

Enl@ce: Revista Venezolana de Información,  
Tecnología y Conocimiento  
ISSN: 1690-7515  
Depósito legal pp 200402ZU1624  
Año 10: No. 3, Septiembre-Diciembre 2013, pp. 115-132

Cómo citar el artículo (Normas APA):  
Delgado, M., Arrieta, X. y Meleán, R. (2013). Esquemas cognitivos sobre difracción de ondas mecánicas de estudiantes universitarios. *Enl@ce Revista Venezolana de Información, Tecnología y Conocimiento*, 10 (3), 115-132.

# Esquemas cognitivos sobre difracción de ondas mecánicas de estudiantes universitarios

*Mercedes Delgado*<sup>1</sup>  
*Xiomara Arrieta*<sup>2</sup>  
*Ramón Meleán*<sup>3</sup>

## Resumen

En el campo de la enseñanza de las ciencias existe preocupación manifestada por docentes, con respecto a las dificultades presentadas por un alto número de alumnos en la comprensión de conceptos científicos. Se fundamenta esta investigación en la teoría de los campos conceptuales propuesta por Vergnaud (1983). Su objetivo, es analizar los esquemas utilizados por los estudiantes universitarios en la resolución de situaciones problemáticas sobre difracción de ondas mecánicas antes de la enseñanza formal. Para tal fin, se emplearon dos instrumentos, un cuestionario y una entrevista semiestructurada, para examinar las metas y anticipaciones, reglas de acción, posibilidades de inferencia y los invariantes operatorios utilizados. Se presentan los resultados de una investigación cualitativa de casos múltiple, tipo interpretativo, donde se utilizó la selección gradual como principio de muestreo con el tipo de muestra de máxima variación, aplicada en estudiantes de la mención Matemática y Física, Universidad del Zulia. Como resultado, se destaca que los estudiantes presentan homogeneidad en la utilización de esquemas para la resolución de la situación problemática analizada, los cuales en su mayoría son medianamente adecuados de acuerdo al baremo establecido, situación que deja de manifiesto las pocas posibilidades para encontrar una solución correcta al problema. Se concluye, que los estudiantes usan esquemas cognitivos insuficientes, poco acordes con el conocimiento científico para enfrentarse a esta situación u otras similares, mostrando que tienen escaso dominio conceptual sobre el tema. Este análisis servirá para la formulación de estrategias didácticas que permitan la construcción de conceptos científicos por parte de estudiantes.

**Palabras clave:** esquemas cognitivos, difracción de ondas mecánicas, teoría de los campos conceptuales, física, educación universitaria.

Recibido: 22/2/13 Devuelto para revisión 19/9/13 Aceptado: 15/10/13

<sup>1</sup>Universidad del Zulia. Facultad de Humanidades y Educación. Centro de Estudios Matemáticos y Físicos. Venezuela  
Correo electrónico: merdelgon@yahoo.es

<sup>2</sup>Universidad del Zulia. Facultad de Humanidades y Educación. Centro de Estudios Matemáticos y Físicos. Venezuela  
Correo electrónico: xarrieta2410@yahoo.com,

<sup>3</sup>Ministerio del Poder Popular para la Educación. Centro de Estudios Matemáticos y Físicos. Venezuela.  
Correo electrónico: rmeleanr@hotmail.com

# Cognitive Schemas About Mechanical Waves Diffraction University Students

## Abstract

In the field of science education there is concern expressed by teachers regarding the difficulties presented by a high number of students in understanding scientific concepts. This research is based on the theory of conceptual fields proposed by Vergnaud (1983). Its goal is to analyze the schemes used by college students in resolving problem situations on mechanical waves diffraction before formal education. To this end, two instruments, a questionnaire and a semistructured interview were used to examine the goals and anticipations, rules of action, possibility of inference and operational invariants used. The results of a qualitative study of multiple cases, interpretative, where the principle of gradual selection sampling was used with the type of maximum variation sample, applied to students of mathematics and physics references University of Zulia are presented. As a result, we emphasize that students have consistency in the use of schemes for the resolution of the problem situation analyzed, which are mostly moderately suitable according to the scale set a situation which demonstrates the limited possibilities to find a solution correct the problem. We conclude that students use little cognitive schemas chords insufficient scientific knowledge to deal with this situation or similar, showing that they have little conceptual mastery over the subject. This analysis will help formulating teaching strategies that allow the construction of scientific concepts by students.

**Key words:** Cognitive schemas, Diffraction of mechanical waves, Theories of conceptual fields, Physics, University education.

## Introducción

Para la comprensión del mundo moderno en constante desarrollo tecnológico, es necesario tener conocimientos de física, la cual es una de las ciencias naturales que más ha contribuido con el progreso de la humanidad. El reto de la educación científica, es formar personas altamente preparadas para adaptarse a los procesos de transformación de la sociedad. De aquí, se deriva la importancia de tener conocimientos sólidos y afianzados en la estructura cognoscitiva. Pero desafortunadamente, la mayoría de los estudiantes consideran la física como una asig-

natura compleja, abstracta, difícil y árida. Esta opinión se mantiene a lo largo de los cursos de educación media y no cambia esencialmente durante la trayectoria de algunas carreras universitarias.

Sánchez (2002) expresa que uno de los problemas presentados por el estudiantado es la dificultad para analizar. García (2004) a su vez opina que cuando el aprendiz se enfrenta a un problema, lo lee superficialmente, sin profundizar. En cambio, suele centrar su atención en detectar el tipo de problema, con el fin de aplicar de manera mecánica e indiscriminada las ecuaciones suministradas en clase.

