



## **P01-173: Heurística para evaluar el meta-razonamiento utilizado por profesores de ciencias durante la solución de problemas físicos**

Edna Eliana Morales Oliveros, [emoraleso@ut.edu.co](mailto:emoraleso@ut.edu.co), ednaemoraleso@autónoma.edu.co  
Universidad Autónoma de Manizales, Universidad del Tolima.

Christian Hederich Martínez, [christian.hederichm@autonoma.edu.co](mailto:christian.hederichm@autonoma.edu.co), Universidad Pedagógica  
Nacional, Universidad Autónoma de Manizales.

**RESUMEN.** Esta investigación está en el marco del trabajo doctoral relacionado con el rol epistémico de la experimentación mental en el aprendizaje de la física. Meta-razonar es el ejercicio que realiza un sujeto para evaluar su proceso de razonamiento mientras soluciona problemas cualitativos de física. Para ello, se estudia la construcción de una heurística que permite explicitar el proceso de razonamiento mental ejecutado en la construcción y solución de experimentos mentales por parte de profesores de ciencias en formación inicial. Se encuentra que, al aplicar esta heurística, los estudiantes explicitan, en diferentes formatos representacionales, aspectos relevantes de cada una de las etapas de la experimentación mental.

**PALABRAS CLAVE.** Meta-razonamiento, aprendizaje de la física y modelos mentales

### **INTRODUCCIÓN**

El presente trabajo se ubica en el marco de la investigación relacionada con la temática del razonamiento cualitativo en el aprendizaje de la ciencia. En especial, los procesos de razonamiento no formales involucrados en la resolución de problemas físicos. El meta-razonamiento es un proceso cognitivo de segundo orden, donde los individuos evalúan el razonamiento que utilizan cuando solucionan una tarea. Esta evaluación les permite explicitar no solo los modelos mentales productivos para su aprendizaje, sino también, sus dificultades en el proceso de experimentación mental.

La heurística que se presenta hace parte de dar solución a problemas relacionados con la completitud del sistema imaginado y a la relevancia de las condiciones necesarias y suficientes del sistema físico que se está representando mentalmente y el cual se debe manipular a través de la simulación mental.

## MARCO TEÓRICO

El presente trabajo se enmarca en una visión cognoscitiva y artefactual de la ciencia, junto con una postura sobre el aprendizaje de las ciencias en perspectiva de práctica científica. En consecuencia, la modelización se sitúa como una actividad cognitiva generativa de conocimiento científico y escolar (Clement, 2008-2017; Giere, 2004 y Nersessian, 2013; Knuuttila, 2005-2017). La modelización se entiende cómo un tipo de razonamiento, objeto de reflexión, de modo que su estudio promueve la sofisticación de modelos que elaboran los individuos, con la intención de explicar, predecir e intervenir los fenómenos, eventos y/o situaciones del mundo (“reales” e imaginarias).

## METODOLOGÍA

Se presenta un estudio de naturaleza cualitativa, donde se aborda la construcción de una heurística que permita explicitar el proceso de meta-razonamiento, como una categoría metacognitiva, por parte de tres estudiantes de profesorado de ciencias en formación inicial. Para la interpretación de los resultados se hace uso de los desarrollos de las ciencias cognitivas, en especial, la relacionada con la naturaleza del razonamiento basado en modelos (Nersessian, 2008, Magnani, 2014; Clement, 2013). Se utilizan análisis de contenido de los registros tanto escritos como orales del proceso de representación multimodal. Además, se utiliza la técnica de pensamiento en voz alta (Clement, 2008). En la figura 1, se representan los momentos de iteración y de investigación en la construcción de la heurística.

Figura 1. Representación de los momentos de la investigación.

