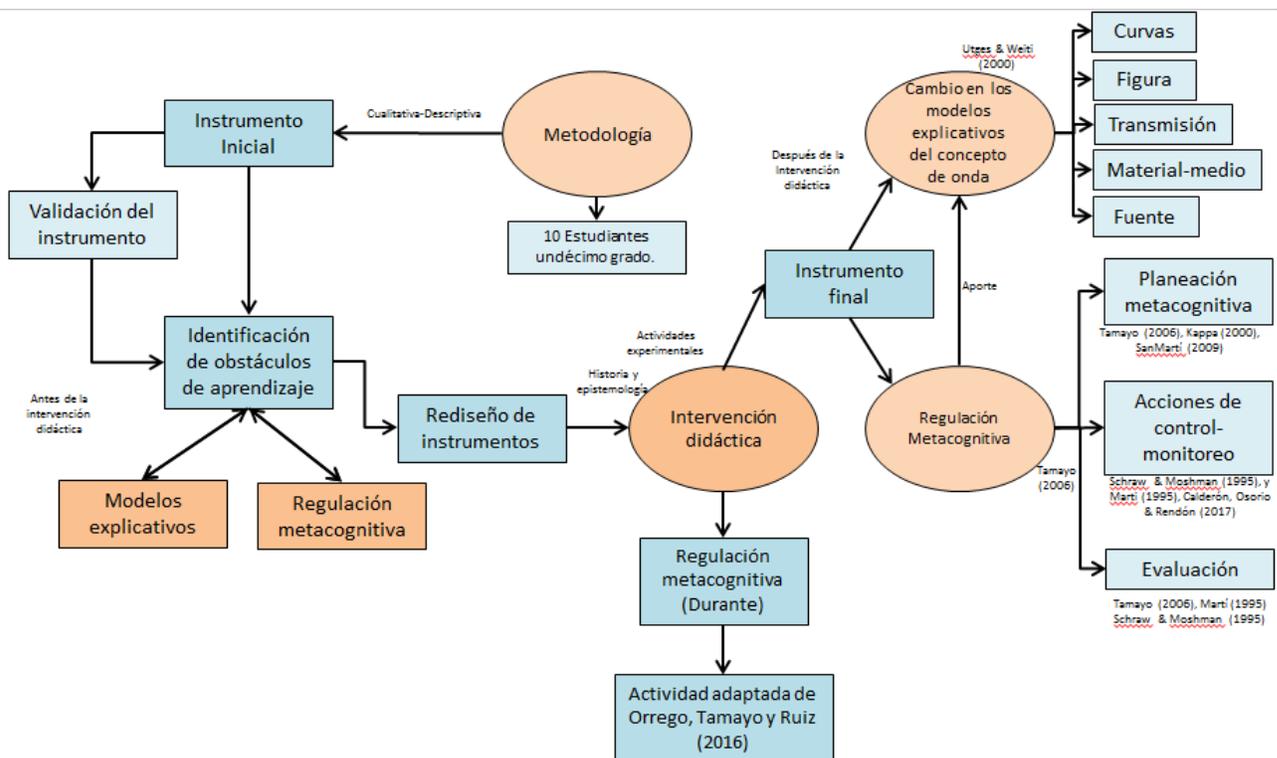


Figura 1: Diseño metodológico

### 3.4. Categorías de análisis

A partir de la problemática que se desea abordar surgen dos categorías principales: La regulación metacognitiva y los modelos explicativos del concepto de onda mecánica. A continuación se describe cada una con sus respectivas subcategorías, indicadores y descriptores:

### 3.4.1 Categoría regulación metacognitiva

Como se trató en el marco teórico, aunque en la literatura se han descrito varias destrezas regulatorias, se habla de tres habilidades esenciales: Planeación, monitoreo y evaluación. (Tamayo, 2006; Buitrago y García, 2012; Brown, 1987). Las cuales, en este trabajo, se constituyen en subcategorías de la regulación metacognitiva. La siguiente tabla describe el concepto de cada una de las subcategorías a trabajar y los indicadores que deben presentar las respuestas de los estudiantes en cada una, estos, basados en los planteados en los trabajos de Kapa (2002) Buitrago y García (2012): (El momento 1 corresponde a la pregunta orientadora)

Tabla 2. Subcategorías de regulación metacognitiva, conceptos e indicadores.

Momento-subcategoría	Concepto	Indicadores
Momento 2: Planeación	La planeación implica la selección de estrategias apropiadas y la localización de factores que afectan el rendimiento tales como la predicción, las estrategias de secuenciación y la distribución del tiempo o de la atención selectiva antes de realizar la tarea; es decir, consiste en anticipar las actividades, prever resultados, enumerar pasos. Tamayo (2006)	<b>M2: Planeación</b> A. Diseña un plan B. Identifica las magnitudes implicadas en la pregunta. C. Planea estrategias que responden a la pregunta orientadora. D. El plan diseñado presenta un orden y secuencia lógica. E. El plan presenta tareas de: actividad, observación, medición, registro y análisis.
Momento 3: Ejecución - Monitoreo	El monitoreo se refiere a la posibilidad que se tiene, en el momento de realizar la tarea, de comprender y modificar su ejecución, por ejemplo, realizar auto-evaluaciones durante el aprendizaje, para verificar, rectificar y revisar las estrategias seguidas. Cadavid (2014), Tamayo (2006)	<b>M3: Monitoreo</b> A. Realiza procesos de monitoreo. B. Seguimiento del plan C. Verificación del plan elaborado D. Replanteamiento del plan elaborado
Momento 4: Evaluación	La evaluación, realizada al final de la tarea, se refiere a la naturaleza de las acciones y decisiones tomadas por el aprendiz; evalúa los resultados de las estrategias seguidas en términos de eficacia. Tamayo (2006) Martí, E. (1995).	<b>M4: Evaluación</b> A. Realiza procesos de evaluación. B. Comprobar la validez del plan elaborado y monitoreado. C. Relacionada con la pregunta orientadora, con las tareas realizadas y con las decisiones tomadas.

Indicadores adaptados de Buitrago y García (2012) y Kapa (2002).

A partir de los indicadores anteriormente planteados, se realizará la clasificación de los estudiantes por niveles de desempeño, en la sección de análisis se detallan los criterios a tener en cuenta en dicha clasificación de cada subcategoría. Esta tiene el fin de describir los procesos de planeación, monitoreo y evaluación que realizan los estudiantes, y con esto, explicar los procesos y el avance o retroceso en cuanto a la regulación metacognitiva.

### **3.4.2 Categoría modelos explicativos del concepto de onda mecánica**

Además de establecer las características de los procesos de regulación metacognitiva de los estudiantes antes, durante y después de la intervención didáctica, también se analizará el cambio en los modelos explicativos sobre el concepto de onda mecánica al incluir en actividades que propendan por el desarrollo de habilidades de regulación. Para este trabajo se toman los modelos expuestos por los autores, con algunas adaptaciones al contexto. En la tabla 1, se resumen los principales modelos y los aspectos que caracterizan la formación, dependencia del medio y relación espacio-tiempo en el movimiento de la onda mecánica.

A partir de las características presentes en la literatura, resumidas en la tabla 1, se diseñaron las preguntas para los instrumentos de investigación, además se realizó la categorización de las respuestas de los estudiantes, ubicándolas en uno o más modelos explicativos sobre el concepto de onda mecánica.

## **3.5. Técnicas y fuentes para recoger la información**

### **3.5.1. Instrumentos de lápiz y papel**

Los instrumentos de lápiz y papel, son diseñados con el propósito de conocer los procesos de regulación metacognitiva llevados a cabo por los estudiantes, antes, durante y después de la aplicación de la unidad didáctica, mientras participan de manera activa en actividades experimentales, talleres, cuestionarios, exploraciones y laboratorios virtuales. Se realizan una serie de preguntas cortas que indagan y promueven la reflexión metacognitiva en el aula y que se responden de manera individual o grupal dependiendo de la actividad realizada. Campanario (2009) Estos instrumentos a su vez, permitieron indagar sobre el aprendizaje del concepto de onda mecánica usando los modelos explicativos que la literatura ofrece.

La Unidad Didáctica planteada consta de tres momentos: ubicación, desubicación o intervención didáctica y reenfoque, en el primer momento, se indaga sobre las ideas previas que poseen los estudiantes sobre el movimiento ondulatorio y se realiza un diagnóstico sobre los procesos de regulación metacognitiva de los estudiantes, para ello se aplica un instrumento (anexo 1) que consta de dos partes: un cuestionario escrito y una actividad experimental, en el segundo momento, se realizan una serie de actividades que promueven el desarrollo de habilidades de regulación y además el cambio en los modelos explicativos del concepto de onda mecánica y en el último momento se aplica el instrumento escrito inicial, junto con la actividad experimental, para así dar cuenta del cambio en los modelos explicativos y describir las habilidades regulatorias después de la intervención didáctica.

Se diseñan entonces, seis instrumentos, los cuales fueron aplicados durante el transcurso de la Unidad Didáctica, con el fin de promover y reflexionar sobre los procesos de regulación metacognitiva que llevan a cabo los estudiantes y como afectan estos al cambio en los modelos explicativos sobre el concepto de onda mecánica. Para efectos del análisis en el proyecto se toman dos de estos instrumentos, el anexo 1 para la situación inicial y final de los estudiantes y el anexo 3 para el análisis durante la aplicación de la unidad, estos fueron tomados según la pertinencia de los datos que arroja cada uno para efectos de la investigación. Los instrumentos se explican de manera detallada en la unidad didáctica presentada en el anexo 2 del presente documento.

### **3.6. Técnicas de análisis de la información**

El análisis de la información se llevó a cabo en varias etapas:

1. Se escogieron los instrumentos que se iban a analizar, teniendo en cuenta que esos arrojaran datos importantes que aportaran a la investigación.
2. Se transcribieron las repuestas que los estudiantes dieron a cada una de las preguntas del instrumento.
3. Se codificó la información y se organizó en matrices.
4. Para el análisis de resultados, en cuanto a la categoría modelos explicativos del concepto de onda mecánica, se describieron las respuestas dadas por los estudiantes a la luz de la

teoría sobre el concepto de onda mecánica y los obstáculos encontrados por distintos autores, este proceso se llevó a cabo tanto antes como después de la intervención didáctica. Para la categoría regulación metacognitiva, se categorizaron las respuestas de los estudiantes por niveles de profundidad en cada una de las subcategorías y teniendo en cuenta los indicadores para cada una. Este proceso se lleva a cabo tanto antes como después de la intervención didáctica. Estos niveles fueron propuestos por el investigador y validados por la asesora del proyecto. Por último, se revisó el avance que presentan las respuestas de los estudiantes en cada categoría, a la luz de las descripciones dadas y los autores de referencia.

## **CAPÍTULO 4**

### **Análisis y discusión de resultados**

En este capítulo se estudia a profundidad cada una de las respuestas de los estudiantes a la luz de la teoría existente sobre cada categoría y subcategoría. En primer lugar se muestra el análisis de la situación inicial de los estudiantes, es decir, antes de la intervención didáctica. Se analiza entonces el instrumento inicial (Anexo 1), el cual tiene el objetivo de determinar las ideas previas que presentan los estudiantes sobre el concepto de onda mecánica a la luz de modelos explicativos, indagar sobre sus procesos de regulación metacognitiva y determinar obstáculos y dificultades que presentan. En segundo lugar, se indaga sobre los procesos de regulación realizados durante la intervención didáctica y por último, se realiza el análisis de la situación final de los estudiantes con relación al concepto de onda mecánica y a sus procesos de regulación, desde allí se determina cual es el posible aporte de la regulación metacognitiva al cambio en los modelos explicativos del concepto de onda mecánica.

#### **4.1. Análisis de la situación inicial**

##### **4.1.1 Categoría regulación metacognitiva**

A continuación se presentan los resultados obtenidos a través del instrumento de ideas previas (anexo 1) que tenía el propósito de indagar los procesos de regulación metacognitiva (Planeación, monitoreo y evaluación) que presentan los estudiantes antes de la intervención didáctica. En la primera parte se muestra una tabla donde se describen los códigos usados para el análisis y los criterios e indicadores de cada subcategoría, luego, se describe en términos generales el desempeño de los estudiantes con respecto a los indicadores planteados. Adicionalmente, para realizar un análisis integral de la regulación metacognitiva se diseñaron niveles para cada subcategoría y para la regulación metacognitiva. Por último se encuentra el análisis a la luz de la teoría, las características de las respuestas y las distintas deducciones descriptivas que se pueden realizar.

#### 4.1.1.1 Tabla de indicadores de cada subcategoría

La siguiente tabla describe los códigos usados para el análisis de casos particulares y la pregunta realizada a los estudiantes para evaluar cada subcategoría:

Tabla 3. Subcategorías y preguntas de evaluación

Código	Momento-subcategoría	INDICADORES	Pregunta
M2	Momento 2: planeación	<b>M2: Planeación</b> A. Diseña un plan. B. Identifica las magnitudes implicadas en la pregunta. C. Planea estrategias que responden a la pregunta orientadora. D. El plan diseñado presenta un orden y secuencia lógica. E. El plan presenta tareas de: actividad, observación, medición, registro y análisis.	Momento 1: Resuelva experimentalmente la pregunta: ¿Cómo afecta el nivel del agua en la botella al sonido producido al golpearla?  Pregunta planteada: Elabore un plan donde resuelva experimentalmente la situación problema.
M3	Momento 3: ejecución - monitoreo	<b>M3: Monitoreo</b> A. Realiza procesos de monitoreo. B. Seguimiento del plan C. Verificación del plan elaborado D. Replanteamiento del plan elaborado	Mientras llevó a cabo el plan: Escriba las dificultades que encuentra y las acciones que toma para superar esas dificultades, que cambios realiza sobre el plan inicial.
M4	Momento 4: evaluación	<b>M4: Evaluación</b> A. Realiza procesos de evaluación. B. Comprobar la validez del plan elaborado y monitoreado. C. Relacionada con la pregunta orientadora, con las tareas realizadas y con las decisiones tomadas.	Porque crees que el procedimiento seguido es acertado para resolver la situación expuesta

#### 4.1.1.2 Tabla de resumen de desempeño por estudiante

La siguiente tabla resume el desempeño por estudiante en cada uno de los indicadores de cada subcategoría de regulación metacognitiva: (El indicador A de cada subcategoría fue cumplido por toda la unidad de trabajo, se omite en la tabla).

Tabla 4. Tabla de resumen de desempeño por estudiante.

Estudiante	M2: Planeación				M3: Monitoreo			M4: Evaluación	
	B	C	D	E	B	C	D	B	C
gE1	Si	Si	No	No	No	Si	No	Si	Si
E2	Si	Si	Si	No	No	Si	No	No	Si
E3	No	No	Si	No	No	No	No	No	Si
E4	No	No	No	No	No	Si	Si	No	No
E5	Si	No	No	No	No	Si	Si	Si	Si
E6	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si
E7	No	Si	Si	No	No	No	No	No	No
E8	Si	No	Si	No	No	Si	Si	Si	No
E9	Si	No	Si	No	No	No	No	No	Si
E10	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si

Convenciones: **Si:** El estudiante SE APROXIMA al cumplimiento del criterio indicado, en algunos casos, no se cumple completamente pero presenta elemento de valor a resaltar en ese indicador.

**No:** El estudiante no se aproxima al cumplimiento del criterio indicado.

Indicadores adaptados de Buitrago y García (2012); Kapa (2002).

#### ***4.1.1.3 Descripción y distribución por niveles***

Para la descripción de los niveles en los que se encuentran los estudiantes en cuanto a la regulación metacognitiva y las habilidades que la constituyen, se construyen los siguientes criterios de evaluación por niveles para planeación, monitoreo y evaluación. Luego, se presentan los niveles de regulación metacognitiva. Esta es una propuesta desarrollada con el objetivo de evaluar la regulación de forma integral.

##### ***4.1.1.3.1 Subcategoría planeación***

Para el diseño de los niveles se tuvo en cuenta el desempeño de los estudiantes, los indicadores de la subcategoría y la naturaleza de las respuestas de los estudiantes. Para la subcategoría planeación se realiza la siguiente propuesta:

Tabla 5. Niveles de planeación.

<b>Niveles de planeación</b>	<b>Criterios</b>	<b>Estudiantes</b>
<b>Nivel 0</b>	No elabora plan	Ninguno
<b>Nivel I</b>	Estudiantes que realizan planes que no cumplen con ninguno de los indicadores. Son planes generales, donde no se encuentran especificadas las magnitudes implicadas, no presentan un orden lógico y estructurado de las tareas y el plan no responde la pregunta orientadora.	E4
<b>Nivel II</b>	Este tipo de plan obedece a tareas de orden general, no aportan a la solución de la pregunta problema, puede que en él se encuentren explícitas las magnitudes implicadas en el problema, pero presenta dificultades en cuanto al orden y la estructuración de actividades de observación, medición, registro y análisis de la información.	E5, E3, E1
<b>Nivel III</b>	Los planes estructurados obedecen a un orden lógico en las tareas propuestas, cumplen con dos o más indicadores de calidad, puede que respondan o no de manera “ambigua” la pregunta orientadora, en la mayoría no presenta tareas relacionadas con observación, medición, registro y análisis, ni demuestran habilidades de anticipación y atención selectiva.	E2, E7, E8, E9
<b>Nivel IV</b>	Son aquellos planes que responden a todos los indicadores para la realización de planes. Presentan orden lógico en las tareas expuestas, se encuentran especificadas las magnitudes implicadas y responden de manera “ambigua” a la pregunta orientadora. Los planes NO presentan las tareas a realizar de manera específica demostrando dificultades en cuanto a atención selectiva.	E6, E10
<b>Nivel V</b>	Son aquellos planes que responden a todos los indicadores para la realización de planes. Presentan orden lógico en las tareas expuestas, se encuentran especificadas las magnitudes implicadas y responden a la pregunta orientadora. Los planes presentan las tareas a realizar de manera específica demostrando atención selectiva y habilidades de anticipación.	

#### 4.1.1.3.2 Subcategoría monitoreo

Para la subcategoría monitoreo se realiza la siguiente propuesta:

Tabla 6. Niveles de monitoreo.

<b>Nivel</b>	<b>Criterios</b>	<b>Estudiantes</b>
<b>Nivel 0</b>	No realiza monitoreo	
<b>Nivel I</b>	El estudiante detecta algunas dificultades presentadas, estas, no se relacionan con el plan, por tanto no realiza ni seguimiento, ni verificación y replanteamiento del plan elaborado.	E3, E7, E9
<b>Nivel II</b>	Las respuestas en este nivel obedecen a la detección de dificultades y al cumplimiento de dos de los indicadores del monitoreo. Se encuentran respuestas que no evidencian seguimiento al plan y otras que no realizan un replanteamiento del plan.	E1, E2, E4, E5, E6, E8, E10, E6, E10
<b>Nivel III</b>	Las respuestas dadas por los estudiantes cumplen con los criterios dados para un monitoreo de la tarea adecuado: seguimiento, verificación y replanteamiento del plan inicial.	Ninguno

#### 4.1.1.3.2 Subcategoría evaluación

Para la subcategoría evaluación se realiza la siguiente propuesta:

Tabla 7. Niveles de evaluación

Nivel	Criterios	Estudiantes
<b>Nivel 0</b>	No realiza evaluación	
<b>Nivel I</b>	El estudiante realiza una evaluación sobre la actividad realizada donde no presenta el cumplimiento de ninguno de los indicadores propuestos para la subcategoría.	E4, E7
<b>Nivel II</b>	Las respuestas dadas por los estudiantes cumplen con solo uno de los indicadores de evaluación, bien sea la comprobación de la validez del plan realizado y monitoreado o evaluar los resultados con respecto a la pregunta orientadora.	E2, E3, E8, E9
<b>Nivel III</b>	Las respuestas de los estudiantes evidencian el cumplimiento de los indicadores presentados: comprueban la validez del plan realizado y monitoreado y evalúan los resultados con respecto a la pregunta orientadora.	E1, E5, E6, E10

Después de ubicar los estudiantes por niveles respecto a cada una de las subcategorías, se propone la siguiente distribución, para evaluar de forma integral la regulación metacognitiva.

Tabla 8. Niveles de regulación metacognitiva.

Niveles de regulación	Criterios	Estudiantes
<b>Nivel 0</b>	No realiza procesos de regulación	Ninguno
<b>Nivel I</b>	Las respuestas de estudiantes que se encuentran en este nivel no alcanzaron ningún indicador en las habilidades que constituyen la regulación metacognitiva. No muestran coherencia en los procesos de regulación realizados.	E3, E4
<b>Nivel II</b>	Los estudiantes que se ubican en este nivel, realizan procesos de regulación enfocados en una de las habilidades constituyentes, presentando un nivel III o mayor en solo una de ellas, bien sea, la planeación, monitoreo o evaluación. En este nivel se encuentra la regulación con tendencia en la planeación (E2, E7, E8, E9) y con tendencia a la evaluación (E1, E5). Por tanto, estos presentan dificultades relacionadas con la coherencia de los procesos de regulación.	Planeación: E2, E7, E8, E9  Evaluación: E1, E5
<b>Nivel III</b>	En este nivel los estudiantes con sus expresiones demuestran niveles buenos de desempeño en todas las habilidades (Planeación, monitoreo y evaluación de nivel III). Aunque puedan presentar dificultades en alguna de ellas o no alcanzar niveles superiores en solo una de ellas.	E6, E10
<b>Nivel IV</b>	Alcanza niveles superiores en cada una de las habilidades de regulación: planeación nivel V y monitoreo y evaluación nivel III sin ninguna observación. Mostrando desempeño superior y coherencia en los procesos de regulación.	Ninguno

#### 4.1.1.4 Análisis del desarrollo regulación metacognitiva antes de la intervención

Brown & Sullivan (1987) y Cadavid (2014) consideran que la regulación de la actividad cognitiva significa; que el estudiante planea, monitorea y evalúa sus procesos cognitivos durante

el desarrollo de una actividad o tarea académica. A continuación se describen las características de cada componente:

#### **4.1.1.4.1 Subcategoría planeación**

En cuanto a la categoría planeación, la siguiente tabla muestra el porcentaje de estudiantes clasificado por niveles:

Tabla 9. Distribución porcentual de estudiantes por niveles de planeación.

<b>Nivel</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Nivel 0</b>	0 %
<b>Nivel I</b>	10 %
<b>Nivel II</b>	30 %
<b>Nivel III</b>	40 %
<b>Nivel IV</b>	20 %
<b>Nivel V</b>	0 %

Teniendo en cuenta los resultados resumidos en la tabla anterior, se puede deducir que todos los estudiantes desarrollaron un plan específico para resolver la situación experimental planteada, independientemente del nivel alcanzado. Como evidencia se presenta el 0% en el nivel 0 de la subcategoría planeación. Esto lleva a la posibilidad de analizar los planes elaborados por toda la unidad de trabajo.