De igual forma, Hewitt (2004), menciona que el uso excesivo del lenguaje matemático en física desanima al estudiante. En general, sus ecuaciones se utilizan como recetas para resolver problemas algebraicamente.

Esta investigación, tiene su origen en la observación a partir de la praxis educativa donde se evidencia la dificultad que implica para los estudiantes de la mención Matemática y Física, Escuela de Educación - Universidad del Zulia, la comprensión de los conceptos relacionados con la difracción de ondas mecánicas, siendo el conocimiento de este tema de importancia para la enseñanza y aprendizaje de la física, ya que mediante éste, es posible la determinación de redes cristalinas de ciertas sustancias, medidas de longitudes de onda y análisis espectrales. Entendiendo la difracción como el fenómeno físico, en virtud del cual una onda modifica su dirección de propagación al encontrarse con obstáculos o aberturas cuyo ancho es igual o menor a su longitud de onda (Hewitt, 2004).

En el campo de la enseñanza de las ciencias, se ha trabajado en la investigación de los mecanismos, mediante la cual los estudiantes conceptualizan. Al mismo tiempo, crece la preocupación de los docentes por las dificultades que presentan los estudiantes con respecto a la comprensión de los conceptos científicos. Tal como dice, Moreira (2008) sin conceptos no hay comprensión, ni desarrollo cognitivo, sin embargo han sido ignorados y subestimados en la educación científica del siglo XX.

De acuerdo a lo descrito, se ha enmarcado esta investigación en la teoría de los campos conceptuales propuesta por Vergnaud (1983), la cual representa un intento por develar elementos de los esquemas utilizados por los estudiantes en la

resolución de situaciones problemáticas. La idea base de esta teoría, es que la actividad del sujeto en situación es el eje central del desarrollo cognitivo de tal forma que para dar origen a la construcción de nuevos esquemas, se debe enfrentar a los alumnos a situaciones retadoras (Vergnaud, 1990).

En esta investigación, se aplicó un cuestionario con once situaciones problemáticas presentadas como problemas cualitativos, sin embargo para este artículo sólo se escogió una de ellas, específicamente la relacionada con la difracción de las ondas mecánicas debido a la relevancia del tema por sus aplicaciones en el desarrollo científico y tecnológico. Según Pozo y col. (1995:22) los problemas cualitativos son definidos como “problemas abiertos en los que se debe predecir o explicar un hecho, analizar situaciones cotidianas y científicas e interpretarlas a partir de los conocimientos personales y/o del marco conceptual que proporciona la ciencia”.

Según Vergnaud (1983), los esquemas de un individuo tienen una estructura compleja, integrada por las metas y anticipaciones, reglas de acción, invariantes operatorios y posibilidades de inferencia, siendo su núcleo fundamental los invariantes operatorios, los cuales orientan la selección, búsqueda y control de la información relevante para así inferir la meta, seleccionar variables y organizar el proceso a seguir, están compuestos por los conceptos-en-acción y teoremas-en-acción, y por lo general los estudiantes no son capaces de expresarlos, permaneciendo tácitos en el proceso de construcción de conocimientos.

A partir de esta premisa, el profesor se convierte en mediador educativo, ayuda a hacer

explícitos los conocimientos inmersos en la estructura cognitiva del alumno, para posteriormente guiarlo en la construcción de conceptos y teoremas científicamente aceptados, lo cual sería determinante en orden a conseguir aprendizajes de máxima calidad.

De esto se deriva, la importancia de conocer los esquemas de los educandos antes de comenzar con la enseñanza formal, lo cual conlleva a la necesidad de su descripción, investigación, análisis y documentación. Por tal motivo, la presente investigación analiza los esquemas cognitivos que utilizan los estudiantes en la resolución de una situación problemática sobre la difracción de ondas mecánicas.

## **Metodología**

La investigación desarrollada en el presente artículo es cualitativa, como un estudio de casos múltiple, tipo interpretativo y de campo. Se diseñó en dos etapas o fases. A continuación se

describe cada una:

a) Primera etapa: aplicación del cuestionario CEPRE, con once situaciones problemáticas presentadas como problemas cualitativos, se selecciona el tema difracción de ondas mecánicas según se describe a continuación:

Situación problemática sobre difracción de ondas mecánicas, del Cuestionario CEPRE.

Juan está golpeando con una regla la superficie del agua contenida en un envase, de esta manera él produce ondas planas, las ondas se propagan hasta encontrarse con un trozo de madera que actúa como obstáculo, ¿cuál de las figuras crees sería la correcta cuando los frentes de onda consiguen el obstáculo? (las figuras son fotografías de la imagen reflejada en el piso)



Justifica tu respuesta: \_\_\_\_\_

Instrumento aplicado a 43 alumnos cursantes de la asignatura Física y Laboratorio II, mención Matemática y Física, Facultad de Humanidades y Educación de la Universidad del Zulia, durante el II período del año 2012.

- b) Segunda etapa: recogida de datos mediante una entrevista semiestructurada, ver tabla 1. Se utilizó la selección gradual como principio de muestreo, con el tipo de muestra de máxima variación, la cual sólo integra algunos casos, aquellos que sean lo más diferentes posible con la finalidad de revelar la amplitud de variación y la diferenciación en el campo (Flick, 2004). Basado en este autor, se tomó como muestra para esta fase de la investigación,

10 estudiantes a los cuales se les aplicó la entrevista, apoyado en el criterio de la repetencia; esto es, se seleccionaron 5 que habían repetido la asignatura Física y Laboratorio I y 5 que no habían repetido.