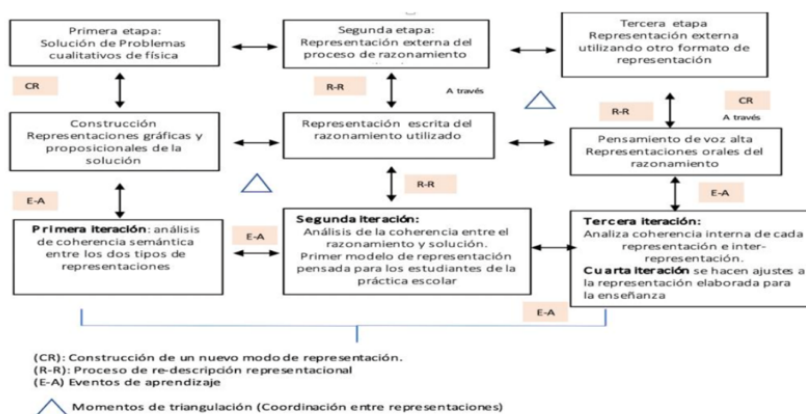


Figura 1. Representación de los momentos de la investigación

## RESULTADOS GENERALES

En la figura 2 se establecen los principales componentes conceptuales que se explicitan en el momento de hacer el registro del razonamiento utilizado cuando se resuelve un problema de física- de ondas. En especial, sobresalen como potenciales o productivos los conceptos, de pulso, vibración y transferencia de energía. Aun cuando, la naturaleza ontológica de muchos modelos mentales de los estudiantes es sustancial (Chi,2008). Cuando los estudiantes están evaluando la coherencia entre su razonamiento y la solución del problema, los estudiantes construyen procesos analógicos con situaciones familiares. Se esperaría que los estudiantes hicieran uso de las propiedades formales del modelo ondulatorio, sin embargo, son procesos cualitativos cognitivos que valoran como claves en la solución de problemas. Una unidad de contenido que detalla el proceso anterior es el siguiente:

*“iniciando leí el contexto que planteaba la **situación** inicial, e hice la **representación** (me imaginé) que una persona me estuviera hablando para así comprender como el sonido que el **hacia** al hablarme **podía** llegar hasta donde yo estaba ya que el sonido no se puede ver”. (Estudiante C).*

En el proceso de evaluar su razonamiento, el estudiante B, establece relaciones causales del fenómeno, determinando inicialmente las condiciones básicas del problema. Cuando la estudiante reflexiona sobre la estrategia utilizada, establece que es necesario modelar conceptualmente el problema. Por ejemplo, revisa de nuevo los conceptos de propagación, presión, densidad y el medio como condición necesaria de las ondas mecánicas. Cuestión que le permitió evaluar luego su representación gráfica sobre la situación.

Otro elemento del proceso de meta-razonamiento está relacionado con que los estudiantes utilizan la visualización e imaginación de situaciones alternas al fenómeno físico. Estos les permite construir un modelo inicial de la situación, realizando simulaciones a partir del cambio de ciertas condiciones y sus respectivas inferencias.

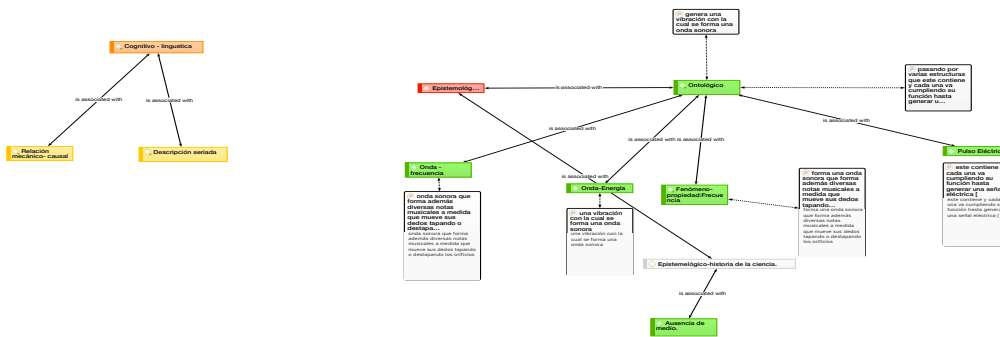
En este proceso los estudiantes evalúan el potencial explicativo de sus modelos. Determinando, si las restricciones del modelo dan cuenta de cómo se comporta el fenómeno y sus elementos causales. Por ejemplo:

*“Con la mayoría de variables como **incógnitas** me propuse a imaginar el viaje de una onda ... **procedí** a hacer **explicación** general de como sería la **propagación** del sonido en el aire de forma ideal. Imagine como el aire que pasaba de los pulmones a las cuerdas bucales generaba una **vibración** en ellas, de igual forma imagine... Una vez la onda abandona la cavidad bucal imaginé como se **esparcía** por el medio generando **pequeñas** vibraciones y cambios de*



*presión en las partículas, como ya había identificado que o había elementos externos que causarían interferencia, imaginé la onda expandirse circularmente hasta llegar al oído de la otra persona” (Estudiante A).*

Figura 2. Elementos conceptuales que se explicitan en el proceso de reflexión sobre la manera como se razonan las soluciones a los problemas físicos.



En la figura 3, se detallan las categorías de razonamiento que se tendrán como referencia y la Tabla 1 son los componentes del proceso de meta-razonamiento que se abordan en la investigación.

Figura 3. Categorías asociadas con el razonamiento físico.