Se encontró una cantidad considerable de estudiantes que diseñaron planes de nivel III (40%), estos presentan cierto grado de estructura y sentido global, sin embargo, las tareas a realizar no presentan pasos específicos, adicionalmente, se observa dificultad para anticipar resultados que presentan los estudiantes. En este nivel, los planes no presentan pasos de registro de datos, ni de análisis de los mismos, considerándose como un plan de tipo general que no aportan a la solución completa de la pregunta orientadora como se evidencia en las respuestas E7M2, E8M2 y E9M2:

- *E7M2: Paso A: Llenar las botellas con diferentes niveles de agua y sin agua*  
*Paso B: Golpear las con una cuchara*  
*Paso C: Usar el afinador al momento de golpearlas*  
*Paso D: Repetir el proceso*
- *E8M2: Paso A: Tener todas mis materiales listos*  
*Paso B: Llenar cada botella con distintos niveles de agua para obtener diferentes tonos*  
*Paso C: Divertirme con las botellas*  
*Paso D: Finalizar exitosamente el experimento*
- *E9M2: Paso A: Primero lleno las botellas a diferentes alturas*  
*Paso B: Escucho la diferentes tonalidades*

*Paso C: Utilizo la aplicación del celular*  
*Paso D: Veo e identifico las frecuencias*

El 40% acumulado por debajo del nivel III (Sumatoria del nivel I y II) indica una dificultad en el diseño de planes orientados a acciones o tareas específicas a realizar para aportar a la solución de la pregunta orientadora. También puede indicar obstáculos asociados a la estructura lógica y secuencial del plan diseñado o a dificultades de comprensión de la pregunta inicial. E1M2 usa expresiones incompletas en el plan diseñado. No explica el objetivo de ciertos pasos, no especifica que es lo que debe registrar y no concluye respondiendo la pregunta orientadora sin fundamento sólido.

- *E1M2: Paso A: Lleno las botellas con agua pero a diferente medida*  
*Paso B: Utilizo el finador*  
*Paso C: Escribo que pasa con la botella y toco*  
*Paso D: Y escribo la diferencia de cada*

El 20% ubicado en el nivel IV, presentan planes que responden de manera superficial a los indicadores planteados. Muestran dificultades en la especificidad de las tareas y aunque responden de manera ambigua a la pregunta orientadora, carecen de análisis profundos de las tareas a realizar y de atención selectiva. En los procesos de monitoreo se realizará un análisis en cuanto a coherencia entre el diseño y la ejecución de los planes descritos por los estudiantes. A continuación se presentan algunas características de las expresiones dadas por los estudiantes con respecto a la subcategoría planeación a la luz de diversos autores de artículos y trabajos de investigación en el campo.

Teniendo en cuenta lo expresado por Tamayo (2006), *“La planeación engloba las acciones que se realizan antes de la tarea e implica la selección de estrategias apropiadas y la localización de factores que afectan el rendimiento”*. En términos generales, se encontró que los planes elaborados por los estudiantes son estructurados, de nivel III, constan de 2 a 4 pasos. Estos, aunque obedecen a un orden lógico de las tareas propuestas, no hacen evidentes las magnitudes vinculadas a la pregunta orientadora, por esta razón, las tareas planeadas no responden de manera clara a la pregunta. Por otro lado, las tareas de registro y análisis no se encuentran explícitas en la planeación, los estudiantes no realizaron tablas y gráficas para relacionar las magnitudes implicadas, por ello, se les dificultaba la resolución de la pregunta orientadora siguiendo el plan elaborado.

Algunas expresiones que ilustran lo antes planteado se muestran a continuación:

- E4M2:*Paso A:sera imaginarme el suceso*  
*Paso B: describirlo*  
*Paso C: dibujarlo para facilitar la solución del experimento.*  
*Paso D: realizar el experimento : experimentalmente*
- E5M2: *Paso A: Llenar las botellas con diferentes niveles de agua*  
*Paso B: Luego con una vasija*  
*Paso C: Con el afinador mirar las notas que produce*  
*Paso D: Repetir el proceso*

En cuanto a esta subcategoría también se encontró acorde a lo expresado con Tamayo, Zona y Loaiza (2017), que los estudiantes *proponen la elaboración de planes que se caracterizan por ser poco específicos y que describen las diferentes acciones a seguir de manera general* (Acciones como: *Analizar, realizar el experimento, Imaginarme el suceso*). Estos, según los mismos autores son planes que poco aportan en la solución al problema dado su carácter genérico. Por otro lado, para describir los procesos de regulación desarrollados por los estudiantes se requiere un conocimiento detallado de los procesos de pensamiento y acción que los estudiantes siguen para resolver la tarea. Los mismos autores plantean que “*en la medida en que las personas conozcan de manera más detallada sus procesos de pensamiento y de acción podrán de manera más efectiva monitorear y evaluar sus desempeños*”. Queriendo decir que los procesos de planeación están ligados a los de monitoreo y evaluación, asunto que se tratará más adelante.

Expresiones que muestran lo anteriormente nombrado son:

- E4M2:*Paso A:sera imaginarme el suceso ...*  
*... Paso D: realizar el experimento : experimentalmente*

Calderón, Osorio y Rendón (2017) expresan que las acciones de planeación son aquellas mediante las cuales los alumnos dirigen y controlan su conducta. Son anteriores a cualquier acción que el alumno realice. Entre ellas se encuentra establecer las capacidades y las metas de aprendizaje. Los estudiantes a través del plan elaborado, muestran que sus objetivos y metas de aprendizaje, no solamente se enfocaban en la resolución de la pregunta orientadora, sino también en tareas de orden afectivo-motivacional (*Divertirme, terminar el experimento exitosamente, hacer música*). Probablemente, Dejando de lado las tareas relacionadas con la medición, registro y análisis de los datos obtenidos y en algunos casos llevando a un escaso orden lógico en la mayoría de los pasos. El plan E8M2 ilustra lo planteado anteriormente.

#### 4.1.1.4.2 Subcategoría Monitoreo

En cuanto a la subcategoría monitoreo la siguiente tabla ilustra el porcentaje de estudiantes distribuidos por niveles:

Tabla 10. Distribución porcentual de estudiantes por niveles de monitoreo.

Nivel	Porcentaje
Nivel 0	0 %
Nivel I	30 %
Nivel II	70 %
Nivel III	20 %

Como se evidencia, la mayoría de estudiantes se ubican en el Nivel II de monitoreo. Esto muestra dificultades en alguno de los indicadores de la subcategoría. Algunos presentan dificultades en el seguimiento al plan, es decir, no marcan los pasos que han ejecutado mientras resuelven la situación problema, esto puede indicar que los estudiantes, aunque diseñan el plan, no lo siguen para resolver la pregunta, simplemente ejecutan las tareas que creen convenientes para dar una respuesta sin tener en cuenta el plan elaborado. Esto se evidencia en los resultados y respuestas que presentan los estudiantes que no se relacionan con lo planeado. Adicionalmente, Buitrago y García (2012) sugieren que los estudiantes que no realizan seguimiento a la estrategia, posiblemente presentan dificultades con respecto a la habilidad de diseñar un plan, apoyando la no linealidad de la metacognición y expresando que las habilidades de planeación influyen directa o indirectamente en las de monitoreo y control.

La siguiente tabla ilustra el caso de tres estudiantes que realizan planes y procesos de monitoreo en distintos niveles, se muestra que los planes elaborados por los mismos, en algunos casos no se relacionan con los resultados, confirmando lo expresado en párrafos anteriores:

Tabla 11. Proceso regulación de E1, E7 y E4.

Planeación	Monitoreo	Resultados planteados
<i>E1M2: Paso A: Lleno las botellas con agua pero a diferente medida Paso B: Utilizo el afinador Paso C: Escribo que pasa con la botella y toco Paso D: Y escribo la diferencia de cada (Nivel II)</i>	<i>E1M3: No hubo, Porque al utilizar el afinador y tocar las botellas pude ver el tono y el cambio de cada botella y su sonido por la cantidad de agua</i>	<i>Resultados del E1: Entre más nivel de agua mayor es la frecuencia del sonido.</i>
<i>E7M2: Paso A: Llenar las botellas con diferentes niveles de agua y sin agua Paso B: Golpear las con una cuchara Paso C: Usar el afinador al momento de golpearlas Paso D: Repetir el proceso (Nivel III)</i>	<i>E7M3: Inconformidad con el afinador, Usar otro afinador, junto al ya usado</i>	<i>Resultados E7: El experimento me permitió resolver la pregunta efectivamente, el nivel del agua si influye en el sonido, por el medio de la transmisión de las ondas sonoras.</i>
<i>E4M2: Paso A: será imaginarme el suceso Paso B: describirlo, Paso C: dibujarlo para facilitar la solución del experimento. Paso D: realizar el experimento: experimentalmente (Nivel I)</i>	<i>E4M3: Dificultades: al dibujarlo Superación: -hacer todos los pasos -tocar las botellas con la cuchara en diferentes lugares de la botella</i>	<i>Resultados E4: las diferentes dimensiones del agua emiten diferentes sonidos, entre menos agua suena más agudo y con más agua más grave.</i>

Se puede deducir que la efectividad de los procesos realizados antes y durante la tarea requieren coherencia entre el plan inicial y los resultados expuestos por los estudiantes. De hecho, los procesos de planeación y monitoreo cobran sentido al ser llevados a la práctica, no solamente al responder preguntas orientadas a indagar sobre estas habilidades.

Calderón, Osorio y Rendón (2017), Martí (1995), Brown (1987), Tamayo (2006) plantean que las acciones de monitoreo llevan al estudiante a autoevaluarse y así modificar y buscar estrategias alternativas en el caso de que las seleccionadas anteriormente no sean eficaces. Apoyando a los autores, en este trabajo se muestra que, estudiantes que presentan monitoreo centrado en las dificultades y no monitoreo adecuado, por más que detecten dificultades relacionadas con uno de los pasos planeados en la etapa de planeación (*hacer dibujo, divertirme, terminar exitosamente el experimento, usar la aplicación del celular*), no proponen los cambios pertinentes al plan inicial en el momento de monitoreo, es decir, no demuestran verificación de las tareas planteadas y con ello no realiza un replanteamiento de la estrategia.

Las siguientes expresiones son evidencia de lo dicho anteriormente:

- *E4M3: Dificultades: al dibujarlo Superación: -hacer todos los pasos -tocar las botellas con la cuchara en diferentes lugares de la botella*

- E3M3: Dificultades: *medir el sonido de la botela el cual tiene mas y menor cantidad de agua, frecuencia de las botellas*  
Superación: *Tener mejor facilidad de poder saber el sonido de cada botella, en un lugar mas silencioso*
- E4M3: Dificultades: *al dibujarlo*  
Superación: *-hacer todos los pasos -tocar las botellas con la cuchara en diferentes lugares de la botella*
- E5M3: Dificultades: *Nuestro afinador no producía las notas*  
*Mucho ruido hacia que el afinador no tomara las ondas o sonido de las botellas*  
Superación: *Cambiamos de afinador, Buscar un lugar adecuado*

En concordancia con lo nombrado anteriormente, las respuestas de E3, E4, y E5 no muestran los cambios adecuados al plan inicial en el momento de monitoreo, esto se debe a varios aspectos a tener en cuenta: en primer lugar, la sensación de éxito que no solamente se evidencia en la evaluación al final del proceso como lo plantean algunos autores (Buitrago y García, 2012; Tamayo 2017), sino que durante la ejecución los estudiantes creen que están realizando bien las tareas y por ello no realizan los cambios respectivos.

En segundo lugar, los estudiantes que no realizaron el seguimiento al plan elaborado y posiblemente no ejecutaron los pasos que estaban en su plan inicial, sino que realizaban las tareas necesarias para contestar a la pregunta orientadora sin tener en cuenta el plan inicial. Tampoco podrán identificar inconsistencias en el plan, al no estar ejecutando el seguimiento respectivo, no consideran necesarios cambios al mismo.

En tercer lugar, se deben tener en cuenta los estudiantes que realizaron planes elaborados de nivel III y VI que respondían de manera ambigua a la pregunta orientadora, estos, al igual que en los análisis de niveles anteriores, no realizan seguimiento al plan diseñado (E10M3, E6M3). Mostrando que en ocasiones los estudiantes que demuestran un nivel mayor en cuanto a la planeación, descuidan los procesos de monitoreo realizados durante la ejecución del plan. Se enfocan en la detección de dificultades relacionadas con el experimento o la obtención de materiales mas no con la estrategia planteada.

- E10M3: Dificultades: *Conseguir un afinador, poder escuchar mis botellas porque todos no me dejaban escuchar*  
Superación: *Buscar uno, esperara a que se callaran.*
- E6M3: Dificultades: *Muchas personas hicieron ruidos en lugares cercanos no dejaban que el afinador funcionará bien*  
*Las ondas del sonido cambiaban si se golpeaban en diferentes lados*

Superación: *Movernos a un lugar más alejado que los otros*  
*Establecer un lugar indicado para golpear*  
*En todas las botellas*

Diversos autores describen el proceso de control (monitoring) como aquel que se realiza "durante la resolución de la tarea, y que además, se manifiesta en actividades de verificación, rectificación y revisión de la estrategia empleada. (Martí, 1995; Calderón, Osorio y Rendón, 2017; Schraw y Moshman, 1995). Acorde con lo planteado, los estudiantes durante la ejecución del plan se enfocaron en dificultades relacionadas con la obtención de materiales, el ambiente físico y el experimento, dejando de lado el seguimiento, verificación y replanteamiento de la estrategia usada para resolver la pregunta orientadora. Para ilustrar se tiene que, al indagar sobre los cambios que realizan a los planes iniciales, algunos estudiantes reformulan el plan incluyendo pasos relacionados con la obtención de materiales y tenerlos listos para realizar el experimento y usar el afinados para caracterizar el sonido producido por las botellas. Respondiendo de manera ambigua a la pregunta orientadora.

Se puede ilustrar lo dicho anteriormente con las siguientes expresiones:

- E8M3: Cambios al plan inicial: *Primero es conseguir los materiales, después tenerlos listos, llenar botella con agua (Diferente nivel de agua) luego puedo utilizar el afinador para obtener las notas limpias y listo*

#### **4.1.1.4.3 Subcategoría Evaluación**

Con respecto a la evaluación, la siguiente tabla muestra la distribución porcentual de las respuestas de los estudiantes categorizados por niveles:

Tabla 12. Distribución porcentual de estudiantes por niveles de evaluación.

<b>Nivel</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Nivel 0</b>	0 %
<b>Nivel I</b>	20 %
<b>Nivel II</b>	40 %
<b>Nivel III</b>	40 %

Como se evidencia en el resumen propuesto en la tabla anterior, al menos un 40% de los estudiantes unidad de trabajo, está cumpliendo con todos los indicadores de un buen proceso de evaluación. De estos resultados se deben tener en cuenta varios aspectos:

En primer lugar, aunque las evaluaciones de nivel III cumplen con todos los indicadores, presentan dificultades asociadas al fundamento escrito en el que se basa las expresiones

evaluativas realizadas. E1M4, E5M4 y E6M4 expresan que establecieron la relación entre el nivel del agua y las características del sonido, pero los resultados que escriben no son evidencia de ello. Caso contrario a E10M4 quien usa una tabla para mostrar sus resultados y sustenta en esta sus procesos evaluativos. A continuación las respuestas de los estudiantes:

- *E1M4: Me pude dar cuenta la diferencia del sonido al golpear con la cuchara las botellas con diferente cantidad de agua viéndolo del ámbito musical las 4 botellas hicieron sonido diferente por su vibración y daba 6-Sol F# -fa –sostenido- D-re-B Si al ser la frecuencia diferente cambia todo el sonido*
- *E5M4: Allí me di cuentas que los niveles de agua afectan el sonido porque propaga de maneras distintas por eso el procedimiento por eso el procedimiento es acertado me ayudo a responder preguntas*
- *E6M4: si puedo evidenciar el cambio del sonido, a medida de que el nivel del agua aumenta, la botella 1 la 2 la 3 y la 4*
- *E10M4: Porque así puedo ver con la tabla hecha como afecta el nivel del agua en la botella al sonido producido al golpearla.*

En segundo lugar, las expresiones E1M4 y E5M4 que como ya se expresó, desarrollan procesos de evaluación cumpliendo con los indicadores, que no se reflejan en los resultados obtenidos. Se deduce que esto se debe a las dificultades en el desarrollo de habilidades de planeación y monitoreo, entonces, las respuestas que proporcionan están desarticuladas a los procesos anteriores a realizar. Algunos autores plantean la no linealidad de la metacognición como fundamento de algunos procesos de aprendizaje, pero, en este caso se puede intuir que los procesos de evaluación realizados al final de la tarea están ligados a procesos de planeación (Antes) y monitoreo (Durante) que lleve a cabo el estudiante. Posteriormente se abordará este tema de manera más profunda y fundamentado en posturas teóricas en el campo.

En tercer lugar, E2, E7, E8 y E9 plantean expresiones que se encuentran en el nivel I y II de evaluación, estos, se ubican en nivel III en cuanto a planeación y presentan algunas dificultades en las tareas de monitoreo. Estos estudiantes dan cuenta de la posible relación entre las habilidades de control y monitoreo y evaluación en los procesos de resolución de situaciones problema. Un estudiante que monitoree y controle las tareas a realizar, es consciente del éxito inminente en la solución de la pregunta orientadora, en cambio, estudiantes que no presenten actividades de monitoreo eficientes, no tendrán control de los resultados a obtener, ni la sensación de éxito en la consecución de objetivos. A continuación expresiones de los estudiantes, entre paréntesis nivel presentado en monitoreo y evaluación:

- *(Nivel II en monitoreo): E2M4: Porque abarca todo el procedimiento para resolver el proyecto (Nivel II en evaluación)*
- *(Nivel I en monitoreo) E7M4: Con el experimento es posible usar el afinador para medir el tipo de onda sonora (Nivel I en evaluación)*
- *(Nivel I en monitoreo) E9M4: Pues al escucharlo, se alcanza a percibir la diferencia. Nos permite cumplir el propósito inicial, califica el área de cómo se maneja la onda con las cantidades de agua, se logra conseguir tonalidades distintas (como un instrumento) (Nivel II en evaluación)*

Autores plantean que la evaluación es la acción realizada justo al finalizar la tarea y que consiste en valorar los resultados de la estrategia empleada en términos de su eficacia. (Martí, 1995; Tamayo, 2006). En el caso de una actividad experimental, se debe basar en la resolución de la pregunta orientadora y en los datos recolectados en la ejecución del plan. En términos generales las evaluaciones planteadas por los estudiantes son de tipo parcial, la mayoría (60% entre los niveles I y II) relacionadas con la resolución de la pregunta orientadora, aunque, con algunas deficiencias con relación a la obtención de resultados siguiendo el plan elaborado. Como se trató en la sección de la subcategoría monitoreo. (Tabla 15)

Un caso particular se presentó con E4 quien realiza actividades de monitoreo, como el replanteamiento de la estrategia, en el momento de evaluación. Se puede deducir entonces lo planteado por Buitrago y García (2012) sobre la no linealidad en la regulación metacognitiva, el estudiante estando en el momento de evaluación desarrolla acciones de monitoreo, realizando cambios pertinentes al plan inicial y detectando dificultades en el desarrollo del mismo. Schraw y Moshman (1995) Plantean la acción de monitoreo como una actividad relacionada con el conocimiento declarativo que posea el sujeto, de lo cual se puede deducir que el estudiante solamente al terminar la actividad notó que el plan inicial no respondía a la pregunta orientadora y por ello decidió realizar cambios al plan inicial.

A continuación los razonamientos dados por el estudiante:

- *E4M4: Porque funcionó hacer el primer experimento*  
*Describe el proceso seguido para resolver la pregunta planteada: (final)*  
*Paso A: pensar y imaginar*  
*Paso B: labar las botellas, ponerle agua en diferentes dimensiones*  
*Paso C: poner las botellas en ilera*  
*Paso D: con la cuchara tocar las botellas para que emitan sonido*

#### 4.1.1.4.4 Análisis integrado de la categoría regulación metacognitiva

En cuanto a la categoría Regulación metacognitiva, la siguiente tabla muestra la cantidad porcentual de respuestas de estudiantes clasificados por niveles:

Tabla 13. Distribución porcentual de estudiantes por niveles de regulación.

Niveles de regulación	Porcentaje
Nivel 0	0%
Nivel I	20 %
Nivel II	Planeación: 40% Evaluación: 20%
Nivel III	20%
Nivel IV	0%

Se puede observar que el 40% de los estudiantes desarrolla procesos de regulación enfocados en la planeación, es decir que realizan procesos de planeación estructurado pero presentan falencias en las demás habilidades constituyentes de la regulación metacognitiva. El 20% desarrolla procesos enfocados en la evaluación, presentando dificultades asociadas a la planeación y al monitoreo. Mostrando los aspectos a fortalecer sobre la coherencia en los procesos de regulación (antes, durante y después).

El 20% que se ubica en el nivel III son estudiantes que presentaron procesos de regulación coherentes, es decir, los planes realizados, los procesos de monitoreo y evaluación cumplen con los indicadores establecidos, teniendo en cuenta los criterios expuestos en el análisis de las respectivas subcategorías realizados en los párrafos anteriores.

El análisis descriptivo que se plantea anteriormente sobre cada una de las subcategorías de la Regulación metacognitiva antes de la intervención didáctica, se convierte en insumo para la creación de una unidad didáctica que responda al desarrollo de la habilidad, teniendo en cuenta las dificultades presentadas por los estudiantes:

- Aunque la mayoría de los planes elaborados incluían las magnitudes incidentes en la pregunta orientadora, carecen de orden lógico, secuenciación y de tareas de observación, medición, registro y análisis de datos. Elementos constituyentes de un buen plan.

- Las actividades de monitoreo de los estudiantes se limitan a detectar dificultades asociadas al ambiente físico y a la realización del experimento, dejando de lado el seguimiento, verificación y el replanteamiento de la estrategia elaborada. (Plan inicial).
- En cuando a la evaluación, los estudiantes no apoyan su éxito en la tarea en la elaboración y supervisión de la planeación, sino en la solución de la pregunta orientadora o en criterios emotivo-afectivos.
- Falta de articulación entre los planes diseñados, los procesos de monitoreo y control y las habilidades de evaluación. Dificultades de coherencia en los procesos de regulación metacognitiva.

#### **4.1.2 Categoría modelos explicativos del concepto de onda mecánica**

Utges y Welti (2000), en su trabajo dificultades en el aprendizaje de las ondas mecánicas realizan una síntesis de los principales modelos explicativos que presentan los estudiantes al abordar el concepto de onda mecánica en el nivel de secundaria, además de esto, analizan las concepciones más comunes que poseen los estudiantes con respecto a las ondas mecánicas, en la tabla 1 se resumen los principales modelos y los aspectos que caracterizan la formación, dependencia del medio y relación espacio-tiempo en el movimiento de la onda mecánica.

A continuación se muestra un ejemplo de la matriz usada para analizar las respuestas de los estudiantes a los cuestionamientos planteados. Posteriormente se expone el análisis de los resultados del instrumento de ideas previas a la luz de los modelos explicativos planteados por los autores descritos anteriormente.

## Estudiante 6 (E6)

Tabla 14. Ejemplo de organización de información del instrumento de ideas previas E6.

Subcategoría	Preguntas que evalúan	Respuesta del estudiante	Modelo explicativo en el que se ubica
Concepto de onda mecánica.	1. Explica detalladamente que crees que sucede en el agua de un lago cuando lanzas una piedra.	<i>E6R1: Por el impacto de la piedra al caer un ella agua, se crean ondas que se van ampliando hasta que desaparecen, al mismo tiempo que la piedra vuelve a caer, el impacto es menor y las ondas se reducen de tamaño</i>	El estudiante le da a las ondas características como intensidad, velocidad, tamaño, aunque incluye traslación de partículas, se puede ubicar en el modelo de <b>TRANSMISIÓN-TRANSFERENCIA</b> .
	1 A. A una distancia del lugar de impacto de la piedra se encuentra flotando un corcho, describe su movimiento. Realiza uno o más dibujos que representen la situación	<i>E6R1A: Las ondas que se generan, causan un movimiento en el agua, provocando que el corcho se mueva.</i>	
	3. Describe lo que crees que está sucediendo en cada imagen mostrada y luego escribe las semejanzas y diferencias que existen entre cada una:	<i>E6R3: a. se esta ejerciendo una fuerza en el primer bloque b. se esta ejerciendo una fuerza en el resorte y según la tercera ley de Newton (acción y reacción) el resorte ejerce una fuerza de igual magnitud, pero en sentido contrario. c. es la grafica en ondas del movimiento del resorte, una vez ejercida una fuerza. d. es el movimiento de la cuerda al ejercerse una fuerza de manera oscilante. En todas las gráficas se aplica una fuerza, en todas se ve evidenciada la ley de Newton (acción y reacción), en todas existen ondas, aunque solo 2 gráficas los muestran</i>	En este caso se ubica en el modelo: <b>FIGURA CONOCIDA</b> Asocia la forma de la figura con la formación de ondas, además muestra relación <b>ONDA-FUERZA</b> .