### Mecanismo para determinar los esquemas

Los esquemas utilizados por los estudiantes, se evidenciaron a través de cuatro dimensiones: metas y anticipaciones, reglas de acción, invariantes operatorios y posibilidades de inferencia, las cuales son consideradas por Vergnaud (1990) como los ingredientes de los esquemas. Con base en las fases y preguntas descritas por Lejter de Bascones (2002) se elaboró el guión de la entrevista individualizada que se realizó a los estudiantes, según se evidencia en la tabla 1.

**Tabla 1**  
**Guión de la entrevista para el análisis de los esquemas**

Dimensiones	Indicadores	Guión de la entrevista semiestructurada
Metas y anticipaciones	1. Focalizar el problema 2. Reconocer datos o condiciones explícitas o tácitas 3. Reconocer las incógnitas 4. Identificar el área de conocimiento pertinente	1. ¿Cuál es el contexto de la situación? 2. ¿Qué datos o condiciones proporciona? 3. ¿Cuál es la pregunta realizada? 4. ¿Cuál es tema asociado?
Reglas de acción	1. Delimitar el problema 2. Explicar el proceso para obtener la solución 3. Resolver el problema de otra manera o dar una solución alternativa	5. ¿Cómo obtuviste la solución? 6. ¿Por qué escogiste esa alternativa de respuesta y no otra? 7. ¿Cómo lo explicarías de otra manera?
Invariantes operatorios	1. Teoremas-en-acción en acuerdo con el conocimiento científico 2. Conceptos-en-acción pertinentes con el conocimiento científico	Los conceptos en acción y teoremas en acción serán extraídos de la grabación de la entrevista y de las respuestas dadas a la situación.
Posibilidades de inferencia	1. Evaluar los resultados obtenidos 2. Inferir o deducir los resultados 3. Generalizar y reconocer problemas similares a partir de los resultados	8. ¿Crees que la respuesta seleccionada es correcta? 9. ¿Crees que la respuesta que diste es pertinente científicamente? 10. ¿Existirán nuevas situaciones que surgen a partir de la solución de esta situación?, Explica

Fuente: elaboración propia

## **Proceso de codificación, categorización y análisis de esquemas de comprensión de los estudiantes**

Para tal efecto, se determinó cada una de las dimensiones e indicadores, con la ayuda de la entrevista realizada individualmente a los participantes del estudio, de acuerdo con lo indicado en tabla 1. A cada estudiante, le fue asignado un código para mantener oculta su identidad, el mismo consistió en una F acompañada de II (dos en números romanos) seguida de un número que comenzó en 01 y terminó en 10 (FII01,..., FII10).

El procedimiento seguido para el análisis de las entrevistas fue el siguiente:

1. se procedió con la transcripción de las entrevistas. Los textos se fragmentaron en episodios, donde cada uno correspondió a las preguntas realizadas, posteriormente se analizó los ingredientes de los esquemas usados de acuerdo a las respuestas suministradas.

2. cada uno de los indicadores de las metas y anticipaciones, reglas de acción y posibilidades de inferencia, se codificaron como se muestra en la tabla 2.

**Tabla 2**  
**Codificación de respuestas de entrevista**

	Bien	Mal	No responde
Código	3	2	1

Fuente: elaboración propia

3. en general los ingredientes de los esquemas se codificaron en función del baremo presentado en la tabla 3.

**Tabla 3**  
**Baremo de codificación de ingredientes de esquemas**

Ingrediente del esquema	Código	Explicación
Metas y anticipaciones	Adecuadas	Si responde bien 3 o 4 preguntas
	Medianamente adecuadas	Si responde bien 2 preguntas
	Inadecuadas	Si responde bien 1 pregunta o no responde ninguna
Reglas de acción	Adecuadas	Si responde bien 2 o 3 preguntas
	Medianamente adecuadas	Si responde bien 1 pregunta
	Inadecuadas	Si no responde bien ninguna pregunta, o no responde ninguna
Posibilidades de inferencia	Adecuadas	Si responde bien 2 o 3 preguntas
	Medianamente adecuadas	Si responde bien 1 pregunta
	Inadecuadas	Si no responde bien ninguna pregunta, o no responde ninguna

Fuente: elaboración propia

4. cada episodio se dividió en unidades de análisis, las cuales son las respuestas obtenidas de las preguntas inherentes a la entrevista, estas corresponden a oraciones o grupos de oraciones, donde se identifican los invariantes operatorios (IO), esto es los conceptos-en-acción (c-e-a) y teoremas-en-acción (t-e-a) utilizados por los estudiantes, los cuales se infirieron del discurso. Se consideraron c-e-a a aquellos términos surgidos y con los cuales se expresaban proposiciones, estas últimas supuestas como t-e-a.

5. los c-e-a y los t-e-a, fueron codificados de la siguiente manera de acuerdo con la relación del conocimiento científico pertinente al tema:

- a) adecuados: IO consistentes con los significados aceptados por la ciencia para los conceptos, características y propiedades de la difracción de ondas mecánicas.
- b) medianamente adecuados: IO cercanos a los conceptos, características y propiedades de este tema.
- c) Inadecuados: IO que no son consistentes con los significados aceptados por la ciencia para los conceptos, características y propiedades de este tema.

6. se establecieron tres categorías no excluyentes para el análisis de los IO en

concordancia a las explicaciones emitidas y su relación con el contenido del tema estudiado:

- a) explicaciones basadas en la fuerza (EBF). Son aquellas, donde se hace referencia a este concepto para explicar la solución.
- b) explicaciones basadas en el obstáculo (EBO). Constituyen las respuestas que ponen énfasis en el obstáculo y características de este, en el cual chocan las ondas.
- c) explicaciones basadas en la energía (EBE). Concebidas como aquellas donde se utiliza este concepto para justificar la solución.