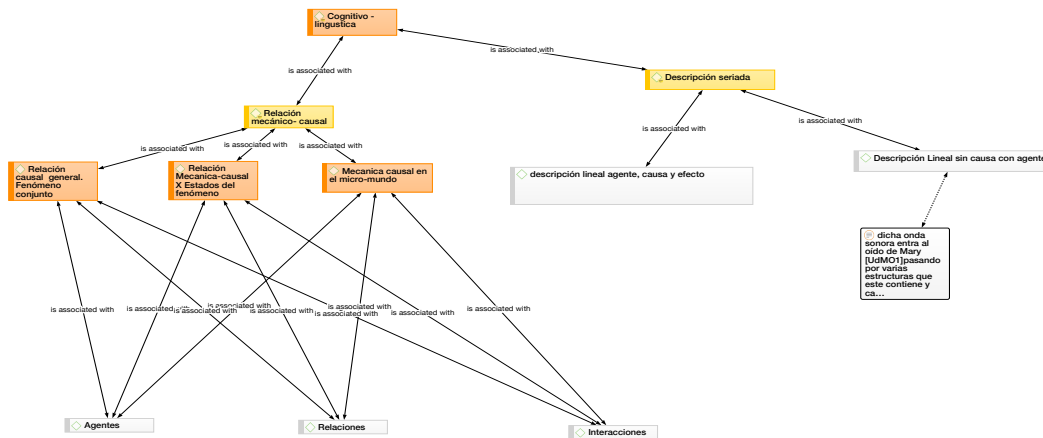


Tabla 1. Rejilla de evaluación del proceso de Meta-razonamiento.

Situación 1.	Responde a las Preguntas del Cuestionario ¿Cómo razonaste para elaborar la respuesta o explicación a la situación? <b>Responde</b>	¿Consideras respuestas que las cuestiones que se le preguntan?		Levando de nuevo tus respuestas, ¿consideras que estás de acuerdo con tu razonamiento y/o respuestas?		Justificación
		Si	No	Si	No	
						<p>¿Tu explicación y razonamiento da cuenta de la causa del fenómeno? ¿Cómo das cuenta? ¿Cómo das cuenta?</p> <p>¿Tu explicación y razonamiento explicita las condiciones del fenómeno? ¿Cómo y cuándo las incorpora? ¿Cómo y cuándo se deben incorporar?</p> <p>¿Tu explicación y razonamiento establece variables relevantes del fenómeno y además establece relaciones entre ellas? ¿Cuáles? ¿Cuándo? ¿Cómo? ¿qué variables, cuándo y cómo establecerlas?</p> <p>¿Tu explicación y razonamiento está sustentado sobre qué conceptos disciplinares? Explicar y determina su relación conceptual.</p> <p>De acuerdo a las respuestas anteriores, ajustar, la explicación y/o razonamiento.</p>
<b>Representación Gráfica</b>						
¿Qué "representas"? LITERALMENTE LA SITUACIÓN, RELACION ENTRE LAS VARIABLES CLAVES DEL SISTEMA, REPRESENTACIÓN LA ESTRUCTURA DE LA SITUACIÓN, EL COMPORTAMIENTO O LAS PARTES DEL SISTEMA??						
Según la representación que elaboraste, ¿consideras que esta da cuenta de tu razonamiento sobre la situación? Si, No. Justificar: <b>En caso que sea afirmativo, formular el cómo.</b>						
¿Tu gráfica es una representación de la relación entre las variables relevantes del sistema? O es icónica?						
Si no se hizo uso de una representación GRÁFICA, hacerlo en este punto.						

## CONCLUSIÓN

En términos cognitivos, se encuentra que cuando los estudiantes explican el razonamiento identifican la manera cómo piensan los problemas. En tales etapas, los estudiantes hacen uso de visualizaciones, analogías, abducciones, construyen casos extremos y simulaciones. Un problema relevante en este proceso son las dificultades en explicitar el conocimiento implícito físico utilizado. Sin embargo, cuando los estudiantes lo logran hacer a través del estudio de su razonamiento, quedan en evidencia los modelos mentales productivos, que pueden ser utilizados como scaldonffing en el aprendizaje de la física.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chi, M. T. H. (2008). Three types of conceptual change: Belief revision, mental model transformation, and categorical shift. In S. Vosniadou (Ed.), *Handbook of research on conceptual change* (pp. 61–82). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Clement, J. & Steinberg, M. (2008). *Case study of Model Evolution in Electricity Learning from Both Observations and Analogy*. In J. Clement & M. Rea-Ramírez (Eds.), *Model based learning and instruction* (pp 103-116). USA. Springer.
- Craik, K. (1983). *The nature of explanation*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Gentner, D., Brem, S., Ferguson, R. W., Markman, A. Levidow, B., Wolff, P., and Forbus, K. (1997). Analogical reasoning and conceptual change: a case study of Johannes Kepler. *Journal of the Learning Sciences, Special Issue: Conceptual Change*, 6(1), 3–40.
- Giere, R. (2004). How Models Are Used to Represent Reality. *Philosophy of Science*, 71, 742–752.
- Nersessian, N. (2013). Mental modeling in conceptual change. In S. Vosniadou (Ed.), *International handbook of research on conceptual change* (2nd ed., pp. 395– 411). New York: Taylor & Francis.
- Knuuttila, T. (2005). *Models, representation, and mediation*. *Philosophy of Science*, 72(5), 1260-1271.