### 4.1.2.1 Identificación de modelos y obstáculos antes de la intervención

A continuación se presentan los modelos explicativos empleados por los estudiantes para referirse al concepto de onda mecánica (Para efectos del presente trabajo se toman en cuenta solamente las ondas mecánicas). Es necesario saber que los modelos identificados son deducidos por el investigador a partir de las diferentes respuestas, escritas y gráficas, dadas por los estudiantes. En primer lugar, se hace referencia a los modelos explicativos que se presentan antes de la aplicación de la unidad didáctica, contruidos a partir del análisis de la situación inicial de

los estudiantes. Luego, se presentan los principales obstáculos identificados en los estudiantes con respecto al aprendizaje del concepto de onda mecánica.

Para la exploración de los modelos explicativos iniciales de los estudiantes se realizaron preguntas de situaciones cotidianas donde se presentan ondas mecánicas. Asimismo, Se les pidió explicaciones a ciertos fenómenos específicos relacionados con estas. Antes de la intervención didáctica se identificaron cuatro modelos explicativos sobre el concepto: Onda como... Figura conocida, Transmisión-Transferencia, Curvas que caminan y Material-medio modelos planteados por Utges y Welti (2000). La siguiente tabla muestra la distribución porcentual de los estudiantes en cada modelo:

Tabla 15. Distribución porcentual de estudiantes por modelos explicativos.

<b>Modelo explicativo</b>	<b>Porcentaje</b>
Curvas	47%
Figura	23%
Transmisión	20%
Material	10%

Las preguntas realizadas a los estudiantes son:

- Pregunta 1: Explica detalladamente que crees que sucede en el agua de un lago cuando lanzas una piedra.
- Pregunta 1A: A una distancia del lugar de impacto de la piedra se encuentra flotando un corcho, describe su movimiento. Realiza uno o más dibujos que representen la situación
- Pregunta 2: Se tiene la siguiente situación: Dos personas como se muestra en la imagen, uno de ellos está hablando y el otro le escucha, trata de describir de la manera más detallada posible como crees que el sonido se propaga en esta situación, siéntete libre de imaginar, dibujar y escribir. Extraída de Hrepic, Zollman y Robello (2010)
- Pregunta 2A: Describe ¿Qué crees que pasaría con la partícula de polvo que se encuentra entre las personas?. Extraída de Hrepic, Zollman y Robello (2010)
- Pregunta 3: (Se presentan 4 imágenes) Describe lo que crees que está sucediendo en cada imagen mostrada y luego escribe las semejanzas y diferencias que existen entre cada una:

Para ver detalles dirigirse al anexo 1. Para indicar la respuesta a la cada pregunta se usa la letra R y el número de pregunta. Por ejemplo la respuesta del estudiante 6 a la pregunta 1 se escribe E6R1.

A continuación se realiza un análisis de las principales características de las respuestas de los estudiantes clasificados por modelos explicativos:

#### ***4.1.2.1.1 Las Ondas como figura conocida***

Las principales características de las respuestas de los estudiantes que se refieren a la onda mecánica como una figura conocida son: asociar el movimiento de una onda mecánica a una figura o forma específica, sinusoidal o circular, además, muestran un dominio de la dependencia espacial en la relación a las variables espacio-tiempo. El 23% de las respuestas dadas por los estudiantes se encuentran en este modelo. En las explicaciones y gráficas no se consideran las variables temporales y el medio de propagación es visto como un ente externo que se opone al movimiento de la onda mecánica.

Algunas expresiones que ilustran lo antes planteado se muestran a continuación:

(Las respuestas corresponden a la pregunta 3 donde se le presentaban cuatro gráficas y la pregunta enuncia así: describe lo que crees que está sucediendo en cada imagen mostrada y luego escribe las semejanzas y diferencias que existen entre cada una:).

- *E2R3: Lo que tienen en común es que en todos los sistemas actúa una fuerza. fuerza transmitida o empleada en el bloque fuerza por la mano cuando se recoge y se estira onda producida por la cuerda*
- *E6R3: En todas las gráficas se aplica una fuerza, en todas se ve evidenciada la ley de Newton (acción y reacción), en todas existen ondas, aunque solo 2 gráficas los muestran*
- *E8R3: ...en el segundo se observa un resorte que produce un movimiento en forma de ondas, en el tercero se ve un resorte que se le aplica una fuerza y se devuelve, en el cuarto se observa una cuerda que se mueve de arriba hacia abajo a causa de una fuerza u produce unas ondas.*

De las expresiones de los estudiantes se puede inferir que consideran que la “forma” es un atributo importante de las ondas mecánicas. Esto, como lo expresa Utges y Welti (2000), dificulta la visión de fenómenos ondulatorios en otras manifestaciones que no sean cuerdas, asimismo, se queda corto en lo concerniente a variables temporales como periodo y frecuencia. Los estudiantes que se ubican en este modelo tampoco consideran variables como

desplazamiento, esto lleva a que el movimiento de una onda mecánica se confunda con un movimiento oscilatorio. (Como se evidencia en E8R3).

Como aspecto adicional, se puede señalar que parece que los estudiantes no logran integrar las características espaciales y temporales de una onda mecánica para dar cuenta de su movimiento, dificultad que desarticula el concepto de onda mecánica de sus aspectos primarios, “el ser la propagación, movimiento, cambio de posición de una perturbación u oscilación periódica”. En consecuencia, los estudiantes limitan el concepto de onda mecánica a la “forma o figura conocida”, sin tener en cuenta aspectos constituyentes del concepto como la relación espacio-tiempo. (Utges y Welti 2000; Bravo, Pesa y Caballero, 2009).

#### ***4.1.2.1.2 Transmisión-Transferencia***

Para este modelo explicativo se consideran aquellas las expresiones de los estudiantes relacionadas con transmisión o transferencia de “algo”, en algunos casos, vibraciones, fuerza o energía. Muchas de estas coinciden en expresar que una onda mecánica requiere de un medio por el cual se transmitan dichas vibraciones. El 20% de las respuestas dadas por los estudiantes se encuentran en este modelo. Las dificultades que se presentan en este modelo se refieren a la tendencia de confundir los conceptos onda, emisor y receptor Utges y Welti (2000). Las siguientes expresiones ilustran lo planteado anteriormente:

- *E5R2: El objeto en este caso el hombre produce una vibración cuando habla esta vibración se transmite en forma de ondas sonoras y estas ondas sonoras llegan al oído de la mujer*
- *E7R3: 1-Actua una fuerza sobre la primera caja y esta se trasmite atra vez de ondas por el resto de cajas*
  - 2-Un resorte es estirado y luego soltado y este trasmite ondas*
  - 3-Sobre un resorte Es aplicada una Fuerza y este se estira O contra horizontalmente generando ondas*
  - 4- Se agila un lazo, de arriba abajo, este se mueve de tal manera que se genera ondas verticales*

Otro elemento importante con respecto a este modelo son las concepciones que presentan los estudiantes sobre el concepto de sonido. Se puede deducir que tienen una visión limitada de las ondas sonoras, a las que consideran "las ondas por excelencia", pero contradictoriamente con esto, no establecen relaciones entre las cualidades de un sonido y las magnitudes características de las ondas mecánicas. (Utges y Welti, 2000). En general, probablemente no consideran necesaria la existencia de un medio para que se propague el sonido, también manifiestan que la

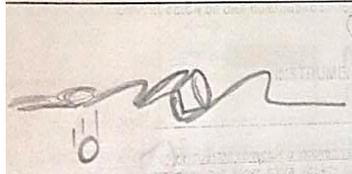
velocidad de propagación depende de la oposición que presente el medio de propagación, lo que, posiblemente, proyecta una concepción corpuscular del mismo. (Utges y Welti, 2000). Las siguientes respuestas dan cuenta de lo expresado:

- *E6R1: Por el impacto de la piedra al caer en ella agua, se crean ondas que se van ampliando hasta que desaparecen, al mismo tiempo que la piedra vuelve a caer, el impacto es menor y las ondas se reducen de tamaño*
- *E10R2: El sonido se propaga por medio de ondas que son producidas por las cuerdas vocales al vibrar.*

#### **4.1.2.1.3 Modelo: ondas como “Curvas que caminan”**

En este modelo los estudiantes consideran que las ondas mecánicas son formas curvas que se mueven, avanzan o caminan. Estas pueden responder a diversas representaciones (zigzag, irregulares, montañas). En las respuestas que se ubican en este modelo la onda necesariamente provoca desplazamiento de partículas, sea de polvo o el corcho en el agua. El 57% de los estudiantes responden a este modelo. Utges y Welti (2000), Utges y Pacca (1999), en sus trabajos expresan que en este modelo se asocian a las ondas mecánicas con curvas que "caminan" con lo cual implicaría que ven a la onda mecánica como un objeto en sí. Objeto que a veces es visible y otras no. El texto y la gráfica que se muestran a continuación ilustran lo antes dicho:

- *E3R1A: Al tirar la piedra en la superficie del lago se crean ondas, las cuales harían que el corcho se desplazara, hasta que las ondas estuvieran en reposo.*



*Figura II. Dibujo E3R1A*

Es considerable la cantidad de estudiantes se encuentran en este modelo, (57%), esto muestra una dificultad notable, el predominio de las explicaciones corpusculares (movimiento, fuerzas, creación, reposo) sobre las ondulatorias para explicar el concepto, esto puede ser porque les resulta más familiar la idea de partícula que de onda como lo expresa Utges y Welti (2000). A continuación se muestra expresiones que apoyan las afirmaciones anteriores:

- *E5R1: Cuando lanzamos la piedra a un lago esta crea ondas en el agua*
- *E5R1A: Las ondas generan un movimiento en el agua y mueve el corcho.*

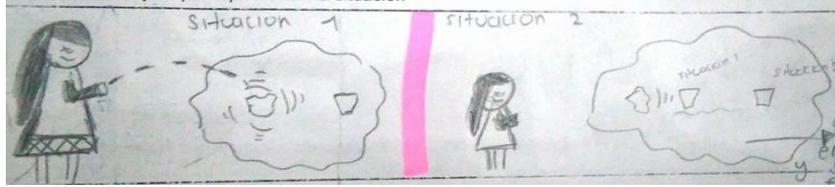


Figura III. Dibujo E5R1A

Otra característica que predomina en este modelo es que se considera una onda mecánica como un objeto en el espacio, que se mueve y tiene la capacidad de “empujar” a otros objetos. En cuanto a la dependencia espacio-tiempo del movimiento ondulatorio, los estudiantes que se ubican en este modelo, se centran en el desplazamiento (espacio) de la onda mecánica, ignorando la dependencia temporal y otras características como frecuencia, periodo y velocidad.

Adicionalmente, la faltante principal del modelo radica en que los estudiantes advierten que lo que ocurre en un punto de la onda puede ocurrir después en otro punto, pero no reconocen el vínculo que explica la transferencia de la energía. Welti (2002). Dejando de lado aspectos primarios y constituyentes del concepto de onda mecánica, como lo es, la transferencia de energía, la relación de esta con el medio material y las relaciones espacio-tiempo que priman en el movimiento ondulatorio.

#### 4.1.2.1.4 Modelo Onda como “Material-medio”

Los estudiantes que presentan este modelo explicativo creen que es necesario que exista un material continuo a través del cual el movimiento se propague. Como lo expresa Utges y Welti (2000) esto implica que deben existir vínculos entre las partes o alguna relación que permita la propagación de las ondas. Los estudiantes describen la propagación a través del aire, agua u otros medios materiales. Además, relacionan las características del medio con algunos parámetros de la onda como su velocidad. Algunas afirmaciones que representan lo anteriormente dicho son:

- E6R2: *Las ondas del sonido se propagan o viajan a través del aire, van desde la voz de la persona producida por las cuerdas vocales, hasta el oído de la muchacha*
- E9R2: *El sonido se puede propagar de diferentes formas, a través de distintas cosas. Las ondas como tal viajan por medio de cosa líquida, sólida y gaseosa. En una cosa sólida las ondas se propagan más rápido y con mayor fluidez, pues las moléculas están muy juntas que se diferencia a cuando en estado gaseoso que las moléculas están muy separadas para mí porque en el momento no tengo el conocimiento concreto de cómo se propaga cuando hablamos, en mi opinión es el AIRE a través de estas moléculas el sonido viaja.*

El 10% de las respuestas de los estudiantes se ubicaron en este modelo. Demostrando también, expresado por Utges y Welti (2000), la falta un referente concreto para apoyar sus explicaciones, lo que lleva a utilizar definiciones inventadas por ellos mismos. Se presenta el E9R2 que realiza un análisis de la composición molecular de los diferentes estados de la materia, relacionándolos con la velocidad de propagación de una onda mecánica. Caso contrario a lo propuesto en el trabajo de Welti quien expresa que los estudiantes suponen que la velocidad de propagación de un pulso depende de la forma en que la onda es generada por el emisor y no de las propiedades del medio Welti (2002).

Otro aspecto sobresaliente en cuando al análisis de los modelos iniciales de los estudiantes sobre el concepto de onda mecánica, es que las respuestas brindadas pueden ubicarse en varios modelos que se activan según el contexto, o situación a la cual se enfrenten. Utges y Pacca (1999), Utges y Welti (2000).

En la siguiente tabla se ilustra los modelos adoptados por los estudiantes en cada una de las preguntas:

Tabla 16. Modelos explicativos distribuidos por pregunta.

Estudiante	Modelo explicativo		
	P1, 1A	P3	P2, 2A
1	Curvas	Curvas	Curvas
2	Curvas	Figura	Curvas
3	Curvas	Figura	Curvas
4	Curvas	Figura	Transmisión
5	Curvas	Transmisión	Transmisión
6	Transmisión	Figura	Material
7	Curvas	Transmisión	Curvas
8	Curvas	Figura	Material
9	Curvas	Figura	Material
10	Curvas	Figura	Transmisión

P1: Pregunta 1  
 1A Pregunta 1 literal A  
 P2: pregunta 2  
 2A Pregunta 2 Literal A  
 P3. Pregunta 3

Mostrando que para situaciones donde las ondas mecánicas son visibles (Ondas en un lago o en cuerdas) predominan modelos explicativos de orden espacial como el de curvas que

caminan y figura conocida. La relación que establecen los estudiantes con los gráficos y el movimiento de las partículas, Asimismo, la consideración de la onda mecánica como un ente más, como un objeto que se mueve de un lado a otro, que tiene las propiedades como empujar, realizar fuerzas, ser obstaculizado, detenerse, expandirse, poseer masa y volumen. Predominan en estos contextos y modelos explicativos.

Ahora bien, para situaciones donde las ondas mecánicas no se pueden evidenciar con facilidad (ondas de sonido), los estudiantes optan por un modelo de transmisión o material-medio. Esto se debe a que los estudiantes intentan explicar la propagación a través de vibraciones de partículas de aire o de un medio específico, algunos atribuían características como frecuencia, amplitud, tono a esas vibraciones, otros simplemente se limitaban a establecer la relación entre la onda-vibraciones-fuerza.

#### **4.1.2.2 Obstáculos identificados**

Los análisis descriptivos que se expusieron en los párrafos anteriores, pretenden mostrar que el reconocimiento de los modelos explicativos que presentan los estudiantes se puede constituir en el punto de partida para pensar y plantear la enseñanza. Tamayo (2013). Además la categorización por modelos explicativos permite la identificación de obstáculos frente al aprendizaje del campo conceptual específico, en este caso el concepto de onda mecánica. A continuación se enuncian los principales obstáculos encontrados, basado también en el análisis realizado por diversos autores con respecto al campo conceptual (Utges y Pacca, 1999, Utges, y Welti 2000, Welti 2002, Pérez y Esper, 2005):

- Tendencia a asociar el concepto de onda mecánica a una forma o figura específica dejando de lado características constituyentes del concepto como la transmisión de energía y las relaciones espacio-tiempo. Pérez y Esper (2005)
- Considerar la onda mecánica como un objeto que se mueve y tiene la capacidad de “empujar” a otros pero, no está vinculado a ningún medio material. Es decir, no reconocen el vínculo que explica la transferencia de la energía. Welti (2002)

- El predominio de las explicaciones corpusculares (movimiento, fuerzas, creación, reposo) sobre las ondulatorias para explicar el concepto de onda mecánica.
- Tendencia de confundir los conceptos onda, emisor y receptor. Utges y Welti (2000).
- Carencias en la identificación de ondas mecánicas longitudinales en diferentes contextos. Utges y Welti (2000).
- No logran integrar las características espaciales y temporales de una onda mecánica para dar cuenta de su movimiento. Utges y Welti (2000).

Además, se presentan obstáculos de tipo cognitivo-linguísticos:

- No usan un vocabulario específico-científico para expresar sus ideas sobre las ondas.
- Falta un referente concreto para apoyar sus explicaciones, lo que lleva a utilizar definiciones inventadas por ellos mismos. Utges y Welti (2000).

A partir de los modelos y obstáculos encontrados se diseñaron actividades de intervención de aula, una unidad didáctica que corresponde a la unidad funcional de los procesos de enseñanza y aprendizaje. Tamayo (2006). Que responda a la superación de dichos obstáculos, al cambio en los modelos explicativos sobre el concepto de onda mecánica, al desarrollo de regulación metacognitiva en los estudiantes.

A partir de los modelos y obstáculos encontrados se diseñaron actividades de intervención de aula, una unidad didáctica que responda a la superación de dichos obstáculos, al cambio en los modelos explicativos sobre el concepto de onda mecánica y al desarrollo de regulación metacognitiva en los estudiantes.

#### **4.2 Análisis de la categoría regulación metacognitiva durante la intervención didáctica**

Para la recolección de datos y análisis de la categoría regulación metacognitiva durante la intervención didáctica, aunque se diseñaron 4 instrumentos, se tomó para el análisis el Anexo 3, el cual presenta un cuadro de reflexión metacognitiva sobre tres situaciones cognitivas planteadas, en este se pueden identificar las subcategorías de la regulación metacognitiva. Este cuadro fue diseñado por Orrego, Tamayo & Ruiz (2016). A continuación se presenta, en primer lugar una de las respuestas planteadas por un estudiante (E5) y luego, el análisis de la situación

de tres casos representativos de estudiantes con respecto a la planeación, monitoreo y evaluación durante la intervención:

Se presenta las expresiones de E5 en la actividad planteada:

Se plantean los problemas:

Punto 9: Ondas de agua en un lago viajan 4,4 m en 1,8 s. El periodo de oscilación es de 1,2 s. a) ¿Cuál es la rapidez de las ondas?, b) ¿cuál es la longitud de onda de las ondas?

Punto 10: Felipe estaba jugando a la culebrita con una cuerda realizando pulsaciones de manera repetida. La siguiente gráfica representa la relación entre la onda realizada y la distancia y el tiempo del movimiento:

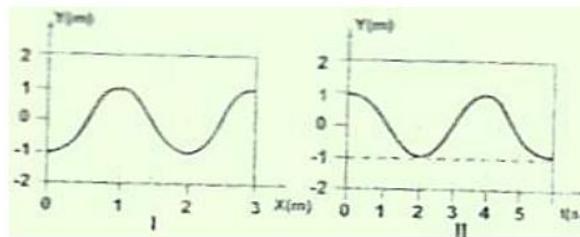


Figura IV: Gráficas espacio-tiempo de una onda.

- Determine: la amplitud, la longitud, la frecuencia y la velocidad de la onda.

Punto 11: Un cuerpo describe movimiento armónico simple, de acuerdo con la siguiente expresión:  $x = 4 \text{ cm} \cos \left( \left( \frac{3\pi}{2} \right) t \right)$ . Determinar los parámetros que caracterizan el movimiento.

Sobre las situaciones planteadas anteriormente, el estudiante realiza la reflexión:

Tabla 17: Respuestas de E5 durante la intervención.

<b>Preguntas/Planteamientos</b>	<b>Determinar los parámetros que caracterizan el movimiento de una onda mecánica. (punto 9)</b>	<b>Determinar los parámetros que caracterizan el movimiento de una onda mecánica. (punto 10)</b>	<b>Determinar los parámetros que caracterizan el movimiento de un cuerpo que se mueve con MAS (punto 11)</b>
<b>¿Qué debo hacer?</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sacar los datos que me dan</li> <li>2. mirar las ecuaciones para hallar lo que me piden</li> <li>3. reemplazar ecuaciones</li> <li>4. resolver</li> <li>5. escribir mi (RTA) o sea respuesta</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. determinar las ecuaciones que necesito para hallar lo que me piden</li> <li>2. mirar la grafica y sacar datos</li> <li>3 reemplazar ecuaciones</li> <li>4. resolver</li> <li>5. escribir mi respuesta</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) mirar la expresion que me dan</li> <li>2) sacar datos</li> <li>3) determinar ecuaciones</li> <li>4) reemplazar ecuaciones</li> <li>5) responder</li> </ol>
<b>En el desarrollo del proceso, ¿Qué Hice mal?</b>	<i>Creo que no hice nada mal</i>	<i>Creo que no hice nada mal</i>	<i>Creo que no hice nada mal</i>
<b>Valoración de tu trabajo: lo sé bien, lo sé regular, no lo sé</b>	<i>Lo sé bien</i>	<i>Lo se regular</i>	<i>Lo se regular</i>
<b>¿Qué creo que me faltó para que mi desempeño fuera mejor?</b>	<i>En este punto me fue bien no me feto nada</i>	<i>Saber interpretar mejor las graficas</i>	<i>Interpretar mejor la ecuacion</i>

La siguiente tabla describe el análisis de tres casos representativos en la etapa de la aplicación de la unidad didáctica (se analiza las respuestas y reflexiones sobre el punto 9):

Tabla 18. Análisis de las respuestas de los estudiantes durante la intervención didáctica.