## Resultados

Se describen los ingredientes de los esquemas previos utilizados por los estudiantes para resolver la situación problemática presentada.

## Metas y anticipaciones (MYA)

En la tabla 4, se muestran las respuestas emitidas por los estudiantes en función de las preguntas de la entrevista, con relación a sus metas y anticipaciones.

**Tabla 4**  
**Metas y anticipaciones de estudiantes en la situación problemática**

Entrevistados	Contexto de la situación	Datos o condiciones proporcionadas	Pregunta realizada	Tema asociado a la situación
FIIo1	Un envase de agua	Que están golpeándolo con una regla y que produce ondas	¿Cuál de las figuras crees sería la correcta cuando los frentes de ondas consiguen el obstáculo?	Imagino que dispersión de ondas, que pasa al chocar, no se

Fuente: elaboración propia

**Tabla 4**  
**Metas y anticipaciones de estudiantes en la situación problemática**

Entrevistados	Contexto de la situación	Datos o condiciones proporcionadas	Pregunta realizada	Tema asociado a la situación
FII02	Dice que Juan está golpeando con una regla la superficie del agua contenida en un envase, se producen ondas planas que se propagan hasta encontrarse con un trozo de madera, el trozo de madera actúa como obstáculo	Bueno sería un envase con agua, dentro un trozo de madera que actúa como obstáculo y se producen ondas con una regla, ondas planas	¿Cuál de las figuras crees que sería la correcta cuando los frentes de onda consiguen el obstáculo?	Como habla de ondas, yo diría que también es ondas mecánicas
FII03	Se están generando pulsos en un medio acuoso	Un trozo de madera que está en el agua y está fijo, no se mueve y una persona que va generando frente a este obstáculo ondas que se van propagando	¿Cuál de las figuras crees que sería la correcta cuando los frentes de onda consiguen el obstáculo?	Ondas mecánicas
FII04	(Lee el problema hasta antes de la interrogante)	Las ondas planas y la propagación hasta el trozo de madera que actúa como un obstáculo	¿Cuál de las figuras crees que sería la correcta cuando los frentes de onda consiguen el obstáculo?	Lo volví a relacionar con el tema de ondas
FII05	El agua contenida en un envase	La regla, que se producen ondas planas, hay un trozo de madera que actúa como obstáculo	¿Cuál de las figuras crees que sería la correcta cuando los frentes de onda consiguen el obstáculo?	Ondas mecánicas
FII06	Agua contenida en un envase	El envase con agua y el trozo de madera que actúa como obstáculo	¿Cuál de las figuras crees que sería la correcta cuando los frentes de onda consiguen el obstáculo?	Ondas
FII07	Un envase	El envase con agua y el trozo de madera que actúa como obstáculo	¿Cuál de las figuras crees que sería la correcta cuando los frentes de onda consiguen el obstáculo?	No sé muy bien pero yo digo que es ondas
FII08	Un recipiente, una superficie de agua que está dentro de un envase y dentro de ella un trozo de madera, bueno en sí un envase de agua con una persona golpeándola	(Lee el problema hasta antes de la pregunta)	Me muestran cuatro figuras y me preguntan ¿Cuál de las figuras crees que sería la correcta cuando los frentes de onda consiguen el obstáculo?	La propagación de ondas planas

Fuente: elaboración propia



**Tabla 4. Cont...**

Entrevistados	Contexto de la situación	Datos o condiciones proporcionadas	Pregunta realizada	Tema asociado a la situación
FII09	Juan está golpeando con una regla la superficie del agua en un envase	Primero que Juan está golpeando el agua y me dice que está formando ondas planas	¿Cuál de las figuras crees que sería la correcta cuando los frentes de onda consiguen el obstáculo?	Ondas
FII10	Se dice que se está golpeando con una regla la superficie del agua contenida en un envase	Que se producen ondas planas en un envase con agua, dentro hay un trozo de madera	¿Cuál de las figuras crees que sería la correcta cuando los frentes de onda consiguen el obstáculo?	Serian las ondas en el agua

Fuente: elaboración propia

Los resultados codificados de las respuestas emitidas, se muestran en la tabla 5.

**Tabla 5**

**Respuestas codificadas de las MYA en la situación problemática**

Estudiantes	Interrogante 1	Interrogante 2	Interrogante 3	Interrogante 4	MYA
FII01	3	2	3	2	Med. adec
FII02	2	3	3	2	Med. adec
FII03	2	2	3	2	Inadecuadas
FII04	2	3	3	2	Med. adec
FII05	2	3	3	2	Med. adec
FII06	2	2	3	2	Inadecuadas
FII07	2	2	3	2	Inadecuadas
FII08	3	2	3	2	Med. adec
FII09	2	2	3	2	Inadecuadas
FII10	2	3	3	2	Med. adec

Fuente: elaboración propia

Se puede observar, según los resultados presentados en la tabla 5, que la mayoría de los estudiantes utilizan metas y anticipaciones medianamente adecuadas, lo cual presentan inconvenientes para la focalización e identificación del área de conocimiento pertinente, sin embargo todos reconocieron la incógnita de forma adecuada.

**Reglas de acción (RA)**

A continuación, en la tabla 6 se presentan las respuestas a través de las cuales, se describen y analizan las reglas de acción de los alumnos participantes.