Estudiante	Planeación	Monitoreo	Evaluación
E1	Para el punto 9 el estudiante realiza un plan de 5 pasos, identifica las magnitudes que intervienen en la resolución de la situación problema, las tareas son coherentes con la actividad planteada, presenta un orden lógico de esas tareas. Es un plan que se puede considerar como elaborado. El estudiante ejecuta todos los pasos menos el numeral 5.	En cuanto a los procesos de monitoreo, no muestra el seguimiento al plan elaborado (subrayar, hacer un “chulo”). El estudiante presenta dificultades en el uso de unidades de medida de longitudes de onda y no las detecta ni en los procesos de monitoreo ni evaluación.	Se evaluó como “lo sé bien” lo cual se puede considerar como una evaluación asertiva teniendo en cuenta que desarrolla el ejercicio siguiendo la mayoría de pasos planeados y desarrollando el ejercicio planteado. Las estrategias planteadas por el estudiante no se relacionan con las dificultades.
E5	El estudiante diseña un plan que responden de manera asertiva a la pregunta planteada, consta de 5 pasos específicos de tareas a resolver que aportan a la identificación de variables y resolución de la situación problema. El paso 1 no fue ejecutado por el estudiante, en el desarrollo del ejercicio no se evidencian los datos que arroja el problema, se limita a resolver el ejercicio.	En cuanto a los procesos de monitoreo, no muestra el seguimiento al plan elaborado (subrayar, hacer un “chulo”).	Se evaluó como “lo sé bien” lo cual se puede considerar como una evaluación asertiva teniendo en cuenta que desarrolla el ejercicio siguiendo la mayoría de pasos planeados y desarrollando el ejercicio planteado. Las estrategias planteadas por el estudiante no se relacionan con las dificultades.
E8	El estudiante diseña un plan de 4 pasos, pero incluye tareas que debe realizar antes de la ejecución del plan, como prestar atención a las indicaciones y concentración durante las explicaciones. En cuanto al plan para resolver el ejercicio, presenta pasos de tipo general, no especifica las tareas a realizar para resolver el problema. Se puede considerar como un plan sencillo que en términos generales no responde a la situación problema planteada.	Realiza un proceso de monitoreo asertivo, expresando las debilidades que presentó al resolver el ejercicio y diseñando estrategias para mejorar su desempeño, se valoró con un “ <i>lo sé regular</i> ” se puede suponer que se debe a las dificultades en la atención en clase y el replanteamiento del plan diseñado aunque resolvió de manera efectiva el ejercicio. ó de manera efectiva el ejercicio.	

En el anexo 8 se encuentra la tabla de análisis de todos los estudiantes.

Durante la intervención didáctica se encontró que algunos estudiantes habían avanzado en cuanto a la categoría planeación, algunos enumerando pasos específicos y presentando atención selectiva a la tarea a realizar, otros aun con dificultades en estos aspectos, diseñando planes de tipo general, presentando carencias en el orden y secuencia lógica del plan, además, sin

identificar las magnitudes que intervienen en la resolución del problema propuesto. Se debe seguir trabajando en la subcategoría planeación procurando la mejora en estos aspectos.

En cuanto a la subcategoría monitoreo, aún persiste la dificultad de realizar el proceso de monitoreo relacionado solamente con aspectos ambientales y físicos, mas no con la estrategia y el plan diseñado, esto lleva a que los estudiantes que no realizaron planes elaborados, no realicen autoevaluaciones efectivas y en consecuencia no realicen los cambios al plan diseñado. Se debe trabajar con los estudiantes aspectos relacionados con la autoevaluación del proceso, la conciencia durante la ejecución de la tarea, seguimiento, verificación y replanteamiento de la estrategia diseñada por ellos mismos. En cuanto a la categoría evaluación, se evidencia que los estudiantes aun realizan procesos de evaluación basados en la resolución del ejercicio y las dificultades relacionadas con la comprensión de los procesos de solución de la situación, no relacionan ni fundamentan sus procesos de evaluación con el plan y monitoreo realizado, se debe seguir trabajando en este aspecto para lograr buenos resultados después de la intervención.

### **4.3 Análisis de la situación final**

#### **4.3.1 Categoría regulación metacognitiva**

A continuación se presentan los resultados obtenidos a través del instrumento (anexo 1), el mismo que se aplicó para las ideas previas, que tenía el propósito de indagar los procesos de regulación metacognitiva (Planeación, monitoreo y evaluación) que presentan los estudiantes después de la intervención didáctica. En la primera parte se describe en términos generales el desempeño de los estudiantes con respecto a los indicadores planteados (Tabla 2). Como en el análisis inicial, para realizar un análisis integral de la regulación metacognitiva se diseñaron, teniendo en cuenta los indicadores, niveles para cada subcategoría y para la regulación metacognitiva. Por último se encuentra el análisis a la luz de la teoría, las características de las respuestas y las distintas deducciones descriptivas que se pueden realizar después de la intervención didáctica.

##### ***4.3.1.1 Tabla de resumen de desempeño por estudiante***

La siguiente tabla resume el desempeño por estudiante en cada uno de los indicadores de cada subcategoría de regulación metacognitiva: (El indicador A de cada subcategoría fue cumplido por toda la unidad de trabajo, se omite en la tabla).

Tabla 19. Tabla de resumen de desempeño por estudiante después de la intervención.

Est	M2: Planeación				M3: Monitoreo			M4: Evaluación	
	B	C	D	E	B	C	D	B	C
E1	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si	Si	No
E2	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si
E3	Si	Si	Si	No	Si	Si	No	No	Si
E4	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si	No	Si
E5	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
E6	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
E7	Si	Si	Si	No	Si	No	No	Si	No
E8	Si	No	Si	No	Si	No	No	Si	Si
E9	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No	No
E10	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si

Convenciones:

**Si:** El estudiante SE APROXIMA al cumplimiento del criterio indicado, en algunos casos, no se cumple completamente pero presenta elemento de valor a resaltar en ese indicador.

**No:** El estudiante no se aproxima al cumplimiento del criterio indicado.

Indicadores adaptados de Buitrago y García (2012); Kapa (2002).

#### 4.3.1.2 Distribución de estudiantes por niveles

Para conocer los criterios que se usaron para ubicar a los estudiantes en cada nivel, ver tabla 9, 10, 11 y 12.

##### 4.3.1.2.1 Subcategoría planeación

A continuación se muestra la distribución de estudiantes en cada uno de los niveles:

Tabla 20. Distribución de estudiantes por niveles de planeación.

Niveles de planeación	Estudiantes
Nivel 0	Ninguno
Nivel I	Ninguno
Nivel II	E8
Nivel III	E3, E7
Nivel IV	E4
Nivel V	E1, E2, E5, E6, E9, E10

##### 4.3.1.2.2 Subcategoría monitoreo

A continuación se muestra la distribución de estudiantes en cada uno de los niveles:

Tabla 21. Distribución de estudiantes por niveles de monitoreo.

Nivel	Estudiantes
Nivel 0	Ninguno
Nivel I	E7, E8
Nivel II	E1, E2, E3, E4
Nivel III	E5, E6, E9, E10

#### 4.3.1.2.3 Subcategoría evaluación

A continuación se muestra la distribución de estudiantes en cada uno de los niveles:

Tabla 22. Distribución de estudiantes por niveles de evaluación.

Nivel	Estudiantes
Nivel 0	
Nivel I	E9
Nivel II	E1, E3, E4, E7, E10
Nivel III	E2, E5, E6, E8

#### 4.3.1.2.4 Categoría regulación metacognitiva

A continuación se muestra la distribución de estudiantes en cada uno de los niveles:

Tabla 23. Distribución de estudiantes por niveles de regulación metacognitiva.

Niveles de regulación	Estudiantes
Nivel 0	Ninguno
Nivel I	Ninguno
Nivel II	Planeación: E1, E3, E4, E7 Evaluación: E8
Nivel III	E2, E9, E10
Nivel IV	E5, E6,

#### 4.3.1.3 Tabla comparativa de la categoría regulación:

La siguiente tabla muestra una comparación entre la situación antes y después de la intervención didáctica con respecto a la categoría regulación metacognitiva y las habilidades que la constituyen:

Tabla 24. Tabla comparativa de la categoría regulación.

Estudiante	Planeación		Monitoreo		Evaluación		Observación regulación.	
	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
E1	Nivel IV	Nivel V	Nivel II	Nivel II	Nivel III	Nivel II	Nivel II: Evaluación	Nivel II: Planeación
E2	Nivel III	Nivel V	Nivel II	Nivel II	Nivel II	Nivel III	Nivel II: Planeación	Nivel III
E3	Nivel II	Nivel III	Nivel I	Nivel II	Nivel II	Nivel II	Nivel I	Nivel II: Planeación
E4	Nivel I	Nivel IV	Nivel II	Nivel II	Nivel I	Nivel II	Nivel I	Nivel II: Planeación
E5	Nivel II	Nivel V	Nivel II	Nivel III	Nivel III	Nivel III	Nivel II: Evaluación	Nivel IV
E6	Nivel IV	Nivel V	Nivel III	Nivel III	Nivel III	Nivel III	Nivel III	Nivel IV
E7	Nivel III	Nivel III	Nivel I	Nivel I	Nivel I	Nivel II	Nivel II: Planeación	Nivel II: Planeación
E8	Nivel III	Nivel II	Nivel II	Nivel I	Nivel II	Nivel III	Nivel II: Planeación	Nivel II: Evaluación
E9	Nivel III	Nivel V	Nivel I	Nivel III	Nivel II	Nivel I	Nivel II: Planeación	Nivel III
E10	Nivel IV	Nivel V	Nivel III	Nivel III	Nivel III	Nivel II	Nivel III	Nivel III

Convenciones:

	Cambio positivo
	No Cambio
	Cambio negativo
	No Cambio, Buen nivel
	No responde

#### 4.3.2 Desarrollo regulación metacognitiva después de la intervención

Brown y Sullivan (1987) y Cadavid (2014) consideran que la regulación de la actividad cognitiva significa; que el estudiante planea, monitorea y evalúa sus procesos cognitivos durante el desarrollo de una actividad o tarea académica. A continuación se describen las características de cada componente:

##### 4.3.2.1 Subcategoría planeación

En cuanto a la categoría planeación, la siguiente tabla ilustra el porcentaje de estudiantes que alcanzó cada uno de los niveles:

Tabla 25. Tabla comparativa de la categoría planeación.

Nivel	Antes	Después
Nivel 0	0 %	0 %
Nivel I	10 %	0 %
Nivel II	30 %	10 %
Nivel III	40 %	20 %
Nivel IV	20 %	10 %
Nivel V	0 %	60 %

Así como antes de la intervención didáctica todos los estudiantes desarrollaron un plan específico para resolver la situación experimental planteada. Esto nos lleva a la posibilidad de analizar los planes elaborados por toda la unidad de trabajo.

Después de la intervención didáctica se encontró una cantidad considerable de estudiantes que diseñaron planes de nivel V (60%), se pueden considerar como planes elaborados, presentan una estructura global sólida y jerarquizada, las tareas a realizar presentan pasos específicos (*Golpear con la cuchara, usar el afinador para..., realizar una tabla con los siguientes datos... con una regla y un marcados hacer una línea a cada botella de la siguiente manera...* ), Adicionalmente, las planeaciones E5M2 y E6M2 muestran relaciones entre pasos o acciones a realizar y los relacionan con la obtención de resultados, mostrando dominio sobre la habilidad para planear las tareas de manera específica y coherente. Los estudiantes que se ubican en este nivel también se caracterizan por incluir en su plan pasos de registro y análisis de datos que permiten dar respuesta concreta a la pregunta orientadora. Como evidencia las siguientes expresiones sobresalientes en este nivel de planeación:

- *E5M2: 1 Llenar mi botellas con agua a diferentes medidas (desde la más llena hasta dejar una vacía).*
  - 2 Alinear mis botellas de tal manera que me sea más fácil trabajar con ellas.*
  - 3 Golpear mis botellas con la cuchara (en el mismo lugar todas las botellas).*
  - 4 del paso anterior analizar con mi afinador que notas me dan.*
  - 5 Golpear nuevamente mis botellas pero en un lugar distinto al anterior.*
  - 6 del paso anterior analizar con mi afinador que notas me dan.*
  - 7 del paso 1, 3 y 5 analizar si el agua afecta el sonido y si golpear las en diferentes lados afecta y cambia las notas.*
- *E6M2: Planeación: 1. Marcar las botellas con un marcador de tal manera que cada una tenga los números del 1 al 5 respectivamente.*
  - 2. Con un marcador y una regla hacer una línea a cada botella de la siguiente manera: Botella 1 a 3cm -Botella 2 a 6cm -Botella 3 a 9cm -Botella 4 a 12cm -Botella 5 a 15 cm*
  - 3. Llevar las botellas a una fuente de agua y llenarlas hasta donde marca la línea en cada una.*
  - 4. Tomar la botella 1 y golpearla con una cuchara.*
  - 5. Abrir la aplicación del afinador en el celular y acercar este a las botellas mientras se realiza la acción del paso 4.*
  - 6. Anotar en una hoja la nota mostrada.*
  - 7. Repetir los pasos 4,5 y 6 con las demás botellas*
  - 8. Tabular los datos obtenidos.*
  - 9. Analizar la tabla obtenida, con relación a los diferentes resultados allí y escribir las relaciones.*
  - 10. Responder la pregunta orientadora teniendo en cuenta las relaciones obtenidas.*

Un 10% de estudiantes ubicados en el Nivel IV presentan cierto grado de estructura y sentido global, sin embargo, las tareas a realizar no presentan pasos específicos, adicionalmente, se observa dificultad para anticipar resultados. Sin embargo, a diferencia de los planes nivel IV antes de la intervención didáctica, los planes presentan pasos de registro de datos, aunque poco relacionado con el análisis de los mismos, considerándose como un plan de tipo general que no aportan a la solución completa de la pregunta orientadora como se evidencia en la respuesta E4M2:

- *E4M2: Paso A: Tomar las botellas iguales desocupadas y tocarlas con las cucharas.  
Paso B: Llenar las botellas de agua en diferentes cantidades  
Paso C: Empezar a tocar las botellas con la cuchara para darnos cuenta de que sonido emplean.  
Paso D: Cuando ya escuchemos los sonidos que las botellas emplean con la cuchara utilizar el afinador. Realizar una tabla de sonidos dependiendo de la cantidad de agua.*

El 30% acumulado por debajo del nivel III (sumatoria nivel I y II) persisten en la dificultad del diseño de planes orientados a acciones o tareas específicas a realizar para aportar a la solución de la pregunta orientadora (E3M2, E7M2). También puede indicar obstáculos asociados a la estructura lógica y secuencial del plan diseñado o a dificultades de comprensión de la pregunta inicial como es el caso de E8M2. Asimismo, E7M2 usa expresiones incompletas en el plan diseñado. No explica el objetivo de ciertos pasos, no especifica que es lo que debe registrar y no concluye respondiendo la pregunta orientadora.

- *E8M2: Paso A: Buscar todos los materiales y tenerlos listos.  
Paso B: Buscar una canción con 5 notas.  
Paso C: golpear botella por botella a cada una asignarle un tono con el nivel de agua  
Paso D: marcar con cinta cada botella con respecto a la nota.*
- *E7M2: 1. Verter agua en las diferentes botellas, con diferentes medidas de agua.  
2. Golpear con una cuchara las diferentes botellas golpear la veces que sea necesarias.  
2.1 Golpear las botellas en el mismo lugar.  
3. Usar el afinador pa a saber que nota musical emite el sonido del golpe.  
4. Escribir los datos, que considere necesarios.  
5. Responder a la pregunta orientadora teniendo en cuenta los resultados del experimento.*

A continuación se presentan algunas características de las expresiones dadas por los estudiantes con respecto a la subcategoría planeación a la luz de diversos autores de artículos y trabajos de investigación en el campo.

Teniendo en cuenta lo expresado por Tamayo (2006), “*La planeación engloba las acciones que se realizan antes de la tarea e implica la selección de estrategias apropiadas y la*

*localización de factores que afectan el rendimiento*”. En términos generales, se encontró que el 60% de los planes diseñados por los estudiantes son elaborados, de nivel V, constan de 5 a 10 pasos. Estos, obedecen a un orden lógico de las tareas propuestas, hacen evidentes las magnitudes vinculadas a la pregunta orientadora, por esta razón, las tareas planeadas responden de manera clara a la pregunta. Por otro lado, las tareas de registro y análisis se encuentran explícitas en la planeación, los estudiantes realizaron tablas para relacionar las magnitudes implicadas, esto les facilitó el análisis para dar respuesta definitiva a la pregunta inicial. Evidenciando la superación de ciertas dificultades presentadas en el análisis inicial:

A continuación se muestra una comparación entre los planes diseñados por E9 antes y después de la intervención, mostrando un avance en los aspectos nombrados anteriormente:

Tabla 26. Comparación del plan de E9 Antes y después de la intervención.

Antes	Después
<p><i>E9M2: Paso A: Primero lleno las botellas a diferentes alturas</i>  <i>Paso B: Escucho la diferentes tonalidades</i>  <i>Paso C: Utilizo la aplicación del celular</i>  <i>Paso D: Veo e identifico las frecuencias (Nivel III)</i></p>	<p><i>E9M2: 1 Obtener todos los materiales</i>√  <i>2 Llenar cada una de las botellas en diferentes niveles de agua</i> √  <i>3 Registrar los resultados que me da el afinador. También los resultados cognitivos.</i> √  <i>4 Botar el agua de cada botella</i>√  <i>5 Llenar cada botella de nuevo pero de manera diferente</i>√  <i>6 Registrar nuevos resultados</i>√  <i>7 Analizar las variaciones</i>√  <i>8 Planear factores claves</i>√ (Nivel V)</p>

En cuanto a esta subcategoría también se encontró acorde a lo expresado con Tamayo, Zona y Loaiza (2017), que los estudiantes antes de la intervención didáctica, *proponían la elaboración de planes que se caracterizados por ser poco específicos y que describían las diferentes acciones a seguir de manera general* (Acciones como: *Analizar, realizar el experimento, Imaginarme el suceso*). Después de la intervención fue evidente la superación de esta dificultad. Los estudiantes, en su mayoría, plantean pasos que responden a tareas específicas a realizar (E1, E2, E5, E6, E9, E10). Poco persisten en esta dificultad (Solamente *E7M2, E3M2*). Esto permite describir los procesos de regulación desarrollados por los estudiantes ya que muestra un conocimiento detallado de los procesos de pensamiento y acción que los estudiantes siguen para resolver la tarea. Los mismos autores plantean que *En la medida en que las personas conozcan de manera más detallada sus procesos de pensamiento y de acción podrán de manera más efectiva monitorear y evaluar sus desempeños*. Queriendo decir que los procesos de planeación están ligados a los de monitoreo y evaluación, asunto que se tratará más adelante.

Expresiones que muestran lo anteriormente nombrado son:

- *E7M2: ... Paso 4. Escribir los datos, que considere necesarios...*
- *E3M2: ... Paso D: Diferenciar el sonido de distintos niveles de agua...*

#### **4.3.2.2 Subcategoría Monitoreo**

En cuanto a la subcategoría monitoreo la siguiente tabla ilustra el porcentaje de estudiantes distribuidos por niveles antes y después de la intervención:

Tabla 27. Tabla comparativa de la categoría monitoreo.

<b>Nivel</b>	<b>Antes</b>	<b>Después</b>
Nivel 0	0 %	0 %
Nivel I	30 %	20 %
Nivel II	70 %	40 %
Nivel III	20 %	40 %

Como se evidencia, la mayoría de estudiantes se ubican en los Niveles II y III de monitoreo según los criterios establecidos. Esto muestra, por un lado, las dificultades que persisten en algunos de los indicadores de la subcategoría. La persistencia de un 30% de estudiantes que no realizan un seguimiento al plan diseñado, es decir, no marcan los pasos que han ejecutado mientras resuelven la situación problema, un 20% que no ejecutan la verificación del plan y un 30% que no realiza replanteamiento del plan diseñado. Estos se ubican en los niveles I y II de monitoreo.

Analizando los resultados obtenidos, se evidencia superación en términos generales en cuanto al seguimiento y verificación del plan. Como evidencia se encuentra el 40% de estudiantes ubicados en el nivel III. Además se demuestra una coherencia entre el plan diseñado y monitoreado y los resultados obtenidos por los estudiantes, contrario a lo sucedido en el análisis de la situación inicial.

La siguiente tabla ilustra el caso de dos estudiantes que realizan planes y procesos de monitoreo y estos se relacionan con los resultados, confirmando lo expresando en párrafos anteriores:

Tabla 28. Planes y procesos de monitoreo de E6 y E10.

PLANEACIÓN	MONITOREO	RESULTADOS PLANTEADOS																		
<p><i>E6M2: Planeación:</i>                      1. Marcar las botellas con un marcador de tal manera que cada una tenga los números del 1 al 5 respectivamente.                      2. Con un marcador y una regla hacer una línea a cada botella de la siguiente manera:                      -Botella 1 a 3cm                      -Botella 2 a 6cm                      -Botella 3 a 9cm                      -Botella 4 a 12cm                      -Botella 5 a 15 cm                      3. Llevar las botellas a una fuente de agua y llenarlas hasta donde marca la línea en cada una.                      4. Tomar la botella 1 y golpearla con una cuchara.                      5. Abrir la aplicación del afinador en el celular y acercar este a las botellas mientras se realiza la acción del paso 4.                      6. Anotar en una hoja la nota mostrada.                      7. Repetir los pasos 4,5 y 6 con las demás botellas                      8. Tabular los datos obtenidos.                      9. Analizar la tabla obtenida, con relación a los diferentes resultados allí y escribir las relaciones.                      10. Responder la pregunta orientadora teniendo en cuenta las relaciones obtenidas (<b>Nivel V</b>)</p>	<p><i>E6M3: Hace un chulo marcando los pasos ejecutados.</i>  <i>Dificultades:</i>                      - El marcador no es permanente y al mojar la botella, tanto la línea como número se borrarán.                      El afinador es muy sensible y mostraba diversas -notas al golpear la botella.                      -Se produjeron diferentes notas, dependiendo del lugar donde se golpee.                      -Estaba cerca de una compañera y por el ruido no se podían diferenciar bien las notas.</p> <p><i>Superación:</i>                      - Después de llenarlos hasta donde creía conveniente, con la regla y el marcador volverá a hacer la línea y el número, en el caso de que se halla pasado el nivel de agua o falte, vaciar o llenar la botella hasta la línea respectivamente.                      -Elegir la nota más frecuente.                      -Elegir un solo lugar donde golpear las botellas.                      -Esperar hasta a que ella acabara.</p> <p><i>Cambios: Planeación Modificada:</i>                      3.1 Observar si el marcador se borra con el agua; en el caso que si sucede volver a medir con la regla los centímetros correspondientes y si se pasa el nivel del agua o faltó vaciar o llenar la botella hasta llegar a la línea.                      6. Observar la aplicación y la nota mostrada; en el caso en que las notas varíen, elegir la nota más frecuente.                      6.1 Anotar en una hoja la nota elegida.                      4. Tomar la botella 1 y golpearla con una cuchara justo en la etiqueta roja.</p>	<p>Resultados E6:                      Resultados: A más nivel de agua la nota producida es más alta.</p> <p><i>Tabulación</i></p> <table border="1" data-bbox="982 741 1356 940"> <thead> <tr> <th>BOTELLA</th> <th>NIVEL DE AGUA</th> <th>NOTA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>3CM</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>6CM</td> <td>E</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>9CM</td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>12CM</td> <td>6#</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>15CM</td> <td>A</td> </tr> </tbody> </table> <p><i>Relaciones</i>                      A más nivel de agua, más agudo es el sonido producido.                      PO= Una botella donde el nivel de agua es diferente de otra, el sonido será diferente ya que viaja más tiempo en un medio material que en otra botella.</p>	BOTELLA	NIVEL DE AGUA	NOTA	1	3CM	C	2	6CM	E	3	9CM	B	4	12CM	6#	5	15CM	A
BOTELLA	NIVEL DE AGUA	NOTA																		
1	3CM	C																		
2	6CM	E																		
3	9CM	B																		
4	12CM	6#																		
5	15CM	A																		
<p><i>E10M2: Paso A: Llenar las botellas con agua y comenzar a afinarlas.</i>  <i>Paso B: Ir sacando agua de la botella hasta que c/u una nota musical</i>  <i>Paso C: Tomar los datos de cada una de las botellas (% de agua – Nota)</i>  <i>Paso D: Dar respuesta a las preguntas orientadoras. la planeación si fue correcta o cambio algo (<b>Nivel V</b>)</i></p>	<p><i>E10M3: marca con un chulo los pasos ejecutados.</i>  <i>Dificultades:</i>                      Fue muy difícil afinar las botellas.</p> <p><i>Superación:</i>                      Tener paciencia y dedicación</p> <p><i>Cambios: Ninguno.</i></p>	<p>Resultados E10: Si, pues afinando las botellas puedes utilizar como un xilófono.</p>																		

Pareciera ser que la efectividad de los procesos realizados antes y durante la tarea requieren coherencia entre el plan inicial y los resultados expuestos por los estudiantes. De hecho, los procesos de planeación y monitoreo cobran sentido al ser llevados a la práctica, no solamente al responder preguntas orientadas a indagar sobre estas habilidades. Los estudiantes E5, E6 y E10 se ubicaron en niveles altos de planeación y monitoreo mostrando cierta relación entre los procesos realizados. Apoyando esta idea, Buitrago y García (2012) sugieren que los estudiantes que no realizan seguimiento a la estrategia, posiblemente presenten dificultades con respecto a la habilidad de diseñar un plan, expresando que las habilidades de planeación influyen directa o indirectamente en las de monitoreo y control.