**Tabla 6**  
**Reglas de acción de estudiantes en la situación problemática**

Entrevistados	¿Cómo obtuviste la solución?	¿Por qué escogiste esa alternativa de respuesta y no otra?	¿Cómo lo explicarías de otra manera?
FII01	Es la opción b, porque a mi pensar la... onda se va propagando por como la estaban golpeando así... como olas, paralelas, así, pero al conseguir un objeto que choca, con el chocan, por lo menos la mitad, por la parte donde no chocó siguen igual, aunque se va desviando ese movimiento para cubrir lo que bloqueó el objeto	La a no es, porque la onda no se va a detener ahí, va a seguir por el pedacito donde no hay obstáculo, la c y la d, no creo que la onda vuelva a tomar el mismo camino, en la c por lo menos y la d son casi la misma, no vuelven a tomar el mismo camino que seguían sino la parte que no..., que obstaculizó el objeto va a quedar un poco vacía y esto lo va a cubrir es la onda	Las ondas se propagan normalmente hasta conseguir un obstáculo, de igual forma continúan donde el obstáculo no la pudo detener y estas se van propagando nuevamente por toda el agua. De otra manera que..., que el obstáculo va a detener la onda por un lado y la otra se va a propagar de igual forma y va a llenar ese espacio que dejó vacío
FII02	Vi las imágenes y me pareció la más correcta la b	Porque si dice que hay un trozo de madera actuando como un obstáculo, para mí la más correcta fue la b porque en la a no se ve bien pero lo que me imagino que es cuando las ondas chocan con el obstáculo se pierden totalmente; en la c siguen igual las ondas y en la d siguen igual pero con menos intensidad o fuerza; en cambio la b si me parece la correcta porque... por donde no está el obstáculo las ondas siguen igual pero en la parte del obstáculo si pierde algo las ondas, algo como fuerza o intensidad no se decir	No tendría otra manera
FII03	La b, porque el trozo de madera no permite que las ondas se propaguen de una forma continua ya que ésta absorbe la energía que estas llevan, todo movimiento es producido y este lleva consigo energía	Porque las demás me parecían incorrectas, porque en la a, se muestra el diagrama y el trozo de madera no cubre todo el envase, la c, me parece mucho más ilógica, porque las ondas siguen pasando como si el trozo de madera no existiera y la d, creo que pasa igual que en la c, pero aquí la onda perdió un poco de intensidad, pero me parece ilógico que pase completamente. La b si me parece que es la correcta porque la onda choca aquí con el objeto y no pasa pero tiene otra parte que se va propagando	No puedo explicarlo de otra manera

Fuente: elaboración propia

**Tabla 6. Cont...**

Entrevistados	¿Cómo obtuviste la solución?	¿Por qué escogiste esa alternativa de respuesta y no otra?	¿Cómo lo explicarías de otra manera?
FII04	La seleccioné según la figura, la opción b	Porque en la a me muestra que al llegar las ondas al trozo de madera, me muestra que las ondas no se siguen propagando, en la c se siguen propagando igual y en la d también, pero seleccioné la d porque pienso que ellas se siguen propagando pero en la parte donde está el obstáculo ya las ondas ahí como quien dice desaparecen pues	Es la única manera que tengo de explicarlo
FII05	No seleccioné ninguna, pero ahora que lo veo bien, seleccionaré la b, porque el obstáculo está aquí (señala la hoja) la ondas siguen en la parte donde no está el obstáculo y separan donde no está el obstáculo	Porque pienso yo que es así como dije	Que entre mayor sea el obstáculo se pueden parar las ondas y si es menor solamente se pararían donde estuviese el obstáculo
FII06	La b, porque las ondas al encontrarse con el obstáculo lo iban como a evadir y tomarían su curso normal	La a no es porque desaparecen las ondas después del obstáculo, en la c siguen normal como si nada y me parece que si está el obstáculo algo le debe ocurrir, igual en la d	Es la única manera que conozco
FII07	La b, y fue por imaginación también, yo me imaginé en la lluvia, en la calle, cuando coloco mis pies en la carretera y también si coloco un obstáculo y este es superior al agua y si estuviera bien planteado en la superficie, el agua no pasaría por debajo, yo digo que pasaría por el orificio que le quedara a la madera, por el orificio que le queda allí en dicho envase	El a no me sonó mucho porque la onda debería continuar, la c porque pasaría lo que yo diría que las ondas siempre son superficiales, en todo caso no creo que pasan por debajo y la otra no creo porque aquí viene un movimiento diferente y al llegar a la madera viene como que constante	Esta opción se debe a que el obstáculo o trozo de madera impide que las ondas se propaguen indefinidamente como en otras figuras, es la única manera que conozco para explicarlo
FII08	Seleccioné la b, porque si las ondas chocaban con la madera, después de la madera no iban a producirse ondas, se iban a producir en la parte que no había obstáculo y se van a seguir propagando	Porque una decía que no se propagaban más ondas y por el espacio se tenían que seguir propagando, la otra decía que se seguía propagando igual y la otra parece que era con mayor intensidad, entonces por descarte me pareció que era esta	La parte de ondas que golpeó el obstáculo no se siguen expandiendo pero la parte que no lo golpeó si sigue expandiéndose, sólo puedo explicarlo así

Fuente: elaboración propia

**Tabla 6. Cont...**

Entrevistados	¿Cómo obtuviste la solución?	¿Por qué escogiste esa alternativa de respuesta y no otra?	¿Cómo lo explicarías de otra manera?
FII09	La b, consideré que si el obstáculo estaba en cierto punto y él golpeaba con la regla, las ondas iban a seguir su curso por la parte que estaba sin el obstáculo y estas se iban desplazando y ampliado por ese espacio, ya que al chocar con el obstáculo esta pasa por el espacio libre y las ondas se van desplazando y distribuyendo por el envase, es decir ocupando el espacio libre que quedaba en él	La a no es porque se ve que las ondas no siguen por el espacio libre, sino que allí se cortan, la d me dice que sería igual la onda que pasa a la misma que está golpeando Juan con la regla y eso también es falso porque se ve que el obstáculo no afecta y la c dice que ya no entraría, la c sería lo mismo que la b	Es la única manera que conozco
FII10	Seleccioné la alternativa b, para obtener esa solución primero analicé las demás, en la a se ve que el trozo de madera no está obstaculizando toda el agua, entonces en la figura a se ve que las ondas cuando llegan a la madera se pierden, o sea la madera lo obstaculiza todo, pero yo creo que no debería ser así, en la c y la d se ve como si la madera no estuviese perjudicando en nada y yo creo que si perjudicaría porque estaría..., es un obstáculo y debería estar perjudicando el paso de las ondas	YA FUE RESPONDIDA EN LA PREGUNTA ANTERIOR	Yo escribí porque la madera interrumpiría la trayectoria de las ondas pero donde no está la madera las ondas se siguen desplazando, es decir, lo que quise decir es que donde está la madera se iba a interrumpir el desplazamiento, pero donde no está la madera ahí seguirían corriendo porque ahí no hay ningún obstáculo para que se interrumpa. No pudiera explicarlo de otra manera

Fuente: elaboración propia

Con respecto a los resultados codificados, se muestran en la tabla 7.

**Tabla 7**

**Respuestas codificadas de las RA de estudiantes ante la situación problemática**

Estudiantes	Interrogante 1	Interrogante 2	Interrogante 3	RA
FII01	2	2	2	Inadecuadas
FII02	2	2	1	Inadecuadas

Fuente: elaboración propia

**Tabla 7. Cont...**

Estudiantes	Interrogante 1	Interrogante 2	Interrogante 3	RA
FIIo3	2	2	1	Inadecuadas
FIIo4	2	2	1	Inadecuadas
FIIo5	2	2	2	Inadecuadas
FIIo6	2	2	1	Inadecuadas
FIIo7	2	2	1	Inadecuadas
FIIo8	2	2	1	Inadecuadas
FIIo9	2	2	1	Inadecuadas
FIIo10	2	2	1	Inadecuadas

Fuente: elaboración propia

En la tabla 7, se puede evidenciar que los estudiantes objeto de la muestra utilizan reglas de acción inadecuadas para resolver la situación problemática, situación la cual infiere que presentan deficiencias para delimitar el problema, explicar el proceso y dar una solución alternativa.

### **Posibilidades de inferencia (PI)**

Para describir y analizar las posibilidades de inferencia de los estudiantes, se describe en la tabla 8 las respuestas obtenidas.

**Tabla 8**

### **Posibilidades de inferencia de estudiantes en la situación problemática**

Entrevistados	¿Crees que la respuesta seleccionada es correcta?	¿Crees que la respuesta que diste es pertinente científicamente?	¿Existen nuevas situaciones que pueden surgir a partir de ella?
FIIo1	Si	No, falta de basamento teórico	Si, ¿qué pasa si el objeto en vez de estar a un lado está en el centro? ¿Qué pasa con la onda ahí?
FIIo2	Creo que si	No, porque mi respuesta fue muy corta	Si, por ejemplo este..., si no es un trozo de madera sino de cualquier otro material podría cambiar, también depende de la masa del obstáculo, del grosor y de la longitud del obstáculo
FIIo3	Si	No es muy científica	Si, cambiando el objeto, por ejemplo colocando media esfera en el agua
FIIo4	Yo pienso que si	Científicamente en sí yo pienso que no, pero pienso que la justificación está bien, un poco corta pero pienso que está bien	No creo, no se me ocurre ninguna

Fuente: elaboración propia

**Tabla 8. Cont...**

Entrevistados	¿Crees que la respuesta seleccionada es correcta?	¿Crees que la respuesta que diste es pertinente científicamente?	¿Existen nuevas situaciones que pueden surgir a partir de ella?
FII05	Si	Si	Pudiera ser que coloquemos un trozo de madera pero largo, al mismo contexto, que haga esto (señala la hoja), esto que se visualiza aquí
FII06	No estoy segura	No	Sí, ejemplo cuando uno está en una piscina vienen las olas que se forman al moverse una persona o algo y uno tiene un salvavidas, chocan y ellas siguen su curso normal, aquí el obstáculo sería el salvavidas
FII07	Yo pienso que si	No tanto profe	Si, la que dije ahorita de la lluvia, en la calle, cuando coloco mis pies en la carretera y también si coloco un obstáculo y este es superior al agua y si estuviera bien planteado en la superficie, el agua no pasaría por debajo, yo digo que pasaría por el orificio que le quedara a la madera, por el orificio que le queda allí en dicho envase
FII08	Si	Si	Pudiera ser colocar la madera en el medio, si está a mayor distancia o..., no se
FII09	Si	Si	Creo que esa situación es un ejemplo concreto, yo usaría ese mismo
FII10	Creo que si	No creo	Sí, bueno yo me imagino una corriente de agua, puede ser una ola y que esté una lancha atravesada, a lo mejor en donde está la lancha la ola se rompería pero por donde no está pasa, donde no está la lancha atravesada la ola se va a seguir desplazando

Fuente: elaboración propia

Con respecto a los resultados codificados, se muestran en la tabla 9

**Tabla 9**  
**Respuestas codificadas de las PI de estudiantes en la situación problemática**

Estudiantes	Interrogante 1	Interrogante 2	Interrogante 3	PI
FII01	3	3	2	Adecuadas
FII02	3	3	2	Adecuadas
FII03	3	2	2	Med. Adec.
FII04	3	3	1	Adecuadas
FII05	3	3	2	Adecuadas
FII06	3	3	2	Med. Adec.
FII07	3	2	2	Med. Adec.
FII08	3	3	2	Adecuadas
FII09	3	3	1	Adecuadas
FII10	3	3	2	Adecuadas

Fuente: elaboración propia

Los resultados presentados en la tabla 9, permiten observar que la mayoría de los estudiantes de la muestra utilizan las posibilidades de inferencia de forma adecuada, sin embargo es importante destacar que ninguno de ellos pudo formular nuevas situaciones, esto muestra que tienen inconvenientes para generalizar o reconocer problemas similares.