Apoyando lo expresando en los párrafos anteriores, Swanson (1990), Kapa (2002) expresan que en la medida en que los sujetos controlen y monitoreen las estrategias que usan, su habilidad para resolver problemas se optimiza. En otras palabras, el nivel metacognitivo apoya el nivel cognitivo en tanto activa factores de monitoreo y control durante la solución de un problema. Mostrando así que las acciones de monitoreo aportan elementos importantes para que el estudiante resuelva de manera efectiva preguntas de tipo cognitivo y experimental.

Por otro lado, Calderón, Osorio y Rendón (2017), Marti (1995) Brown (1987), Tamayo (2006) plantean que las acciones de monitoreo llevan al estudiante a autoevaluarse y así modificar y buscar estrategias alternativas en el caso de que las seleccionadas anteriormente no sean eficaces. Analizando las respuestas en cuanto al replanteamiento del plan elaborado, los estudiantes E1 y E6 realizan un ejercicio interesante al proponer algunos pasos nuevos en el momento de monitoreo y control. Al analizar los pasos propuestos, en cuanto a E1 que no realiza un seguimiento adecuado al plan, marcando los pasos que ha ejecutado y teniendo atención selectiva en la tarea, propone pasos nuevos, pero no los ubica en un orden específico en el plan inicial. Se limita a expresar lo que le faltó al plan, pero no diseña uno nuevo con respecto al inicial. Contrario a esto, el estudiante E6, que realiza seguimiento al plan elaborado, plantea nuevos pasos y los ubica dentro de su plan inicial de manera asertiva. Esto podría mostrar que los estudiantes que requieran replantear su plan inicial y realizan un seguimiento adecuando este, verifican y replantean la estrategia ubicando los nuevos pasos de manera ordenada dentro del plan inicial.

- *E1M3: Cambios: 1) añadir otra columna con la frecuencia en Hz a la tabla.  
2) encuentre una diferencia al golpear la botella en diferentes partes*

Diversos autores describen el proceso de control (monitoring) como aquel que se realiza "durante la resolución de la tarea, y que además, se manifiesta en actividades de verificación, rectificación y revisión de la estrategia empleada. (Martí, 1995. Calderón, Osorio y Rendón, 2017; Schraw y Moshman, 1995). Acorde con lo planteado, el 60% los estudiantes durante la ejecución del plan se enfocaron no solamente en dificultades relacionadas con la obtención de materiales, el ambiente físico y el experimento como se evidenció antes de la intervención, sino que realizaron seguimiento, verificación y replanteamiento de la estrategia usada para resolver la pregunta orientadora. Para ilustrar se tiene el proceso de monitoreo ya estudiado del estudiante E6 quien no solamente se enfocó en las dificultades relacionadas con el ambiente físico, sino que realizó cambios al plan inicial, diseñando pasos específicos sobre las tareas a realizar. Como evidencia E6M3 mostrado anteriormente. (Tabla 32)

Otra dificultad que se superó después de la intervención didáctica se relaciona con el seguimiento al plan diseñado, los estudiantes marcan los pasos que van ejecutando (algunos usan chulos, resaltador, una "x") así realizan el seguimiento respectivo al plan inicial. Buitrago y García (2012) sugieren que los estudiantes que no realizan seguimiento a la estrategia, posiblemente presenten dificultades con respecto a la habilidad de diseñar un plan, apoyando la no linealidad de la metacognición, expresando que las habilidades de planeación influyen directa o indirectamente en las de monitoreo y control. En este trabajo apoyando la idea de los autores, se encuentra que los estudiantes que presentan un seguimiento al plan, evidencian fortalezas en la habilidad de planeación.

Con respecto a lo planteado por Tamayo, Zona y Loaiza (2017) "*En la medida en que las personas conozcan de manera más detallada sus procesos de pensamiento y de acción podrán de manera más efectiva monitorear y evaluar sus desempeños*". Queriendo decir que los procesos de planeación están ligados a los de monitoreo y evaluación. Apoyando a los autores, se puede afirmar que los estudiantes que construyeron planes de tipo elaborados, desarrollaron procesos de monitoreo y evaluación de manera efectiva. Realizan seguimiento a la estrategia planteada y evalúan en términos de eficacia las actividades planteadas. (E1, E2, E5, E6, E10).

### 4.3.2.3 Subcategoría Evaluación

Con respecto a la evaluación, la siguiente tabla muestra la distribución porcentual de las respuestas de los estudiantes categorizados por niveles:

Tabla 29. Tabla comparativa de la categoría evaluación.

Nivel	Antes	Después
Nivel 0	0 %	0 %
Nivel I	20 %	10 %
Nivel II	40 %	50 %
Nivel III	40 %	40 %

Como se evidencia en el resumen propuesto en la tabla anterior, después de la intervención didáctica, persisten ciertas dificultades, un 40% de los estudiantes unidad de trabajo, está cumpliendo con todos los indicadores de un buen proceso de evaluación. De estos resultados se deben tener en cuenta varios aspectos:

En primer lugar, aunque las evaluaciones de nivel III cumplen con todos los indicadores, E8M4 y E5M4 expresan que establecieron la relación entre el nivel del agua y las características del sonido, pero los resultados que escriben no son evidencia de ello. Por otro lado, en el caso de E6M4 evaluó su acción por el resultado obtenido y la resolución de la pregunta orientadora, sus resultados concuerdan con el plan diseñado, el control y monitoreo ejecutado y se puede decir, que aunque un poco escueto y sencillo, el proceso de evaluación realizado es acertado.

Llama la atención la palabra usada por E2M4 para referirse al plan diseñado (*Eficaz*), Tamayo (2006) y Martí (1995) plantean que la evaluación, es la acción realizada justo al finalizar la tarea y que consiste en **evaluar los resultados de la estrategia empleada en términos de su eficacia**. Para el estudiante la eficacia de la actividad experimental se mide con respecto a la sensación de éxito en el plan diseñado y el haber dado respuesta, a través de ese plan, a la pregunta orientadora.

A continuación las respuestas de los estudiantes antes y después de la intervención:

Tabla 30. Tabla comparativa de respuestas de estudiantes E2, E5, E6 y E8.

Antes	Después
<i>E2M4: Porque abarca todo el procedimiento para resolver el proyecto</i>	<i>E2M4: Es eficaz el plan que yo cree, porque puedo cumplir con el propósito de la actividad y puedo responder la pregunta orientadora.</i>
<i>E5M4: Alli me di cuentas que los niveles de agua afectan el sonido porque propaga de maneras distintas por eso el procedimiento por eso el procedimiento es acertado me ayudo a responder preguntas</i>	<i>E5M4: Al tener diferentes niveles de agua en mi botella respondi a la pregunta orientadora que me decía si el nivel del agua afecta lo cual es verdad porque note que diferentes niveles de agua me dan diferentes notas.</i>
<i>E6M4: si puedo evidenciar el cambio del sonido, a medida de que el nivel del agua aumenta, la botella 1 la 2 la 3 y la 4</i>	<i>E6M4: El resultado fue satisfactorio y responde de manera correcta la pregunta orientadora.</i>
<i>E8M4: Porque con el experimento puede generar notas musicales gracias a las ondas de sonido que se generaban a partir del contacto de la cuchara con el vidrio lleno de agua, como cada botella puede generar unas notas diferentes, es posible producir música, como resultado tenemos un instrumento de música.</i>	<i>E8M4: Porque con este procedimiento uno es testigo de lo que sucede cuando uno llena una botella con un nivel de agua y luego con otra botella llenada con un nivel de agua distinto suena diferente por eso es un experimento acutodo para verdad la situacion expuesta.. Paso A: Buscar todos los materiales y tenerlos listos Paso B: Buscar un lugar en silencio. Paso C: Buscar una canción con 5 notas Paso D: Asignar a cada botella una nota distinta (depende de la canción) Paso E: Marcar con cinta y un marcador cada botella depende de la nota Paso F: Tocar la canción</i>

En segundo lugar, las expresiones E9M4 y E10M4 que como ya se expresó, desarrollan procesos de planeación y monitoreo de niveles V y III, cumpliendo con los indicadores, no reflejan en los procesos de evaluación el trabajo realizado, ni los resultados obtenidos. Estos estudiantes contradicen lo que se dedujo antes de la intervención didáctica, de la posible relación entre las habilidades de control y monitoreo y evaluación en los procesos de resolución de situaciones problema. No siempre se cumple que, *Un estudiante que monitoree y controle las tareas a realizar, sea consiente del éxito inminente en la solución de la pregunta orientadora*, en los procesos de evaluación juegan aspectos emocionales E9M4 expresa la falta de seguridad con respecto a los proceso de planeación, habiendo realizado un buen proceso de planeación y monitoreo. A continuación expresiones de los estudiantes:

- *E9M4: Todavía no estoy segura de que mi planeación abarque cada detalle necesario para su realización, pero se tratò de hacer lo màs completo posible, de manera que responda todas las dudas que surgen a partir del tema.*
- *E10M4: Porque tras haver graduado con diferentes cantidades de agua a las botellas. Podemos ver que nos dan notas musicales diferentes.*

Como se planteó anteriormente, la evaluación, es la acción realizada justo al finalizar la tarea y que consiste en evaluar los resultados de la estrategia empleada en términos de su

eficacia. (Martí, 1995; Tamayo, 2006). En el caso de una actividad experimental, se debe basar en la resolución de la pregunta orientadora y en los datos recolectados en la ejecución del plan. En términos generales, las evaluaciones planteadas por los estudiantes, después de la intervención didáctica, siguen siendo de tipo parcial, la mayoría (70%) relacionadas con la resolución de la pregunta orientadora, sin embargo, como se trató en la subcategoría monitoreo se superaron las deficiencias con relación a la obtención de resultados siguiendo el plan elaborado. (Tabla 32)

#### 4.3.2.4 Análisis integrado de la categoría regulación metacognitiva

En cuanto a la categoría Regulación metacognitiva, la siguiente tabla muestra la cantidad porcentual de respuestas de estudiantes clasificados por niveles:

Tabla 31. Tabla comparativa de la categoría regulación.

Niveles de regulación	Antes	Después
<b>Nivel 0</b>	0%	0%
<b>Nivel I</b>	20 %	0 %
<b>Nivel II</b>	Planeación: 40% Evaluación: 20%	Planeación: 40% Evaluación: 10%
<b>Nivel III</b>	20%	30%
<b>Nivel IV</b>	0%	20%

Se puede observar que el 40% de los estudiantes desarrolla procesos de regulación enfocados en la planeación, es decir que realizan procesos de planeación estructurado pero presentan falencias en las demás habilidades constituyentes de la regulación metacognitiva. El 10% desarrolla procesos enfocados en la evaluación, presentando dificultades asociadas a la planeación y al monitoreo. Mostrando los aspectos a fortalecer sobre la coherencia en los procesos de regulación (antes, durante y después).

El 30% que se ubica en el nivel III son estudiantes que presentaron procesos de regulación coherentes, es decir, los planes realizados, los procesos de monitoreo y evaluación cumplen con los indicadores establecidos, teniendo en cuenta los criterios expuestos en el análisis de las respectivas subcategorías realizados en los párrafos anteriores.

Cabe resaltar el 20% que supera en nivel III, estos muestran dominio en las habilidades constituyentes de la regulación metacognitiva: Planean de manera eficiente, los planes son

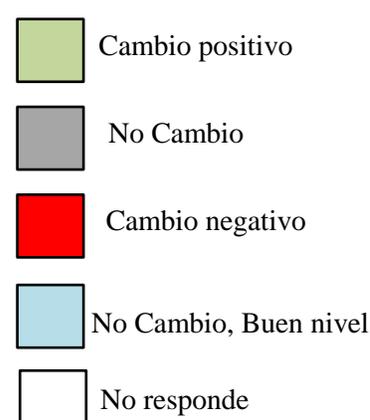
elaborados, demuestran atención selectiva, relación con las magnitudes implicadas en la pregunta orientadora y las actividades de monitoreo y evaluación cumplen con los indicadores establecidos.

#### 4.3.2.5 Cuadro de avances en la categoría regulación metacognitiva

La siguiente tabla muestra el avance que presentan los estudiantes después de la intervención didáctica, en verde están seleccionados los estudiantes que presentaron un avance en cuanto a la categoría Regulación, en gris los que se quedaron en el mismo nivel con respecto a la situación inicial. El estudiante seleccionado en color azul, fue porque tuvo un buen nivel en la categoría y se mantuvo allí:

Tabla 32. Cuadro de avances en la categoría regulación metacognitiva.

Estudiante	Categoría regulación	
	Antes	Después
E1	Nivel II: Evaluación	Nivel II: Planeación
E2	Nivel II: Planeación	Nivel III
E3	Nivel I	Nivel II: Planeación
E4	Nivel I	Nivel II: Planeación
E5	Nivel II: Evaluación	Nivel IV
E6	Nivel III	Nivel IV
E7	Nivel II: Planeación	Nivel II: Planeación
E8	Nivel II: Planeación	Nivel II: Evaluación
E9	Nivel II: Planeación	Nivel III
E10	Nivel III	Nivel III



- Cambio positivo
- No Cambio
- Cambio negativo
- No Cambio, Buen nivel
- No responde

Como se muestra en la tabla, el 60% de los estudiantes pertenecientes a la unidad de trabajo, avanzaron de nivel en cuanto a la categoría regulación metacognitiva. Mostrando superación en dificultades asociadas a las habilidades de regulación metacognitiva, la descripción detallada de las dificultades y obstáculos superados se encuentra en los análisis realizados por subcategoría.

#### 4.3.2.6 Obstáculos y dificultades encontradas después del análisis

A continuación se nombran las dificultades que con respecto a la situación inicial fueron superadas después de la intervención didáctica:

- Dificultades asociadas a planes elaborados que aunque incluían las magnitudes incidentes en la pregunta orientadora, carecían de orden lógico, secuenciación y de tareas de observación, medición, registro y análisis de datos. Elementos constituyentes de un buen plan.
- Las actividades de monitoreo de los estudiantes se limitaban a detectar dificultades asociadas al ambiente físico y a la realización del experimento, dejando de lado el seguimiento, verificación y el replanteamiento de la estrategia elaborada. (Plan inicial).
- Falta de articulación entre los planes diseñados, los procesos de monitoreo y control y las habilidades de evaluación. Dificultades de coherencia en los procesos de regulación metacognitiva.

Por otro lado, existen algunas dificultades que a pesar de la intervención didáctica aún persisten, estas se señalan a continuación:

- En cuando a la evaluación, los estudiantes no apoyan su éxito en la tarea en la elaboración y supervisión de la planeación, sino en la solución de la pregunta orientadora o en criterios emotivo-afectivos.
- El manejo de lenguaje especializado al realizar los procesos de planeación, monitoreo y evaluación. Los verbos usados por los estudiantes, en ocasiones no son adecuados para la tarea que deseaban realizar.

#### **4.3.2 Categoría modelos explicativos del concepto de onda mecánica**

A continuación se presenta un análisis de la información después de la intervención didáctica, para la exploración de los modelos explicativos de los estudiantes. Después de la intervención didáctica se identificaron expresiones que responden a cuatro modelos explicativos sobre el concepto: Onda como... Figura conocida, Transmisión-Transferencia, Curvas que caminan y Material-medio modelos planteados por Utges y Welti (2000). La siguiente tabla muestra la distribución porcentual de los estudiantes en cada modelo:

Tabla 33. Distribución porcentual de estudiantes por modelos después de la intervención didáctica.

<b>Modelo explicativo</b>	<b>Porcentaje después de la intervención</b>
Curvas	25%
Figura	18%
Transmisión	21%
Material	36%

A continuación se realiza un análisis de las principales características de las respuestas de los estudiantes clasificados por modelos explicativos:

#### ***4.3.2.1 Las Ondas como figura conocida***

En el modelo de onda como figura conocida se encuentran expresiones de los estudiantes que hacen referencia a: asociar el movimiento de una onda mecánica a una figura o forma específica, sinusoidal o circular, además, muestran un dominio de la dependencia espacial en la relación a las variables espacio-tiempo. Es el modelo que presenta menos frecuencia de respuesta después de la intervención didáctica. El 18% de los estudiantes se encuentran en este. Aunque las expresiones hacen referencia a este modelo, los estudiantes demuestran un nivel mayor en sus respuestas, estableciendo diferencias entre un movimiento armónico simple y un movimiento ondulatorio (dificultad presentada antes de la intervención). Como lo evidencia E3R3, E6R3 al describir una de las imágenes mostrada en el cuestionario.

En E9R3 se reconoce el tipo de onda producida por una cuerda y describe las características del movimiento ondulatorio y su relación con el movimiento armónico simple. E10R3 reconoce relaciones espacio-tiempo en el movimiento armónico simple, aunque presenta dificultades en la identificación de ondas longitudinales en resortes. Se muestra un avance con respecto a la situación inicial, donde establecían una relación onda-figura sin incluir características ondulatorias de otro tipo.

Algunas expresiones que ilustran lo antes planteado se muestran a continuación:

(Las respuestas corresponden a la pregunta 3 donde se le presentaban cuatro gráficas y se solicitaba una descripción de cada una y las relaciones entre ellas).

- *E6R3: DESCRIPCIONES: En la imagen A. se está aplicando una fuerza  $F$  a una caja, y de esta manera haciendo que las cajas se desplacen. En la imagen B. se encuentra un sistema masa-resorte, el cual es sacado de su posición de equilibrio y provocando que este oscile, además se puede observar la gráfica de este movimiento realizado a través del tiempo. En la imagen C. se está aplicando una fuerza  $F$  al resorte, provocando que este se recoja, y según la tercera ley de Newton, cuando este sea liberado se producirá una fuerza en sentido contrario. En la imagen D. se está aplicando una fuerza  $F$  a la cuerda, provocando que esta oscile de arriba hacia abajo, y produzca una onda.*

*RELACIONES: En todas las imágenes se puede observar que se aplica cierta fuerza. A excepción de la imagen A todas provocan ondas y oscilaciones; siendo las ondas de las imágenes B y D, ondas transversales, mientras que la de la imagen C es longitudinal.*

*En las imágenes B y C se utilizan resortes.*

En las imágenes B y D se ven claramente la forma de la onda, diferenciando el punto de inicio del movimiento de cada uno.

- E9R3: 1. hay tres bloques seguidos que están experimentando una fuerza sobre una superficie.
- 2. Hay un tipo de péndulo con resorte que describe un movimiento ondulatorio, ya que dibuja una onda con (A) amplitud, frecuencia angular, etc.
- 3. hay un resorte comprimido que será "jalado" por una persona que permite que el resorte experimente una fuerza hacia los dos lados
- 4. hay una persona moviendo la cuerda, describiendo una onda transversal con una fuerza que se desplaza hacia arriba y abajo.

Como aspecto adicional, se puede señalar que se presentan dificultades en la integración de las características espaciales y temporales de una onda para dar cuenta de su movimiento (Utges y Welti, 2000; Bravo, Pesa y Caballero, 2009), esta carencia puede desarticular el concepto de onda mecánica de sus aspectos primarios, "el ser la propagación, movimiento, cambio de posición de una perturbación u oscilación periódica".

#### **4.3.2.2 Modelo: ondas como "Curvas que caminan"**

En este modelo los estudiantes consideran que las ondas mecánicas son formas curvas que se mueven, avanzan o caminan. Estas pueden responder a diversas representaciones (zigzag, irregulares, montañas). Después de la intervención didáctica, se redujo considerablemente la cantidad de expresiones típicas de este modelo, paso del 57% al 25%. Además, el nivel en el que se encuentran las respuestas se puede considerar como mayor al inicial. Como se muestra en E1R2, E3R2 y E4R1 se reconoce la formación de ondas y su relación con la propagación y transmisión de partículas en un medio. Además, solamente E5R2 considera la onda mecánica como un objeto en sí, sin establecer relaciones con el medio de propagación, los demás establecen relaciones con el medio.

Se puede deducir que las expresiones de los estudiantes demuestran un trabajo sobre lo que Welti (2002) considera la faltante principal del modelo: *los estudiantes advierten que lo que ocurre en un punto de la onda puede ocurrir después en otro punto, pero no reconocen el vínculo que explica la transferencia de la energía.* Ahora bien, se debe aclarar que una de las dificultades radica en reconocer el movimiento de las partículas en una onda de tipo longitudinal. Por ello expresiones como E1R2A, indican el movimiento de traslación de partículas junto con la onda.

Las siguientes expresiones responden a la onda como una curva que camina:

- *E1R2: El sonido es una onda tridimensional de propaga por varias partes haciendo que se escuche adelante atrás arriba abajo etc....*



Figura V. Dibujo E1R2

- *E1R2A: la partícula va en la misma dirección de la onda*
- *E4R1: cuando lanzamos una piedra a el agua ,se forman unas ondas y se empiezan a expandir.*

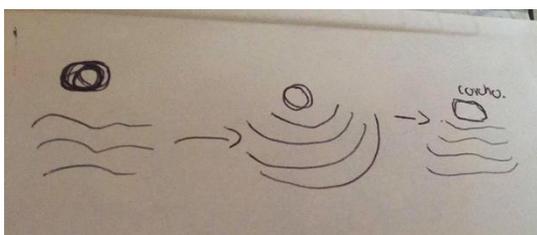


Figura VI. Dibujo E4R1

- *E5R3: Imagen 1 a los bloques se les está aplicando una fuerza horizontal hacia la derecha, imagen 2 se aplica la ley de Hooke el estiramiento que se hizo fue vertical hacia abajo creando una onda, imagen 3 se aplica le y de Hooke el estiramiento se hizo vertical hacia la derecha allí afecta la fuerza, imagen 4 se está haciendo movimiento de arriba hacia abajo de tal manera que se creen ondas*
- *E5R2: El sonido viaja u se propaga por medio de ondas sonoras.*

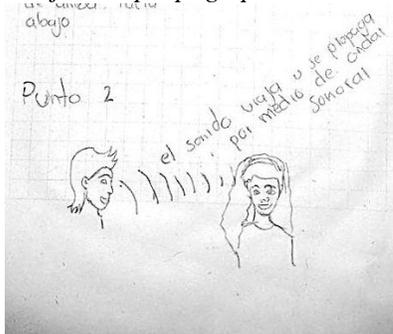


Figura VII. Dibujo E5R1

Reitero la cantidad de expresiones de los estudiantes que se redujo con respecto a la situación inicial (del 57% al 25%), esto muestra en términos generales, la superación de dificultades asociadas con el predominio de las explicaciones corpusculares (movimiento, fuerzas, creación, reposo) sobre las ondulatorias para explicar el concepto, esto se debe a que aunque, les resulta más familiar la idea de partícula que de onda mecánica, se trabajó durante la intervención didáctica esta dificultad específica.

### 4.3.2.3 Transmisión-Transferencia

El 21% de las respuestas de los estudiantes se ubican en este modelo explicativo, en este se consideran aquellas expresiones de los estudiantes relacionadas con transmisión o transferencia de “algo”, en algunos casos, vibraciones, fuerza o energía. Muchas de estas coinciden en expresar que una onda mecánica requiere de un medio por el cual se transmitan dichas vibraciones.

Las respuestas de los estudiantes demuestran dominio conceptual con respecto a la onda mecánica como la propagación de una perturbación. Establecen relaciones entre las variables espacio-tiempo para describir el movimiento de una onda mecánica. (E1R1, E2R2, E5R1). Los estudiantes reconocen la diferencia y relación entre un movimiento ondulatorio, el movimiento armónico simple y movimientos de empuje y fuerza como lo evidencia E8R3. También reconocen los distintos tipos de ondas que se presentan y Además, las gráficas que realizan los estudiantes establecen transferencia de energía en el espacio y en el tiempo. (E9R1, E5R1, E1R1).

Otro elemento importante con respecto a este modelo son las ideas que presentan sobre el concepto de sonido. Se puede deducir que después de la intervención didáctica los estudiantes presentan una visión más amplia de las ondas sonoras, a las que consideran "las ondas por excelencia", estableciendo relaciones entre las cualidades de un sonido y las magnitudes características de las ondas. E2R2: Expresando el sonido como onda tridimensional que se propaga por el aire y E4R2: Estableciendo relaciones entre el sonido y las diferencias de presión en el aire, nombrando características como desplazamiento, velocidad y clasificándola como onda longitudinal.

En consecuencia, Mostrando avances considerables sobre la dificultad planteada por Utges y Welti (2000) e identificada antes de la intervención: *“los estudiantes no consideran necesaria la existencia de un medio para que se propague el sonido, también manifiestan que la velocidad de propagación depende de la oposición que presente el medio de propagación, lo que, posiblemente, proyecta una concepción corpuscular del mismo”*.

Las siguientes expresiones ilustran lo planteado anteriormente:

- *E1R1: El agua empieza a moverse y dependiendo de la fuerza de caída de la piedra se van creando ondas hasta que se propagan por todo el lago.*

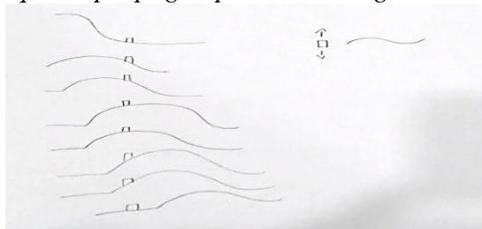


Figura VIII. Dibujo E1R1

- *E1R1A: El movimiento del corcho es de arriba hacia abajo*
- *E2R2: El sonido se propaga en esta situación de forma esférica por lo cual se puede inferir que se propaga en las tres dimensiones, el sonido viaja a través del aire (medio de propagación) hasta llegar al oído del receptor donde allí se codifica en palabras que podemos entender*
- *E5R1: al momento en que la piedra tiene contacto con el agua se crean ondas alrededor de esta que van hacia diferentes direcciones*

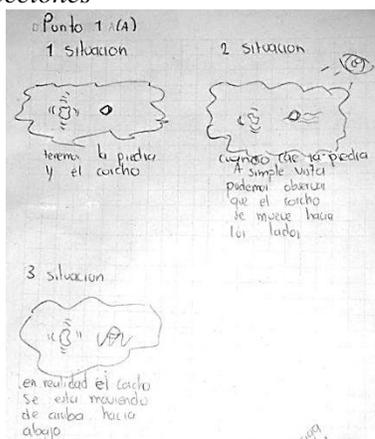


Figura IX. Dibujo E5R1

- *E8R3: DESCRIPCIONES: • En la primera situación se aplica una fuerza en la caja más grande y mueve al resto de las cajas, en la segunda situación un resorte está oscilando con movimiento armónico simple con amplitud y frecuencia constante, en la tercera situación en un resorte horizontal una mano jala hacia la derecha y luego con esa misma fuerza se devuelve el resorte hasta su posición inicial, en la cuarta situación se están generando ondas con un cuerda amarrada a la pared.*

#### 4.3.2.4 Modelo Onda como “Material-medio”

Los estudiantes que presentan este modelo explicativo creen que es necesario que exista un material continuo a través del cual el movimiento se propague. Como lo expresa Utges y Welti (2000) esto implica que deben existir vínculos entre las partes o alguna relación que permita la propagación de las ondas mecánicas. Los estudiantes describen la propagación a través del aire, agua u otros medios materiales. Además, relacionan las características del medio con

algunos parámetros de la onda como su velocidad. El 36% de las respuestas de los estudiantes se sitúan en este modelo. Algunas afirmaciones que representan lo anteriormente dicho son:

- *E2R1: Lo que sucede en el agua cuando lanzamos una piedra, es que la piedra al entrar en contacto con el agua hace que el agua pase de un estado de reposo (quieta) a uno que este en movimiento; por lo anterior la piedra forma ondas que se propagan de manera circular en la superficie del agua*

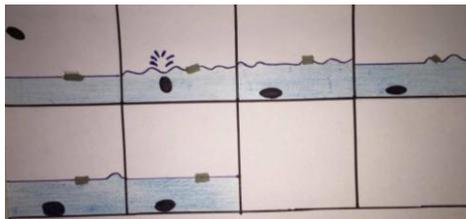


Figura X. Dibujo E2R1

- *E8R1: Cuando yo lanzo una piedra al agua, se generan ondas. Las ondas se producen porque la fuerza y la velocidad de la piedra producen una perturbación en el agua, entre más grande sea la piedra más grande será la onda y el tamaño de la onda también dependerá de la fuerza con la que se haya lanzado la piedra, no será la misma onda si la piedra la lanza un adulto o si es lanzada por un niño. Cabe recordar que la onda se moverá hasta quedar en la misma posición*
- *E9R2: Las ondas emitidas viajarían en todas la direcciones, se escucharías más fuerte en el oído izquierdo porque esta más cerca, pero si se tapara el oído izquierdo podría escuchar por el derecho no de la misma forma pero escucharía.*

Los estudiantes describen de manera asertiva el tipo de onda formada: ondas circulares, bidimensionales, transversales y longitudinales. Reconocen los vínculos entre la formación de la onda mecánica y el medio de propagación como se muestra en las respuestas E2R1 y E3R1. Es claro que también se establecen relaciones entre las variables espacio-tiempo para dar cuenta del movimiento de una onda mecánica (E6R1). Adicionalmente, Las gráficas realizadas por los estudiantes representan de manera asertiva el movimiento de cada una de las partículas de una onda, igualmente los estudiantes establecen relaciones entre el movimiento de dicha partícula y las características del movimiento armónico simple. Las siguientes afirmaciones y gráficas ilustran lo expuesto anteriormente:

*E6R1: El impacto de la piedra provoca que se generen ondas bidimensionales, es decir, perturbaciones que se propagan a través del espacio y del tiempo; en este caso la propagación se da en todas las direcciones y con el tiempo se va terminando.*

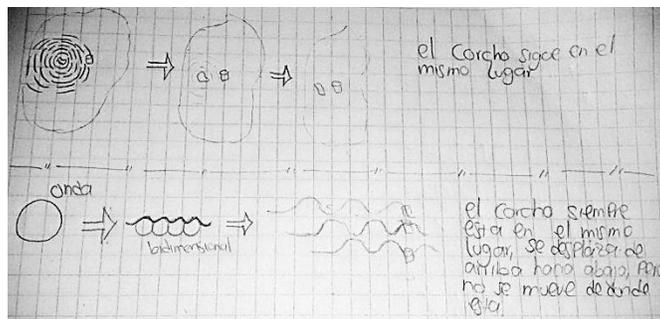


Figura XI. Respuesta de E6

*E6R1: El impacto de la piedra provoca que se generen ondas bidimensionales, es decir, perturbaciones que se propagan a través del espacio y del tiempo; en este caso la propagación se da en todas las direcciones y con el tiempo se va terminando.*

*E3R1: Al lanzar la piedra en un lago este empieza a formar ondas que son formadas por la perturbación de la piedra que se lanzó, estas onda son mas conocidas como ondas transversales.*

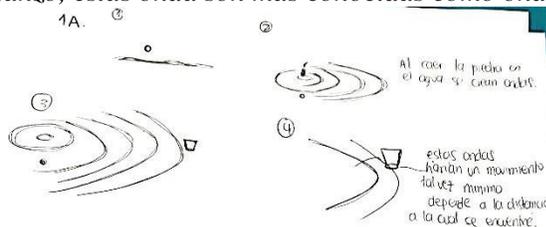


Figura XII. Dibujo y respuesta de E3R1

Después de la intervención didáctica, las expresiones más frecuentes corresponden a el modelo material-medio (36%), igualmente la tasa de cambio más alta con respecto a la situación inicial (pasó de 10% al 36% de las respuestas de los estudiantes se ubicaron en este modelo). Demostrando superación de varias dificultades con respecto al concepto de onda mecánica y sus principales características. Se presenta a E7 que realiza un análisis bastante exhaustivo sobre el concepto de onda mecánica y sonido, mostrando dominio sobre el lenguaje y características, los tipos y relaciones que presenta el concepto a tratar. A continuación el análisis realizado por el estudiante en cada pregunta del cuestionario:

*E7R1: En el momento en que la piedra impacta el agua se genera una perturbación, esta se prolonga a través del agua, a esto se le conoce como ondas mecánicas.*

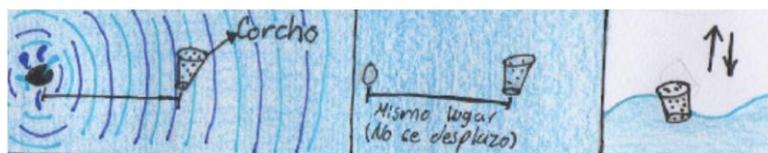


Figura XIII. Dibujo E7R1

E7R3:

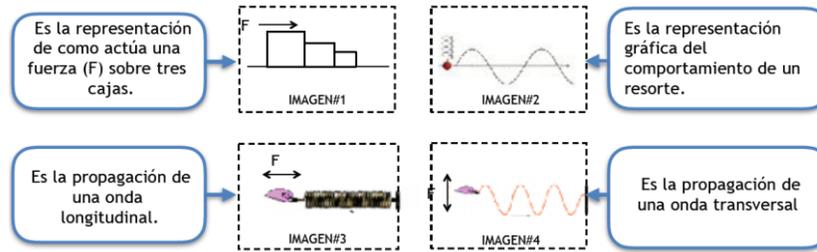


Figura XIV. Respuestas de E7R3

#### DIFERENCIAS Y SEMEJANZAS

##### IMAGEN#1vsIMAGEN#2:

• *Semejanzas:* Ambas son representaciones, en la Imagen#1 se representa una fuerza con una flecha, o

vector; en la Imagen#2 se representa el comportamiento de un resorte en una gráfica.

• *Diferencias:* La Imagen#1 representa un diagrama de fuerzas, mientras que en la Imagen#2 representa el

movimiento ondulatorio.

##### IMAGEN#3vsIMAGEN#4:

• *Semejanzas:* En ambas Imágenes muestran ondas.

• *Diferencias:* La Imagen#3 muestra una onda longitudinal, mientras que la Imagen#4 muestra una onda

transversal.

En cuanto al concepto de sonido, las expresiones ubicadas en este modelo, después de la intervención didáctica, reconocen características del sonido como onda mecánica: en primer lugar se reconoce que es de tipo tridimensional, posee velocidad, frecuencia y amplitud, reconocen la vibración de las partículas de aire para su propagación, establecen relaciones con la anatomía del ser humano para producir el sonido y por último, resaltan su importancia permitiendo la comunicación. (Análisis realizado basado en las respuestas de E8R2, E6R2). Mostrando así dominio sobre el concepto de sonido como onda mecánica. A continuación las respuestas de los estudiantes:

• *E8R2:* Como sabemos el sonido se propaga por el aire con ondas tridimensionales, el sonido viajará a una velocidad de 430 m/s hasta llegar al tímpano del receptor. Para que el emisor pueda enviar sonido a el receptor, ya sea un grito, una palabra o cualquier cosa que quiera que el receptor escuche, primero tiene que hacer vibrar sus cuerdas bucales y estas cuando vibran con movimiento armónico simple también genera ondas de sonido que viajan por la laringe y salen por la boca, también podemos usar otros conceptos como la resonancia que se genera en el pecho y en la garganta por las vibraciones. Luego de que el sonido sale por la boca y viaja por el aire pasando por la partícula de polvo llega hasta el tímpano del receptor que también vibra a causa de las ondas de sonido y dependiendo de la frecuencia y amplitud envía una señal al cerebro para que este interprete la palabra, grito o lo que sea que quiera comunicar el emisor.

• *E8R2A:* Por las ondas del sonido la partícula de polvo comenzaría a oscilar en su misma posición hasta quedar en el mismo punto en que empezó a oscilar.

Otro aspecto sobresaliente en cuando al análisis tanto de los modelos iniciales como después de la intervención didáctica, sobre el concepto de onda mecánica, es que las respuestas brindadas pueden ubicarse en varios modelos que se activan según el contexto, o situación a la cual se enfrenten. Utges y Pacca (1999), Utges y Welte (2000).

En la siguiente tabla se ilustra los modelos adoptados por los estudiantes en cada una de las preguntas:

Tabla 34. Distribución de estudiantes por modelos después de la intervención didáctica.

Estudiante	Modelo explicativo		
	MP1	MP3	MP2
1	Transmisión	Figura	Curvas
2	Material		Transmisión
3	Material	Figura	Curvas
4	Curvas		Transmisión
5	Transmisión	Curvas	Curvas
6	Material	Figura	Material
7	Material	Material	Material
8	Material	Transmisión	Material
9	Transmisión	Figura	Material
10	Curvas	Figura	Curvas

P1: Pregunta 1  
 1A Pregunta 1 literal A  
 P2: pregunta 2  
 2A Pregunta 2 Literal A  
 P3. Pregunta 3

Los espacios en blanco son preguntas que los estudiantes no respondieron así que no se tuvieron en cuenta para el conteo de los porcentajes. La distribución de colores en cada una de las celdas representa lo siguiente:

- Color gris: Las expresiones de los estudiantes que se mantuvieron en un modelo explicativo específico. Corresponde a 12 expresiones, de las cuales 4 de ellas corresponden a modelos cercanos a los científicos como lo son transmisión-transferencia y material-medio.
- Color verde: corresponde a las respuestas que se movieron de un modelo explicativo de menor nivel a otro cercano al modelo científico del concepto de onda mecánica. 13 expresiones se movieron de modelo explicativo para mejorar la calidad de sus respuestas con respecto al concepto de onda mecánica.
- Color rojo: Son las expresiones que pasaron de un nivel alto de comprensión a uno menor. 3 expresiones responden a esta característica.

- Color blanco: Preguntas sin respuesta por parte de los estudiantes.

Se puede deducir que después de la intervención didáctica los estudiantes desarrollaron un mayor nivel de comprensión con respecto al concepto de onda mecánica. Expresiones que se ubicaban en modelos de curvas que caminan y en figura conocida, estos, describen la onda mecánica sin tener en cuenta criterios científicos, cambiaron a modelos más complejos como lo son transmisión-transferencia y material medio. La siguiente tabla ilustra la comparación entre el porcentaje de respuestas de cada modelo de la situación inicial y final de los estudiantes:

Tabla 35. Tabla comparación porcentual de estudiantes antes y después de la intervención.

<b>Modelo explicativo</b>	<b>Inicial</b>	<b>Final</b>
Curvas	47%	25%
Figura	23%	18%
Transmisión	20%	21%
Material	10%	36%

De los desafíos planteados en el análisis del momento inicial de los estudiantes, se logró que: Los estudiantes relacionaran la formación de una onda mecánica con la propagación de una perturbación realizada o no en un medio material, que comprendieran el hecho que una onda mecánica no desplaza partículas de un lugar a otro, sino que estas vibran y después que la onda mecánica deja de interactuar vuelven a su lugar inicial, que caracterizaran los distintos tipos de ondas mecánicas y no solo se queden con la “típica” figura (transversal en este caso) y que relacionaran el sonido con los conceptos de onda mecánica y sus magnitudes características (amplitud, frecuencia, periodo, velocidad).

#### **4.3.3 Obstáculos identificados después de la intervención didáctica**

Los análisis descriptivos que se expusieron en los párrafos anteriores, pretenden mostrar el reconocimiento de los modelos explicativos que presentan los estudiantes después de una intervención didáctica que propendía al desarrollo de la regulación metacognitiva. Ahora bien, Aunque es notable el avance de los estudiantes con respecto a la situación inicial, persisten algunos obstáculos y dificultades en cuanto al concepto de onda mecánica. A continuación se enuncian los principales obstáculos, basado también en el análisis realizado por diversos autores

con respecto al campo conceptual (Utges y Pacca, 1999, Utges y Welti 2000, Welti 2002, Pérez y Esper 2005):

- El predominio de las explicaciones corpusculares (movimiento, fuerzas, creación, reposo) sobre las ondulatorias para explicar el concepto de onda mecánica.
- Carencias en la identificación de ondas longitudinales en diferentes contextos. Utges y Welti (2000).
- No logran integrar las características espaciales y temporales de una onda mecánica para dar cuenta de su movimiento. Utges y Welti (2000).

Además, se presentan obstáculos de tipo cognitivo-lingüísticos:

- Falta un referente concreto para apoyar sus explicaciones, lo que lleva a utilizar definiciones inventadas por ellos mismos. Utges y Welti (2000).

Por último, es importante aclarar que muchos de estos estudiantes ya tuvieron la oportunidad de acercarse al concepto en otro grado, y posiblemente algunos de los obstáculos que presentan se relacionan con la enseñanza del concepto. Se plantean los por lo tanto, obstáculos ontológicos como los provenientes de prácticas de enseñanza deficientes.

#### 4.3.4 Tabla comparativa entre cambios de regulación y modelos explicativos

Tabla 36. Tabla comparativa entre cambios de regulación y modelos explicativos

Estudiante	Categoría regulación		Modelo explicativo final		
	Antes	Después	MP1	MP3	MP2
E1	Nivel II: Evaluación	Nivel II: Planeación	Transmisión	Figura	Curvas
E2	Nivel II: Planeación	Nivel III	Material		Transmisión
E3	Nivel I	Nivel II: Planeación	Material	Figura	Curvas
E4	Nivel I	Nivel II: Planeación	Curvas		Transmisión
E5	Nivel II: Evaluación	Nivel IV	Transmisión	Curvas	Curvas
E6	Nivel III	Nivel IV	Material	Figura	Material
E7	Nivel II: Planeación	Nivel II: Planeación	Material	Material	Material
E8	Nivel II: Planeación	Nivel II: Evaluación	Material	Transmisión	Material
E9	Nivel II: Planeación	Nivel III	Transmisión	Figura	Material
E10	Nivel III	Nivel III	Curvas	Figura	Curvas

Explicación del significado de los colores en la descripción de la tabla 32.

La tabla anterior muestra la relación entre el avance de los estudiantes en cuanto a la categoría regulación metacognitiva y el cambio en los modelos explicativos sobre el concepto de onda mecánica. Ella no muestra una relación específica entre el avance en cuanto a habilidades de regulación y en los modelos explicativos. Se encuentran estudiantes que avanzaron de nivel tanto en la categoría regulación como en los modelos explicativos (E2, E6), también, otros estudiantes, no avanzaron en cuanto a la regulación y en los modelos mostraron un gran avance (E7, E8). Por otro lado, los estudiantes donde no se establece ninguna relación entre las dos categorías, en algunas avanzaron, en otras permanecieron igual o descendieron de nivel.

Se puede deducir entonces que los avances en los procesos de regulación son independientes al cambio en los modelos explicativos. Sin embargo, del análisis y contrastación de los modelos explicativos antes y después de la intervención se intuye que el incluir actividades que desarrollen la regulación metacognitiva aporta al cambio en los modelos explicativos en cuanto al concepto de onda mecánica. Apoyando lo expresado por Schraw & Moshman (1995) un 60% de las respuestas de los estudiantes se ubican en modelos cercanos a los científicos como se analizó en la sección de análisis de modelos explicativos.

Aunque no se puede establecer una relación directa, pareciera ser que algunos estudiantes mejoraron en sus niveles de regulación y sus modelos explicativos. E implementar una unidad didáctica basada en regulación, incrementa la probabilidad de un cambio positivo en los modelos explicativos sobre el concepto de onda mecánica.

## Conclusiones

El análisis de los resultados y en general todo el proceso de investigación permitió construir las siguientes conclusiones con respecto a la pregunta de investigación: *¿Cuál es el posible aporte de la regulación metacognitiva al cambio en los modelos explicativos del concepto de onda mecánica?* Y a los elementos que la constituyen, se concluye entonces que:

Implementar actividades relacionadas con el desarrollo de la regulación metacognitiva aporta de manera positiva al cambio en los modelos explicativos del concepto de onda mecánica. Después de la intervención didáctica los estudiantes desarrollaron un mayor nivel de comprensión con respecto al concepto. Expresiones que se ubicaban en modelos de curvas que caminan y en figura conocida, describiendo el concepto de onda mecánica sin tener en cuenta criterios científicos, cambiaron a modelos más complejos como lo son transmisión-transferencia y material medio. Se evidencia que los estudiantes relacionan la formación de una onda mecánica con la propagación de una perturbación realizada o no en un medio material, comprenden el hecho que una onda no desplaza partículas de un lugar a otro, sino que estas vibran y después que la onda deja de interactuar vuelven a su lugar inicial, caracterizan los distintos tipos de ondas y no solo se quedan con la “típica” figura (transversal en este caso) y relacionan el sonido con los conceptos de onda mecánica y sus magnitudes características (amplitud, frecuencia, periodo, velocidad).

Aunque no se puede establecer una relación directa entre los cambios (positivos o negativos) en la regulación metacognitiva con los cambios en los modelos explicativos, del análisis y contrastación de los modelos explicativos antes y después de la intervención se intuye que el incluir actividades que desarrollen la regulación metacognitiva aporta al cambio en los modelos explicativos en cuanto al concepto de onda mecánica. Un 60% de las respuestas de los estudiantes se ubican en modelos cercanos a los científicos. Como se analizó en la sección de análisis de modelos explicativos. Sin embargo, se recomienda seguir realizando trabajos que puedan establecer con mayor claridad relaciones entre la regulación metacognitiva y el aprendizaje de conceptos en física.

A pesar de implementado una unidad basada en la regulación, aún persisten dificultades como:

Sobre los modelos explicativos:

- Dificultad la visión de fenómenos ondulatorios en otras manifestaciones que no sean cuerdas
- Falta identificación de ondas longitudinales. Pérez y Esper (2005)

Sobre la regulación metacognitiva:

- El plan no presenta tareas de: actividad, observación, medición, registro y análisis.
- Dificultades en la verificación y el replanteamiento del plan diseñado.
- Las actividades de monitoreo de los estudiantes se limitan a detectar dificultades asociadas al ambiente físico y a la realización del experimento.
- Los estudiantes no apoyan su éxito en la tarea en la elaboración y supervisión de la planeación, sino en la solución de la pregunta orientadora o en criterios emotivo-afectivos, sensación de éxito. Tamayo (2006)

El implementar actividades enfocadas en la regulación metacognitiva aporta a la construcción de habilidades cognitivas en los estudiantes. A continuación se describen los hallazgos relacionados con las habilidades de planeación, monitoreo y evaluación.