En su mayoría, fueron capaces solamente de evaluar los resultados.

### Invariantes operatorios (IO)

Para la descripción y análisis de los invariantes operatorios (c-e-a y t-e-a) de los estudiantes participantes, se presenta en la tabla 10 los resultados de las respuestas emitidas.

**Tabla 10**  
**Invariantes operatorios de estudiantes**

Entrevistados	c-e-a	Relación entre el conocimiento científico y los c-e-a utilizados	t-e-a	Relación entre el conocimiento científico y los t-e-a utilizados
FIIo1	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ondas</li> <li>✓ Movimiento</li> <li>✓ Propagación</li> </ul>	Med. Adec.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. “La onda se va propagando paralela, pero al conseguir un objeto choca y por la parte donde no chocó siguen igual, aunque se va desviando ese movimiento para cubrir lo que bloqueó el objeto”</li> <li>2. “Las ondas se propagan normalmente hasta conseguir un obstáculo, pero de igual forma continúan donde el obstáculo no la pudo detener”</li> </ol>	Med. Adec.
FIIo2	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ondas mecánicas</li> <li>✓ Fuerza</li> <li>✓ Intensidad</li> </ul>	Inadecuada	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. “Por donde no está el obstáculo las ondas siguen igual pero en la parte del obstáculo se pierde algo como fuerza o intensidad”</li> </ol>	Med. Adec.
FIIo3	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ondas mecánicas</li> <li>✓ Propagación</li> <li>✓ Energía</li> <li>✓ Movimiento</li> </ul>	Med. Adec.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. “La onda choca con el objeto y no pasa pero tiene otra parte que se va propagando”</li> <li>2. “El trozo de madera no permite que las ondas se propaguen de una forma continua ya que ésta absorbe la energía que estas llevan”</li> <li>3. “Todo movimiento es producido y este lleva consigo energía”</li> </ol>	Med. Adec.
FIIo4	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ondas</li> <li>✓ Propagación</li> </ul>	Med. Adec.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. “Las ondas se propagan, pero en la parte donde está el obstáculo las ondas desaparecen”</li> </ol>	Inadecuada

Fuente: elaboración propia

**Tabla 10. Cont...**

Entrevista-dos	c-e-a	Relación entre el conocimiento científico y los c-e-a utilizados	t-e-a	Relación entre el conocimiento científico y los t-e-a utilizados
FII05	✓ Ondas mecánicas	Inadecuada	1. “Las ondas siguen en la parte donde no está el obstáculo y se separan donde no está el obstáculo” 2. “Entre mayor sea el obstáculo se pueden parar las ondas y si es menor solamente se pararían donde estuviese el obstáculo”	Inadecuada
FII06	✓ Ondas mecánicas	Inadecuada	1. “Las ondas al encontrarse con el obstáculo lo evaden y toman su curso normal”	Med. Adec.
FII07	✓ Propagación ✓ Ondas planas	Med. Adec.	1. “El obstáculo impide que las ondas se propaguen indefinidamente”	Inadecuada
FII08	✓ Ondas ✓ Propagación	Med. Adec.	1. “Si las ondas chocan con la madera, después de la madera no van a producirse ondas, se van a producir en la parte que no hay obstáculo y se van a seguir propagando”	Inadecuada
FII09	✓ Ondas ✓ Amplitud ✓ Desplazamiento	Inadecuada	1. “Las ondas van a seguir su curso por la parte sin obstáculo y estas se van desplazando y ampliado por ese espacio”	Med. Adec.
FII10	✓ Ondas mecánicas ✓ Trayectoria ✓ Desplazamiento	Inadecuada	1. “La madera interrumpiría la trayectoria de las ondas pero donde no está la madera las ondas se siguen desplazando”	Med. Adec.

Fuente: elaboración propia

En la tabla 11, se evidencia el resumen de los datos obtenidos por los alumnos con relación a los c-e-a y t-e-a utilizados, los invariantes operatorios y la categorización.

**Tabla 11**  
**Categorías de c-e-a y t-e-a en la situación problemática**

Estudiantes	c-e-a	t-e-a	IO	Categorización
FII01	Med. Adec.	Med. Adec.	Med. Adec.	EBO

Fuente: elaboración propia



**Tabla 11. Cont...**

Estudiantes	c-e-a	t-e-a	IO	Categorización
FII02	Inadecuados	Med. Adec.	Med. Adec.	EBF
FII03	Med. Adec.	Med. Adec.	Med. Adec.	EBE
FII04	Med. Adec.	Inadecuados	Inadecuados	EBO
FII05	Inadecuados	Inadecuados	Inadecuados	EBO
FII06	Inadecuados	Med. Adec.	Med. Adec.	EBO
FII07	Med. Adec.	Inadecuados	Inadecuados	EBO
FII08	Med. Adec.	Inadecuados	Inadecuados	EBO
FII09	Inadecuados	Med. Adec.	Med. Adec.	EBO
FII10	Inadecuados	Med. Adec.	Med. Adec.	EBO

Fuente: elaboración propia

Como se observa en la tabla 11, seis de los estudiantes utilizan invariantes operatorios medianamente adecuados esto es, c-e-a y t-e-a que son cercanos a los significados aceptados por la ciencia para los conceptos, características y propiedades de la difracción de ondas mecánicas, cuatro de ellos los utilizó de manera inadecuada.