La efectividad de los procesos realizados antes, durante y después de una tarea específica requieren coherencia entre el plan inicial, el monitoreo realizado y los resultados expuestos por los estudiantes. De hecho, los procesos de planeación, monitoreo y evaluación cobran sentido al ser llevados a la práctica, no solamente al responder preguntas orientadas a indagar sobre estas habilidades.

La sensación de éxito que no solamente se evidencia en la evaluación al final del proceso como lo plantean algunos autores (Buitrago y García, 2012), sino que durante la ejecución los estudiantes creen que están realizando bien las tareas y por ello no realizan procesos de control y monitoreo adecuados. Se deben tener en cuenta los estudiantes que realizaron planes elaborados

de nivel III y VI que respondían de manera ambigua a la pregunta orientadora, no realizan seguimiento al plan diseñado. Mostrando que se puede presentar casos en que los estudiantes que demuestran un nivel mayor en cuanto a la planeación, descuidan los procesos de monitoreo realizados durante la ejecución del plan.

Calderón, Osorio y Rendón (2017) y Marti (1995) plantean que las acciones de monitoreo llevan al estudiante a modificar y buscar estrategias alternativas en el caso de que las seleccionadas anteriormente no sean eficaces. Apoyando a los autores, en este trabajo se muestra que, estudiantes que presentan monitoreo centrado en las dificultades y no monitoreo adecuado, por más que detecten dificultades relacionadas con uno de los pasos planeados en la etapa de planeación (*hacer dibujo, divertirme, terminar exitosamente el experimento, usar la aplicación del celular*), no proponen los cambios pertinentes al plan inicial en el momento de monitoreo, es decir, no demuestran verificación de las tareas planteadas y con ello no realiza un replanteamiento de la estrategia.

Con respecto a lo planteado por Tamayo, Zona y Loaiza (2017) *“En la medida en que las personas conozcan de manera más detallada sus procesos de pensamiento y de acción podrán de manera más efectiva monitorear y evaluar sus desempeños”*. Queriendo decir que los procesos de planeación están ligados a los de monitoreo y evaluación. Apoyando a los autores, se puede afirmar que los estudiantes que construyeron planes de tipo elaborados, desarrollaron procesos de monitoreo y evaluación de manera efectiva. Realizan seguimiento a la estrategia planteada y la mayoría evalúan en términos de eficacia las actividades planteadas. Aunque se deben tener en cuenta que en los procesos de evaluación juegan aspectos emocionales como la falta de seguridad con respecto a los proceso de planeación. Por ello, en ocasiones estudiantes que planean de manera efectiva no realizan buenos procesos de evaluación.

## **Recomendaciones**

Incluir el desarrollo de la regulación metacognitiva como uno de los pilares de los planes de estudio de física de educación secundaria. Esto llevará a conocer a profundidad los procesos de aprendizaje de los estudiantes y a mejorar la enseñanza de las ciencias.

A nivel metodológico, se recomienda desarrollar un estudio de caso, donde se evidencie de manera comprensiva el aporte y en general, el papel de la regulación metacognitiva en el cambio en los modelos explicativos del concepto de onda mecánica, estudiados en la presente investigación.

Ampliar los estudios sobre las distintas relaciones entre la regulación metacognitiva y el aprendizaje de los conceptos en física en general. La literatura sobre el tema específico es muy reducida, se carecen de referentes de investigación que permitan, además de desarrollar un trabajo sólido, el diseño de instrumentos confiables para la medición de la regulación metacognitiva.

Continuar en el desarrollo de investigaciones donde se puedan establecer distintas relaciones entre la regulación metacognitiva y el cambio en los modelos explicativos, contribuyendo al diseño de instrumentos de investigación confiables, llevando a resultados que corroboren o no los hallazgos de la presente investigación y formando un cuerpo teórico sobre el tema.

## Referencias bibliográficas

- Bravo, S., Pesa, M. A., & Caballero, M. C. C. (2009). Representaciones de alumnos universitarios sobre propagación de ondas mecánicas. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 27(3), 405-420.
- Brown, A. (1987). Metacognition, executive control, self-regulation and other more mysterious mechanisms. In: Weinert, F. E. and Kluwe, R., *Metacognition, motivation and understanding*. Lawrence Erlbaum Associates, publishers: London.
- Brown, A. L., and Palincsar, A. S. (1989). Guided, cooperative learning and individual knowledge acquisition. In Resnick, L. B. (ed.), *Knowing and Learning: Essays in Honor of Robert Glaser*, Erlbaum, Hillsdale, NJ, pp. 393–451.
- Brown, D.A., & Sullivan, A, P. (1987) Enhancing Instructional Time Through Attention to Metacognition. *Journal of Learning Disabilities*, 20 (2),
- Buitrago Molina, S. M., & García Castro, L. I. (2012). Procesos de regulación metacognitiva en la resolución de problemas matemáticos.
- Buron J (1993). Enseñar a aprender: introducción a la metacognición. *Revista interuniversitaria de formación del profesorado*, (17), 165. <https://es.scribd.com/doc/50545470/Buron-Ensenar-a-aprender-Introduccion-a-la-metacognicion>
- Cadavid Alzate, V. (2014). Relaciones entre la metacognición y el pensamiento viso-espacial en el aprendizaje de la estereoquímica. Universidad Autónoma de Manizales, Colombia
- Calderón Lindarte, L. K., Osorio López, X., & Rendón Monsalve, S. M. (2017). Estrategias de regulación metacognitiva en entornos virtuales de aprendizaje.

- Campanario, M. (2009). El desarrollo de la metacognición en el aprendizaje de las ciencias: estrategias para el profesor y actividades orientadas al alumno. Colección Digital Eudoxus, (8).
- Chadwick (1985) estrategias cognitivas, metacognición y el uso de los microcomputadores en la educación. PLANIUC.
- Cross, D. R., and Paris, S. G. (1988). Developmental and instructional analyses of children's metacognition and reading comprehension. *J. Educ. Psychol.* 80: 131–142.
- Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry. *American psychologist*, 34, 906-911.
- Flavell, J.H (1987). Speculation About Nature and Development of Metacognition. En Weinert, F. E.; Kluwe, R. H. *Metacognition, Motivation and Understanding*. Hillsdale, New Jersey.
- Folgueira. (2009). Métodos y técnicas de recogida y análisis de la información. Disponible en [http://www.fvet.uba.ar/postgrado/especialidad/power\\_taller.pdf](http://www.fvet.uba.ar/postgrado/especialidad/power_taller.pdf) (Recuperado el 20 de junio de 2015)
- González, F. E. (1996). Acerca de la metacognición. *Paradigma*, 14(1y2), 109-135. <http://revistas.upel.edu.ve/index.php/paradigma/article/view/5295/2753>
- Gunstone, R. F. and Mitchell, I.J. (1998). Metacognition and conceptual change. In: Mintzes, Wandersee and Novak (Eds.). *Teaching Science for Understanding*. Academic press: California.
- Kapa, E. (2002). A metacognitive support during the process of problem solving in a computerized environment. *Educational Studies in Mathematics* , 317-336.
- Kuhn, D. (2000). Metacognitive Development. *American Psychologist*, 9 (5), pp. 178-181.

- López Aymes, G. (2012). Pensamiento crítico en el aula. *Docencia e Investigación*, Año XXXVII Enero/Diciembre, ISSN: 1133-9926 / e-ISSN: 2340-2725, Número 22, pp. 41-60
- Macías, A., SOLIVERES, M., & Maturano, C. (1998). Análisis de los procesos cognitivos y de la regulación que utilizan los alumnos en la comprensión de textos de física. *Revista Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 79-90.
- Martí, E. (1995). *Infancia y aprendizaje. Metacognición: Entre la fascinación y el desencanto*. Barcelona. 72. 9-32.
- Mateos, M. (2001). *Metacognición y Educación* (7th ed.). Colección dirigida por Mario Carretero. Buenos Aires: AIQUE.
- Monereo, C. (1995) ENSEÑAR A CONCIENCIA ¿Hacia una didáctica metacognitiva? *Aula de innovación educativa*, 34, pp. 74-80.
- Osses Bustingorry, S., & Jaramillo Mora, S. (2008). Metacognición: un camino para aprender a aprender. *Estudios pedagógicos (Valdivia)*, 34(1), 187-197.
- Pacca, J. L., & Utges, G. (1999). Modelos de onda no senso comum: as analogias como ferramenta de pensamento. *Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 2.
- Pérez Carmona, M. Y Esper, Libia (2005) ALGUNOS PROBLEMAS EN LA CONCEPTUALIZACIÓN DE ONDAS MECÁNICAS. Facultad de Ciencias Naturales e I.M.Lillo. U.N.T. Argentina. Facultad Regional Tucumán. U.T.N. Argentina.
- Sampieri, R. H., Fernandez-Collado, C. F., Lucio, P. B., & Baptista Pérez, M. D. L. L. C. (1998). *Metodología de la investigación* (Vol. 1). México: Mcgraw-hill.

- Sánchez-Castaño, J. A., Castaño-Mejía, O. Y. & Tamayo-Alzate, O. E. (2015). La argumentación metacognitiva en el aula de ciencias. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud*, 13 (2), pp. 1153-1168.
- Sanmartí Puig, N. (2009). La evaluación vista como un proceso de autorregulación. *Nuevas funciones de la evaluación*, 93123.
- Schraw, G., & Moshman, D. (1995). Metacognitive theories. *Educational psychology review*, 7(4), 351-371.
- Sierra, L. (2016). La presentación "Percy Sámuel Yábar Miranda PUNO – PERÚ 2007 Universidad Nacional del Altiplano. Facultad De Ciencias de la Educación. Ms.c. Percy S. Yábar Miranda". <http://slideplayer.es/slide/12049>
- Swanson, L.H (1990) 'Influence of metacognitive knowledge and aptitude on problem solving', *Journal of Educational Psychology* 82, 306–314.
- Tamayo A. Óscar (2013). *MODELOS Y MODELIZACIÓN EN LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS* Universidad de Caldas. Universidad Autónoma de Manizales. ix congreso internacional sobre investigación en didáctica de las ciencias.
- Tamayo Alzate, Ó. E. (2014). Pensamiento crítico dominio-específico en la didáctica de las ciencias. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (36), 25-46.
- Tamayo Alzate, Ó. E., Vasco Uribe, C. E., Suárez De la Torre, M. M., Quiceno Valencia, C. H., García Castro, L. I., & Giraldo Osorio, A. M. (2013). La clase multimodal y la formación y evolución de conceptos científicos a través del uso de tecnologías de la información y la comunicación.
- Tamayo, Zona y Loaiza (2017). La metacognición como constituyente del pensamiento crítico en el aula de ciencias. *TED: Tecné, Episteme y Didaxis*.

Tamayo O. E. (2013). Modelos y modelización en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas, (Extra), 3484-3487.

Tamayo, A. O. (2006). Los bordes de la pedagogía: del modelo a la ruptura. La metacognición y los modelos para la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Universidad Pedagógica Nacional. Primera edición. Pp. 275 -306.

Orrego, Tamayo & Ruiz (2016). Unidades didácticas para la enseñanza de las ciencias. Colección Estudios Sociales y Empresariales. Manizales: UAM.

Utges y Pacca (2002). La enseñanza y aprendizaje de conceptos complejos. En busca de referentes teóricos para comprender las dificultades de los estudiantes en la comprensión del concepto de onda. Memorias del VI Simposio de Investigadores en Enseñanza de la Física. Corrientes. Argentina.

Utges, G. Y Pacca, J. (1998). O que é uma onda. Un estudo sistemático do conceito procurando subsidios para o ensino, Memorias del V Encontro de Pesquisa em Ensino da Física, Florianópolis.

Utges, G. y Welti, R. (2000) Dificultades en el Aprendizaje de las Ondas, Facultad de Ciencias Exactas e Ingeniería, Universidad Nacional de Rosario. [http://www.ccpems.exactas.uba.ar/CDs/CDEnergia/II/contents/didactica/reflexion/ideas\\_alumnos211/ideas\\_home.htm](http://www.ccpems.exactas.uba.ar/CDs/CDEnergia/II/contents/didactica/reflexion/ideas_alumnos211/ideas_home.htm)

Utges, G., & Pacca, J. (1999). MODELOS DE ONDA NO SENSO COMUM: A CONTRIBUIÇÃO DE UMA ANÁLISE ESTATÍSTICA.

Vera Tapias, A. (2012). Explorando las ondas: una propuesta didáctica para la enseñanza-aprendizaje de algunos conceptos básicos del movimiento ondulatorio/Exploring the waves: a

didactic offer for the education-learning of some basic concepts of the wave movement (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia).

Wolti, R. (2002). Concepciones de estudiantes y profesores acerca de la energía de las ondas. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(2), pp. 261-270.

Z. Hrepic, D. A. Zollman, and N. J. Robello (2010). Identifying students' mental models of sound propagation: The role of conceptual blending in understanding conceptual change, *Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res.* 6, 020114.

Z. Hrepic, D. A. Zollman, and N. J. Robello (2010). Identifying students' mental models of sound propagation: The role of conceptual blending in understanding conceptual change, *Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res.* 6, 020114.

# Anexos

## Anexo 1: Instrumento de ideas previas



**LICEO CAMPESTRE DE LAS AMÉRICAS**  
**“HACIA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA COMUNIDAD EDUCATIVA EXCELENTE, HUMANA Y**  
**COMPETENTE PARA UNA BUENA OBRA”**

*“Instruye al niño en su camino, Y aun cuando fuere viejo no se apartará de él”*  
*Proverbios 22:6*

### INSTRUMENTO DE IDEAS PREVIAS

Nombre y apellidos: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

*En este instrumento no existen respuestas correctas o incorrectas, solamente se desea conocer las estrategias que utilizas para realizar una tarea o para resolver problemas y las ideas que tienes sobre algunos conceptos físicos. Por favor lee con atención cada pregunta, piensa en ti mismo y responde de acuerdo a lo que creas que es correcto, siéntete libre de dibujar, escribir, rayar, trazar e imaginar. Exprésate con libertad.*

1. Explica detalladamente que crees que sucede en el agua de un lago cuando lanzas una piedra.

---

---

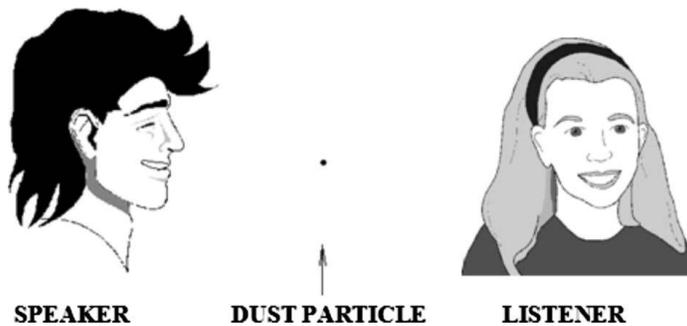
---

---

- A. A una distancia del lugar de impacto de la piedra se encuentra flotando un corcho, describe su movimiento.

Realiza uno o más dibujos que representen la situación

2. Se tiene la siguiente situación: Dos personas como se muestra en la imagen, uno de ellos está hablando y el otro le escucha, trata de describir de la manera más detallada posible como crees que el sonido se propaga en esta situación, siéntete libre de imaginar, dibujar y escribir.



Extraída de Hrepic, Zollman y Robello (2010)

---

---

A. Describe ¿Qué crees que pasaría con la partícula de polvo que se encuentra entre las personas?

---



---

B. ¿Cuál crees que es el propósito de estas preguntas?

---



---

C. ¿Pensaste en un plan antes de responder las preguntas anteriores? Sí \_\_\_ No \_\_\_

Descríbelo:

Paso A: \_\_\_\_\_

Paso B: \_\_\_\_\_

Paso C: \_\_\_\_\_

Paso D: \_\_\_\_\_

D. ¿Consideras que el plan funcionó bien? Sí \_\_\_\_ No \_\_\_\_

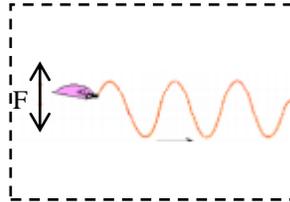
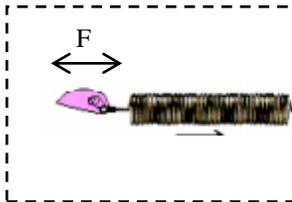
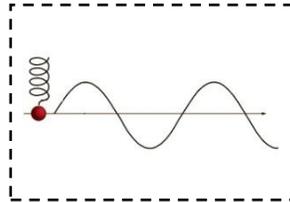
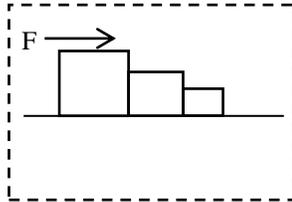
Porque: \_\_\_\_\_

---



---

3. Describe lo que crees que está sucediendo en cada imagen mostrada y luego escribe las semejanzas y diferencias que existen entre cada una:



A. ¿Consideras que es claro el ejercicio propuesto? Sí \_\_\_ No \_\_\_ ¿Porque?

---



---

DESCRIPCIONES: \_\_\_\_\_

---



---



---



---

B. Porque crees que las descripciones y las relaciones que propusiste son acertadas:

---



---

4. Completa la tabla expresando si tuviste o no dificultades en cada pregunta:

Pregunta	¿Tuviste dificultad para responder?		Porque
	Si	No	
0	x		<i>Justificar la respuesta: Porque considera que tuvo o no dificultades en la pregunta</i>
1			
1 A			
2			
2 A			
3			

A. ¿Qué hiciste para superar esas dificultades u obstáculos?

---



---



---



---

### ACTIVIDAD EXPERIMENTAL

#### Materiales

- 5 botellas de vidrio idénticas
- Una cuchara
- Agua
- Instrumento musical o afinador celular, tonos.

La siguiente actividad es una propuesta que consta de 4 momentos distintos, los cuales deben ser descritos de la manera más detallada que pueda.

#### Momento 1

Preguntas orientadoras:

#### **¿Cómo afecta el nivel del agua en la botella al sonido producido al golpearla?**

*¿Puedes construir un instrumento musical con los materiales que posees? ¿Cómo lo harías?  
¿Cómo explicarías su funcionamiento?*

¿Crees que puedes resolver las preguntas propuestas? Sí \_\_\_ No \_\_\_ ¿Por qué?

---



---

¿Cuál crees que es el propósito que se busca con la actividad?

---



---

**Momento 2  
Planeación**

Elabore un plan donde resuelva la situación problema:  
(Tenga en cuenta las preguntas orientadoras)

Paso A: \_\_\_\_\_  
Paso B: \_\_\_\_\_  
Paso C: \_\_\_\_\_  
Paso D: \_\_\_\_\_

**Momento 3  
Ejecución**

Mientras llevé a cabo el plan: Resalte o señale los pasos de la planeación que va ejecutando, realice cambios en los verbos del plan, en el orden de los pasos. (si lo considera necesario)  
Escriba las dificultades que encuentra, en el plan, en cuanto al experimento y las acciones que toma para superar esas dificultades, que cambios realiza sobre el plan inicial.

Dificultades	Acciones de superación

Cambios que realiza al plan inicial: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Momento 4  
Evaluación**

Porque crees que el procedimiento seguido es acertado para resolver la situación expuesta

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Describe el proceso seguido para resolver la pregunta planteada:

Paso A: \_\_\_\_\_  
Paso B: \_\_\_\_\_  
Paso C: \_\_\_\_\_  
Paso D: \_\_\_\_\_

Establece unas Conclusiones con respecto a la práctica realizada:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## Anexo 2: Unidad didáctica

### ESQUEMA GLOBAL DE LA UNIDAD DIDÁCTICA

#### OBJETIVOS DE LA UNIDAD DIDÁCTICA:

- Promover la comprensión del concepto de ONDA MECÁNICA y sus posibles relaciones con otros fenómenos físicos.
- Potenciar el desarrollo de la regulación metacognitiva en los procesos de aprendizaje realizados por los estudiantes.

#### ESQUEMA

ORGANIZACIÓN LÓGICA DE LOS CONTENIDOS	TIPO DE ACTIVIDADES A REALIZAR
<p><b>Semana 1</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <b>Concepto a trabajar:</b> Onda mecánica</li> <li>✓ <b>Objetivo de la clase:</b> Indagar sobre los modelos explicativos que poseen los estudiantes sobre el concepto de onda mecánica y el desarrollo de habilidades metacognitivas antes de la intervención en el aula.</li> <li>✓ <b>Número de horas semanales:</b> 3 Horas</li> <li>✓ <b>Tipo de Evaluación:</b> Cuestionario, Actividad experimental.</li> <li>✓ <b>Modelo explicativo vinculado:</b> Todos.</li> </ul>	<p><b>Actividad didáctica:</b></p> <p>Aplicación del instrumento de ideas previas:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Cuestionario:</i> Preguntas de tipo cognitivo (concepto de onda mecánica) y metacognitivo.</li> <li>2. <i>Actividad experimental:</i> Se enfrenta al estudiante ante una pregunta orientadora y él usando sus habilidades de regulación metacognitiva resuelve la pregunta de manera experimental y analítica.</li> </ol>
<p><b>Semana 2</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <b>Concepto a trabajar:</b> Epistemología e historia del concepto de onda.</li> <li>✓ <b>Objetivo de la clase:</b> Identificar los principales elementos históricos que intervienen en la formación del concepto de onda mecánica e integrarlo con procesos de conciencia y conocimiento metacognitivo.</li> <li>✓ <b>Número de horas semanales:</b> 2 Horas</li> <li>✓ <b>Tipo de Evaluación:</b> Cuestionario.</li> <li>✓ <b>Modelo explicativo vinculado:</b> Todos.</li> <li>✓ <b>Categoría:</b> Conciencia y conocimiento.</li> </ul>	<p><b>Actividad didáctica:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Lectura:</i> Historia de las ONDAS. Explicación docente sobre las diferentes concepciones que han existido a través de la historia del concepto de onda (usa un mapa conceptual) y Reflexión sobre el propósito con el que se están estudiando las diferentes concepciones. (Conciencia metacognitiva).</li> <li>2. <i>Cuestionario:</i> incluye preguntas de tipo metacognitivo y múltiples lenguajes.</li> <li>3. Elaboración de un diario para cada sesión donde se responden las preguntas:          ¿Qué hemos aprendido? (Objetivo)          ¿Cómo lo hemos aprendido? (Procedimiento)          ¿Qué es lo que no he acabado de aprender? (Dificultades)          ¿Qué tendría que hacer para mejorar?</li> </ol>
<p><b>Semana 3</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <b>Concepto a trabajar:</b> Movimiento Armónico Simple (MAS).</li> <li>✓ <b>Objetivo de la clase:</b> Describir los</li> </ul>	<p><b>Actividad didáctica:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Exploración página web-mapa conceptual:</i> Los estudiantes deben extraer las ideas principales y hacer un mapa conceptual donde</li> </ol>

<p>conceptos que intervienen en el MAS y evidenciarlos experimentalmente aplicando procesos de regulación metacognitiva.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <b>Número de horas semanales:</b> 8 Horas</li> <li>✓ <b>Tipo de Evaluación:</b> Actividad experimental: resolución de pregunta orientadora.</li> <li>✓ <b>Modelo explicativo vinculado:</b> figura conocida, curvas que caminan, repetición.</li> <li>✓ <b>Categoría:</b> Regulación.</li> </ul>	<p>sintetice los conceptos concernientes al MAS.</p> <p>2. <i>Explicación del docente:</i> Usando una <i>actividad experimental demostrativa</i> el docente explica los principales conceptos del MAS y realiza una modelación de la aplicación de la regulación metacognitiva a procesos experimentales.</p> <p>3. <i>Actividad experimental grupal:</i> Los estudiantes realizan la actividad integrando la regulación metacognitiva a la solución de una pregunta generadora por medio de la experimentación</p>
<p><b>Semana 4</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <b>Concepto a trabajar:</b> Concepto de onda mecánica (Relación espacio-tiempo)</li> <li>✓ <b>Objetivo de la clase:</b> Determinar los parámetros que intervienen en el movimiento ondulatorio, aplicando una actividad interactiva y procesos de regulación metacognitiva.</li> <li>✓ <b>Número de horas semanales:</b> 4 Horas</li> <li>✓ <b>Tipo de Evaluación:</b> Actividades de autoevaluación, Cuestionario</li> <li>✓ <b>Modelo explicativo vinculado:</b> Figura, Trasmisión-transferencia, curvas. material-medio.</li> <li>✓ <b>Categoría:</b> Conciencia y conocimiento.</li> </ul>	<p><b>Actividad didáctica:</b></p> <p><b>Parte 1</b></p> <p>1. <i>Actividad en casa:</i> Los estudiantes responden a 4 preguntas de tipo conceptual y describen el plan que usaron para resolver cada pregunta, durante la clase, se realiza una actividad de reflexión de manera cooperativa y la socialización de esta.</p> <p><b>Parte 2</b></p> <p>2. <i>Actividad interactiva online sobre Ondas:</i> Los estudiantes con la asesoría del docente explorar un recurso interactivo donde se visualizan los parámetros que intervienen en el movimiento ondulatorio, además, con la participación de la clase, se realizan las actividades allí descritas y se desarrolla las actividades de evaluación.</p> <p>2. <i>Actividad escrita,</i> Actividades de autoevaluación</p>
<p><b>Semana 5</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <b>Concepto a trabajar:</b> Concepto de onda: Tipos, Sonido.</li> <li>✓ <b>Objetivo de la clase:</b> Comprender el concepto de onda relacionándolo con sus tipos y con diferentes contextos, ejercitando la metacognición en los procesos de aprendizaje.</li> <li>✓ <b>Número de horas semanales:</b> 4 Horas</li> <li>✓ <b>Tipo de Evaluación:</b> Cuestionario y actividad experimental.</li> <li>✓ <b>Modelo explicativo vinculado:</b> Fuente, repetición, material-medio.</li> <li>✓ <b>Categoría:</b> Todas.</li> </ul>	<p><b>Actividad didáctica:</b></p> <p>1. <i>Análisis de imágenes:</i> video y animaciones: Los estudiantes deben identificar las características de las ondas longitudinales y transversales a través de imágenes y videos sobre ellas, además determina las características del sonido como onda y su implicaciones en el concepto de onda. Se socializa el análisis de las imágenes y videos y se describe a la luz de la teoría científica.</p> <p>2. <i>Mapa conceptual-cuestionario:</i> Los estudiantes realizan un mapa conceptual sobre las temáticas vistas durante las últimas semana donde sintetizan los conceptos tratados: MAS, Ondas, Sonido. Luego se realiza una actividad experimental individual de resolución de</p>

	<p>pregunta orientadora donde se ejercitarán habilidades metacognitivas.</p> <p>3. <i>Discusión</i>: sobre las diferencias, similitudes, alcances y limitaciones de los conceptos de Onda, MAS, Movimiento de los cuerpos.</p>
<p><b>Semana 6</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <b>Concepto a trabajar:</b> Onda mecánica</li> <li>✓ <b>Objetivo de la clase:</b> Indagar sobre los modelos explicativos que poseen los estudiantes sobre el concepto de onda mecánica y el desarrollo de habilidades metacognitivas después de la intervención en el aula.</li> <li>✓ <b>Número de horas semanales:</b> 3 Horas</li> <li>✓ <b>Tipo de Evaluación:</b></li> <li>✓ Cuestionario, Actividad experimental, entrevista.</li> <li>✓ <b>Modelo explicativo vinculado:</b> Todos.</li> </ul>	<p><b>Actividad didáctica:</b></p> <p>Aplicación del instrumento de ideas previas:</p> <p>1. <i>Cuestionario</i>: Preguntas de tipo cognitivo (concepto de onda) y metacognitivo.</p> <p>2. <i>Actividad experimental</i>: Se enfrenta al estudiante ante una pregunta orientadora y él usando sus habilidades de regulación metacognitiva resuelve la pregunta de manera experimental y analítica.</p> <p>3. <i>Entrevista</i>.</p>

### Anexo 3. Actividad de Reflexión en torno al concepto de onda mecánica.

#### SEMANA 4

#### Parte 2

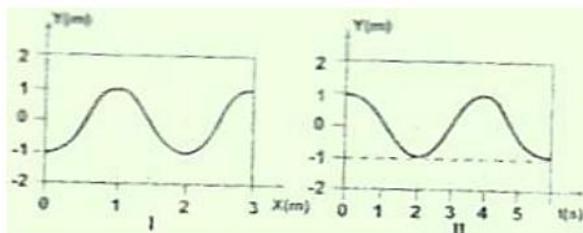
El docente realiza durante la sesión la siguiente presentación:

[http://concurso.cnice.mec.es/cnice2005/56\\_ondas/ondas.swf](http://concurso.cnice.mec.es/cnice2005/56_ondas/ondas.swf)

Los estudiantes deben visitar la página e identificar los conceptos principales.

<https://www.fiscalab.com/apartado/que-son-las-ondas#contenidos>

1. ¿Qué cree que el profesor quería lograr con la presentación del concepto de onda? Explique.
2. ¿Qué ideas surgieron al entender el concepto de onda? Descríbalas.
3. ¿Qué hizo usted para llegar a los conocimientos que ahora tiene sobre el concepto de onda?  
¿Qué piensa ahora de esos conocimientos?
4. Dibuje y explique la diferencia entre Ondas longitudinales y ondas transversales. Mecánicas y Electromagnéticas, Unidimensionales, bidimensionales y tridimensionales.
5. ¿Cuál cree que es el propósito de este ejercicio? (4)
6. ¿Pensó en un plan antes de resolver el ejercicio? (4)  
Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ ¿Cuál fue?  
\_\_\_\_\_
7. ¿Considera que el plan funcionó bien? Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_  
¿Por qué? \_\_\_\_\_
8. Seleccione la opción con la cual esté más de acuerdo  
\_\_\_\_ Estoy seguro / segura que el proceso seguido es el correcto  
\_\_\_\_ Considero que el proceso hecho es incorrecto  
\_\_\_\_ No sé si el proceso que hice es correcto o incorrecto
9. Ondas de agua en un lago viajan 4,4 m en 1,8 s. El periodo de oscilación es de 1,2 s. a) ¿Cuál es la rapidez de las ondas?, b) ¿cuál es la longitud de onda de las ondas?
10. Felipe estaba jugando a la culebrita con una cuerda realizando pulsaciones de manera repetida. La siguiente gráfica representa la relación entre la onda realizada y la distancia y el tiempo del movimiento:



- Determine: la amplitud, la longitud, la frecuencia y la velocidad de la onda.
11. Un cuerpo describe movimiento armónico simple, de acuerdo con la siguiente expresión:  $x = 4 \text{ cm} \cos \left( \frac{3\pi}{2} t \right)$ 
    - Determinar los parámetros que caracterizan el movimiento.

Cuadro de reflexión:

Orrego, Tamayo & Ruiz (2016). Unidades didácticas para la enseñanza de las ciencias.

Universidad Autónoma de Manizales.

NOMBRE:

Preguntas/Planteamientos	Determinar los parámetros que caracterizan el movimiento de una onda mecánica. (9)	Determinar los parámetros que caracterizan el movimiento de una onda mecánica. (10)	Determinar los parámetros que caracterizan el movimiento de un cuerpo que se mueve con MAS (11)
¿Qué debo hacer?			
En el desarrollo del proceso, ¿Qué Hice mal?			
Valoración de tu trabajo: lo sé bien, lo sé regular, no lo sé			
¿Qué creo que me faltó para que mi desempeño fuera mejor?			

## **Anexo 4. Actividad de lectura historia y epistemología del concepto de onda.**

### **SEMANA 2**

#### LECTURA: HISTORIA DE LAS ONDAS

Gran parte del conocimiento actual del movimiento ondulatorio proviene del estudio acústico. Los antiguos filósofos griegos, muchos de los cuales estaban interesados en la música, tenían la hipótesis que había una conexión entre ondas y sonidos, y que las vibraciones, o alteraciones, debían ser las responsables de los sonidos. Pitágoras observó, 550 A. C que cuando los hilos vibraban producían sonido, y determinó la relación matemática entre las longitudes de los hilos que creaban tonos armoniosos. Las teorías científicas de la propagación de las ondas cobraron gran importancia en el siglo XVII, cuando Galileo Galilei (1564-1642) publicó una clara proclamación sobre la conexión entre los cuerpos que vibran y los sonidos que producen estudio con detenimiento este fenómeno, Para ello se ayudó de un péndulo, aparato que consta de un hilo y de una esfera u otro cuerpo que está suspendido de él y oscila libremente. Con sus experimentos Galileo descubrió los principios básicos del Movimiento Armónico Simple. Robert Boyle, en un clásico experimento de 1660, probó que el sonido no puede viajar a través del vacío, con lo cual se infiere que este necesariamente deberá propagarse por un medio (el aire) y en forma de onda. Isaac Newton publicó una descripción matemática sobre cómo el sonido viaja en su recorrido. En el siglo 18, el matemático y científico Francés Jean Le Rond d'Alembert derivó la ecuación de la onda, una completa y general descripción matemática de las ondas. Esta ecuación constituyó la base para las siguientes generaciones de científicos que estudiaron y describieron el fenómeno de las ondas.

El físico holandés Christian Huygens (1629-1695) dedicó sus esfuerzos a elaborar una teoría ondulatoria acerca de la naturaleza de la luz que con el tiempo vendría a ser la gran rival de la teoría corpuscular de su contemporáneo Newton.

En aquella época se conocían también un buen número de fenómenos característicos de las ondas que contribuyeron a los científicos para la realización de variadas e importantes investigaciones. Por ejemplo en un comienzo se pensaba que para que fuera posible su propagación debía existir un medio material que hiciera de soporte de las mismas. Así, el aire era el soporte de las ondas sonoras y el agua el de las ondas producidas en la superficie de un lago, estas serían las actualmente conocidas como ondas mecánicas. Después Huygens supuso que todo objeto luminoso produce perturbaciones en el éter, al igual que un silbato en el aire o una piedra en el agua, las cuales dan lugar a ondulaciones regulares que se propagan a su través en todas las direcciones del espacio en forma de ondas esféricas, este descubrimiento sería la base para la definición actual de onda electromagnética como la forma de propagación de la radiación electromagnética a través del espacio.

#### **LAS ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS**

EN 1888, el profesor Rudolf Hertz, que trabajaba en la Universidad de Kiel, hizo saltar chispas a voluntad en un pequeño aro de alambre con un intersticio al colocarlo cerca de un circuito eléctrico oscilante, en el cual también podía producir chispas. La corriente variable en el circuito oscilante daba origen a campos eléctricos y magnéticos que se propagaban y luego eran detectados en el aro: así fueron descubiertas las "ondas hertzianas" que no eran otras que las ondas electromagnéticas predichas poco antes por Maxwell. En Italia se demostró, no mucho tiempo después del trabajo de Hertz, que estas ondas se reflejaban, se refractaban, podían polarizarse y sufrir interferencia, de la misma manera que la luz. Maxwell lo afirma: "Es difícil no inferir que la luz consista de oscilaciones transversas del mismo medio que es la causa de los fenómenos eléctricos y magnéticos." Aunque para Maxwell este medio es el éter, sabemos ahora que las ondas electromagnéticas pueden propagarse en el vacío y el éter resulta innecesario.

Cuando Hertz hacía saltar chispas en su aro, en realidad forzaba grandes aceleraciones sobre algunas cargas eléctricas. De acuerdo a la teoría electromagnética, esto genera impulsos que viajan con la velocidad de la luz. En otras palabras, una carga eléctrica acelerada genera una onda electromagnética. En particular, si la carga da vueltas alrededor de un centro con una cierta frecuencia, las "ondas que emite tienen esa misma frecuencia. La carga, al radiar energía electromagnética, consume parte de su energía mecánica.

### CUESTIONARIO

1. Subraye cada una de las explicaciones que a lo largo de la historia se le ha dado al concepto de onda.
2. ¿Qué pensó al encontrar las explicaciones que se han dado sobre el concepto de onda? Describa lo que pensó.
3. Haga mapa mental en el cual represente cada una de las teorías por las que pasó el concepto de onda.
4. Al elaborar el mapa. ¿Qué ideas pasaron por su mente?, escríbalas.
5. ¿Pensó en otra forma de hacer el mapa antes de decidirse por el que realizó? ¿Sí o no?, ¿por qué?
6. ¿Consideras es clara la actividad planteada en el ejercicio anterior? Sí\_\_ No\_\_ ¿Por qué?
7. ¿Cuál cree que es la intención de la actividad propuesta?

### SOCIALIZACIÓN

Junto con el docente se socializan las respuestas dadas por los estudiantes. Se resalta la importancia de saber con qué intención se realizan las actividades o que intención tiene la pregunta realizada y como este saber influye en el aprendizaje del concepto o fenómeno evaluado.

## Anexo 5. Diario de clase

### DIARIO DE CLASE

¿Qué hemos aprendido? (Objetivo)	¿Cómo lo hemos aprendido? (Procedimiento)
¿Qué es lo que no he acabado de aprender? (Dificultades)	¿Qué tendría que hacer para mejorar?

## Anexo 6. Actividad experimental grupal

### ACTIVIDAD EXPERIMENTAL “PERIODO DE UN PÉNDULO”

#### Materiales

- 10 tuercas de diferentes tamaños
- 5 metros de hilo
- Tijeras
- Soporte de metal o madera (trozo de 20cm)
- Cinta de enmascarar

La siguiente actividad es una propuesta que consta de 4 momentos distintos, los cuales deben ser descritos de la manera más detallada que pueda.

#### Momento 1

Objetivo de la actividad: \_\_\_\_\_

Pregunta orientadora:

**¿De qué factores depende el período de oscilación del péndulo? ¿Dependerá de la amplitud de las oscilaciones, del tamaño de la tuerca o de la longitud del hilo?**

¿Crees que puedes resolver las preguntas propuestas? Sí \_\_\_ No \_\_\_ ¿Por qué?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

¿Cuál crees que es el propósito que se busca con la actividad?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

#### Momento 2 Planeación

Elabore un plan donde resuelva la situación problema:  
(Tenga en cuenta las preguntas orientadoras)

Paso A: \_\_\_\_\_

Paso B: \_\_\_\_\_

Paso C: \_\_\_\_\_

Paso D: \_\_\_\_\_

#### Momento 3 Ejecución

Mientras llevó a cabo el plan: Resalte o señale los pasos de la planeación que va ejecutando, realice cambios en los verbos del plan, en el orden de los pasos. (si lo considera necesario)  
Escriba las dificultades que encuentra, en el plan, en cuanto al experimento y las acciones que toma para superar esas dificultades, que cambios realiza sobre el plan inicial.

Dificultades	Acciones de superación
--------------	------------------------

--	--

Cambios que realiza al plan inicial:

---

---

---

**Momento 4**  
**Evaluación**

Porque crees que el procedimiento seguido es acertado para resolver la situación expuesta

---

---

---

---

Describe el proceso seguido para resolver la pregunta planteada:

Paso A: \_\_\_\_\_  
Paso B: \_\_\_\_\_  
Paso C: \_\_\_\_\_  
Paso D: \_\_\_\_\_

Establece unas Conclusiones con respecto a la práctica realizada:

---

---

---

---

## Anexo 7. Mapa conceptual-Cuestionario

### SEMANA 3

#### (Sesión 1)

#### TAREA

Los estudiantes deben explorar la siguiente página de internet, extraer los conceptos básicos que se encuentran allí sobre el movimiento Armónico simple. LINK: <https://www.fiscalab.com/apartado/concepto-oscilador-armonico#contenidos>

Se Socializan los mapas conceptuales:

#### **Reflexión con respecto al mapa conceptual:**

- ¿Cómo he elaborado el mapa conceptual?
- Lo he hecho bien
- No sé si lo he hecho bien
- No sé hacerlo
- No he escrito los conectores o me he equivocado
- No he jerarquizado bien los conceptos
- No he interrelacionado conceptos del mismo nivel
- No he puesto ejemplos

¿Qué debería hacer para mejorarlo?

#### **Reflexión con respecto a los conceptos tratados:**

Palabra	Amplitud	Elongación	Periodo	Frecuencia
Concepto				
1. lo sé, 2. Lo sé regular, 3. No lo sé.				
¿Qué creo que me faltó para que mi desempeño fuera mejor?				
¿Qué estrategia voy a usar para mejorar?				

- *Diligenciar el diario de clase*

### Anexo 8. Análisis por estudiantes categoría regulación durante la intervención

Estudiante	Planeación	Monitoreo	Evaluación
E1	Para el punto 9 el estudiante realiza un plan de 5 pasos, identifica las magnitudes que intervienen en la resolución de la situación problema, las tareas son coherentes con la actividad planteada, presenta un orden lógico de esas tareas. Es un plan que se puede considerar como elaborado. El estudiante ejecuta todos los pasos menos el numeral 5.	En cuanto a los procesos de monitoreo, no muestra el seguimiento al plan elaborado (subrayar, hacer un “chulo”). El estudiante presenta dificultades en el uso de unidades de medida de longitudes de onda y no las detecta ni en los procesos de monitoreo ni evaluación.	Se evaluó como “lo sé bien” lo cual se puede considerar como una evaluación asertiva teniendo en cuenta que desarrolla el ejercicio siguiendo la mayoría de pasos planeados y desarrollando el ejercicio planteado. Las estrategias planteadas por el estudiante no se relacionan con las dificultades.
E2	El estudiante no realiza un plan coherente, se limita a describir los conocimientos conceptuales que debe tener en cuenta para resolver la situación problema. Posiblemente el estudiante no comprendió la actividad y escribió lo que creyó que estaba correcto.	Se evidencia que el estudiante realiza procesos de monitoreo y evaluación con respecto al desarrollo de los ejercicios planteados, pero no relacionándolos con el plan realizado (no realizó plan coherente). Al expresar que no tuvo errores en el proceso de resolución de la situación y valorar su trabajo con un “lo sé bien” tiene toda la razón si se realiza con respecto a los procesos de resolución del ejercicio, pero no con respecto a la elaboración y seguimiento de un plan.	
E3	El plan no responde a la pregunta planteada. No enumera pasos, ni identifica las variables que están implicadas en la resolución de la pregunta, pero resuelve de manera correcta las preguntas. Evidencia que a pesar de poseer el conocimiento para resolver los ejercicios, no planea, monitorea y evalúa de manera coherente con el desarrollo de los ejercicios. El monitoreo y la evaluación lo realiza con respecto al ejercicio planteado sin tener en cuenta los procesos de planeación. Valora su trabajo como “regular” pero resuelve de manera correcta el ejercicio planteado, seguramente presenta dudas en los conocimientos concernientes a los parámetros físicos que describe una onda.		
E4	El estudiante realiza planes que responden de manera ambigua a la pregunta planteada. No enumera los pasos a realizar, solo escribe separado por “comas” las acciones que debe tomar, son planes de tipo sencillo, no elaborados.	Realiza un buen proceso de monitoreo, escribe las dificultades que se le presentan, es consciente de que debe repasar más, que faltan algunos detalles por pulir en el desarrollo de las preguntas planteadas. Plantea estrategias basadas en la memorización de conceptos.	Evalúa expresando “ <i>Lo se bien, pero tengo que repasar mas</i> ” la estudiante resolvió el ejercicio sin tener en cuenta aspectos relacionados con las unidades de medida de las magnitudes físicas.
E5	El estudiante diseña un plan que responden de manera asertiva a la pregunta planteada, consta de 5 pasos específicos de tareas a resolver que aportan a la identificación de variables y resolución de la situación problema. El paso 1 no fue ejecutado por el estudiante, en el desarrollo del ejercicio no se evidencian los datos que arroja el	En cuanto a los procesos de monitoreo, no muestra el seguimiento al plan elaborado (subrayar, hacer un “chulo”).	Se evaluó como “lo sé bien” lo cual se puede considerar como una evaluación asertiva teniendo en cuenta que desarrolla el ejercicio siguiendo la mayoría de pasos planeados y desarrollando el ejercicio planteado. Las estrategias planteadas por el estudiante no se relacionan con las dificultades

	problema, se limita a resolver el ejercicio.		
E6	El estudiante diseña un plan que responden de manera asertiva a la pregunta planteada, consta de 5 pasos específicos de tareas a resolver que aportan a la identificación de variables y resolución de la situación problema. Incluye pasos de reflexión sobre lo que se le pide en la pregunta. El estudiante ejecuta el plan que diseñó y resuelve de manera asertiva el ejercicio planteado.	Aunque resuelve el ejercicio, el plan diseñado se considera como elaborado y responde a la pregunta, valora su trabajo con un <i>“lo sé regular”</i> expresando como dificultad el no identificar bien las ecuaciones. Seguramente antes de realizar el proceso final, había resuelto el ejercicio pero con las dificultades que plantea y luego lo corrigió.	
E7	El estudiante realiza planes que responden de manera ambigua a la pregunta planteada. Aunque enumera los pasos a realizar, estos son de tipo general, no describe tareas específicas a realizar. Son planes de tipo sencillo, no elaborados. El estudiante resuelve el ejercicio de manera general, expresando las ecuaciones y operaciones matemáticas, sin realizar un análisis del mismo en cuestión de datos y conceptos físicos presentes.	En los procesos de monitoreo y evaluación, el estudiante expresa dudas que tuvo al momento de resolver el ejercicio, se puede suponer que estas corresponden a la poca estructura que presentan los planes diseñados. El estudiante es consciente de las dificultades presentadas al momento de resolver, pero no plantea estrategias asertivas con respecto al mejoramiento de estos aspectos.	
E8	El estudiante diseña un plan de 4 pasos, pero incluye tareas que debe realizar antes de la ejecución del plan, como prestar atención a las indicaciones y concentración durante las explicaciones. En cuanto al plan para resolver el ejercicio, presenta pasos de tipo general, no especifica las tareas a realizar para resolver el problema. Se puede considerar como un plan sencillo que en términos generales no responde a la situación problema planteada.	Realiza un proceso de monitoreo asertivo, expresando las debilidades que presentó al resolver el ejercicio y diseñando estrategias para mejorar su desempeño, se valoró con un <i>“lo sé regular”</i> se puede suponer que se debe a las dificultades en la atención en clase y el replanteamiento del plan diseñado aunque resolvió de manera efectiva el ejercicio. ó de manera efectiva el ejercicio.	
E9	La estudiante realizó la actividad del cuadro después de responder las preguntas.		
E10	Es un plan sencillo, no responde a la pregunta problema, incluye pasos de orden general como <i>“pensar e investigar”</i> sin especificar la tarea a realizar. No identifica magnitudes implicadas en la solución de la situación problema.	El proceso de monitoreo que realiza el estudiante se relaciona con el plan diseñado por el mismo, no ejecutó uno de los pasos que planteó y el estudiante lo expresó en las dificultades presentadas.	