Derivado de la observación cualitativa, se tiene que la mayoría de los estudiantes basaron su explicación en el obstáculo y características de este, en el cual chocan las ondas (EBO), uno de ellos

(FII02) apoyó su explicación en el concepto de fuerza (EBF), expresando el siguiente teorema: “por donde no está el obstáculo las ondas siguen igual, pero en la parte del obstáculo se pierde algo como fuerza o intensidad” y otro alumno proporcionó una explicación basada en el concepto de energía (EBE), expresando el siguiente teorema: “el trozo de madera no permite que las ondas se propaguen de una forma continua ya que ésta absorbe la energía que estas llevan”. A manera de síntesis, se presenta la tabla 12 a través de la cual se evidencia cada componente de los esquemas.

**Tabla 12**  
**Esquemas de los estudiantes en la situación problemática planteada**

Estudiantes	MYA	RA	IO	PI	Esquemas
FII01	Med. adec	Inadecuadas	Med. Adec.	Adecuadas	Med. adec
FII02	Med. adec	Inadecuadas	Med. Adec.	Adecuadas	Med. adec
FII03	Inadecuadas	Inadecuadas	Med. Adec.	Med. Adec.	Inadecuados
FII04	Med. adec	Inadecuadas	Inadecuados	Adecuadas	Med. adec
FII05	Med. adec	Inadecuadas	Inadecuados	Adecuadas	Med. adec
FII06	Inadecuadas	Inadecuadas	Med. Adec.	Med. Adec.	Inadecuados
FII07	Inadecuadas	Inadecuadas	Inadecuados	Med. Adec.	Inadecuados
FII08	Med. adec	Inadecuadas	Inadecuados	Adecuadas	Inadecuados
FII09	Inadecuadas	Inadecuadas	Med. Adec.	Adecuadas	Med. Adec.
FII10	Med. adec	Inadecuadas	Med. Adec.	Adecuadas	Med. Adec.

Fuente: elaboración propia

Según se observa en la tabla 12, cuatro de los estudiantes utilizaron un esquema inadecuado para resolver la situación propuesta y seis de ellos usaron un esquema medianamente adecuado.

## Conclusiones

Se pudo evidenciar que los alumnos participantes presentaron uniformidad en cuanto a la utilización de esquemas cognitivos para la resolución de la situación problemática sobre difracción de ondas mecánicas, considerando la estructura de dichos esquemas, es decir las metas y anticipaciones, reglas de acción, invariantes operatorios y posibilidades de inferencia (Vergnaud, 1983), se concluye que ninguno es adecuado con relación al conocimiento aceptado por la ciencia, esto muestra que ellos tienen pocas posibilidades para encontrar una solución correcta a la misma.

Asimismo, los resultados obtenidos reflejan las dificultades de los estudiantes al enfrentar situaciones problemáticas novedosas y retadoras. En todo caso, estos aprendices usan esquemas cognitivos insuficientes y poco acordes al conocimiento científico.

Es importante conocer los esquemas cognitivos de los alumnos antes del proceso de enseñanza formal, ya que pueden funcionar como obstáculos o como precursores en la construcción de conceptos científicos, lo cual conlleva a su análisis, para su posterior consideración al momento de diseñar y establecer actividades educativas. Tal como lo expresa Vergnaud (1990), la construcción de conocimientos es moldeada por las situaciones problemáticas que los estudiantes son capaces de resolver de manera efectiva. Los resultados de esta investigación

servirán para la formulación de estrategias de intervención didáctica innovadoras, a fin de lograr que los estudiantes puedan construir conceptos científicos relacionados con los temas bajo estudio y en particular sobre la difracción de ondas mecánicas.

## Referencias bibliográficas

- Flick, U. (2004). *Introducción a la investigación cualitativa*. Madrid, España: Morata.
- García, A. (2004). *Situaciones sofisticadas en el aprendizaje de la física. Estrategias para su puesta en práctica en el aula*. Recuperado el 1 de mayo de 2012. Del sitio web: [www.rieoei.org/deloslectores/1038Garcia.pdf](http://www.rieoei.org/deloslectores/1038Garcia.pdf)
- Hewitt, P. (2004). *Conceptos de física*. México, México: Pearson Educación.
- Lejter de Bascones, J. (2002). *Resolución de problemas de papel y lápiz en física*. Caracas, Venezuela: Universidad Pedagógica Experimental Libertador.
- Moreira, M. (2008). Organizadores previos y aprendizaje significativo. *Revista Chilena de Educación Científica*, 7, 2, 23-30.
- Pozo, J.; Postigo, Y. y Gómez, M. (1995). Aprendizaje de estrategias para la solución de problemas en ciencias. La resolución de problemas. *Alambique*, 5, 16-26.
- Sánchez, C. (2002). La escuela, el fracaso escolar y la lectura. *Educere la Revista Venezolana de Educación*, 16, 19, 258-267.
- Vergnaud, G. (1983). Actividad y conocimiento operatorio. En C. Coll (Ed.), *Psicología genética y aprendizajes escolares*. Madrid, España: Siglo XXI. Pp. 91-104.
- Vergnaud, G. (1990). La théorie des champs conceptuels. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 10, 23, 133-170.

