

# MODELOS Y MODELIZACIÓN COMO ESTRATEGIA DIDÁCTICA PARA ABORDAR LA DUALIDAD-ONDA PARTÍCULA

Rosa Nidia Tuay Sigua  
*Universidad Pedagógica Nacional, Colombia.*

Nelly Yolanda Céspedes Guevara  
*Universidad Santo Tomás, Bogotá.*

**RESUMEN:** Desde la perspectiva de la construcción de conocimiento, una estrategia para abordar los fenómenos mediante modelos, es plantear estrategias de modelización; las cuales proporcionan diferentes formas de acercamiento a los saberes científicos desde el campo de la enseñanza de las ciencias. Los modelos en ciencias naturales establecen una serie de estructuras conceptuales y empíricas que proporcionan elementos específicos para la comprensión de un fenómeno. En este sentido, la propuesta desarrollada busca dar cuenta de las explicaciones e inferencias que construyen los estudiantes de nivel universitario cuando abordan procesos de modelización acerca del fenómeno de la dualidad-onda partícula, en el campo de la radiología y la interpretación de imágenes.

Mediante la utilización de una metodología cualitativa y el uso del software HUDAP y ATLAS TI, fue posible encontrar diferentes interrelaciones entre las explicaciones dadas por los estudiantes y su relación con los referentes teóricos del fenómeno abordado a través de procesos de modelización.

Los resultados muestran que los modelos y la modelización proporcionan rutas didácticas para la contextualización de fenómenos en física, conducentes a la explicación de los procesos de adquisición del conocimiento científico. Es decir, se puede dar cuenta de los avances en la construcción de conocimiento, a partir de las experiencias de los estudiantes y las construcciones significativas en la comprensión de los fenómenos de la naturaleza desde la organización de saberes integrados en contextos reales.

**PALABRAS CLAVE:** Modelos, modelización, modos de producción de conocimiento, mecánica cuántica, dualidad onda-partícula.

**OBJETIVOS:** Identificar esquemas de producción de conocimiento de los estudiantes frente a la dualidad onda-partícula a partir del uso de modelos como estrategia de comprensión del fenómeno. Ello, en la perspectiva de construir escenarios de conocimiento del fenómeno dualidad onda-partícula desde la producción de conocimiento, revisando la pertinencia de la modelización de fenómenos.

## MARCO TEÓRICO

Los modelos en ciencias naturales establecen una serie de estructuras conceptuales y empíricas que proporcionan los elementos particulares para la comprensión de un fenómeno de cualquier índole. En

este sentido, Tuay (2011) afirma que “la percepción de los modelos, como mediadores entre las teorías, fenómenos y datos, permiten ubicarlos en la concepción práctica considerándolos como los mediadores independientes entre la teoría y los datos” (p. 23); indicando, así, las posibilidades de interpretación que se pueden encontrar al trabajar con modelos en situaciones científicas de análisis de contextos.

Desde este punto de vista, el análisis teórico que puede obtenerse de los procesos de acercamiento al conocimiento de la Mecánica Cuántica -a través de las formulaciones teóricas de Schrödinger, Heisenberg y Dirac-, permite visualizar que dichos procesos se encuentran ligados a la construcción de modelos científicos que describen los elementos necesarios para la comprensión de un fenómeno.

De acuerdo con, Schwarz (2009) los procesos de modelización científica incluyen dos dimensiones que combinan lo teórico y lo empírico, es decir, son herramientas que permiten “predecir y explicar” los eventos que suceden al interior de un fenómeno.

En este contexto, un modelo científico escolar puede ser definido como una representación de las explicaciones de los fenómenos estudiados por la ciencia y evocados mediante el desarrollo de los procesos de enseñanza y aprendizaje, en los cuales se pueden identificar las necesidades cognitivas y las construcciones de conocimiento realizadas por los estudiantes.

Por su parte, Acher (2007) afirma que la modelización es un proceso que permite el uso de experiencias y percepciones previas sobre el fenómeno estudiado, así como establecer comparaciones que proporcionan un esquema de generalización del contexto; el cual busca consolidar y contrastar un determinado modelo a través de la generación de preguntas consideradas como el eje central de la explicación de un fenómeno físico.

Por lo tanto, la modelización se puede considerar como el eje central de los procesos de conocimiento de una disciplina, que establece las características de contexto de un fenómeno y permite su posterior análisis; detallando los elementos esenciales para la interpretación de su ocurrencia, como son las interrelaciones entre el experto y el conocimiento científico éste con el mundo físico y él con los estudiantes.

En este sentido, la modelización genera elementos de trabajo para la construcción de contextualizaciones de fenómenos, conducentes a la explicación de los procesos de adquisición del conocimiento científico; es decir, un buen ejercicio de modelización puede proporcionar la ruta clave de comprensión de cualquier fenómeno natural por los estudiantes.

Desde esta perspectiva, Peisajovich (2005) propone que “...debemos enseñar los procedimientos y modos de conocer propios de la actividad científica no solo mediante su enunciación, sino llevando a cabo actividades que permitan que los alumnos pongan en práctica algunos de estos procedimientos” (p.1); esto determina las posibilidades de trabajo en el contexto científico a través de otras estrategias que no sean las formulaciones teóricas y matemáticas con las que se han descrito los fenómenos naturales desde la enseñanza de la física.

Así, los modelos permiten identificar las necesidades y contextos de trabajo de clase, enfatizando en la producción de conocimiento generada a partir del análisis de nuevas situaciones. Desde este contexto, la modelización es una herramienta de trabajo en escenarios de enseñanza y aprendizaje, que aporta una serie de aspectos tanto teóricos como didácticos, los cuales proveen los elementos necesarios para identificar los modelos construídos por los estudiantes para abordar los fenómenos (López-Mota y Moreno, 2014)

Desde la producción de conocimiento y como una manera de reconocer los resultados de la investigación en Didáctica de las Ciencias, Tuay (2011) propone que los modelos y la representación del contexto son factores esenciales en la definición de las estrategias didácticas para llevar a cabo una construcción científica escolar; la cual está determinada por la naturaleza que cada representación y modelo pueden revelar en la construcción de conocimiento escolar.

En este contexto, los modelos y la modelización proporcionan una estructura de conocimiento tal, que los estudiantes pueden resignificarlo y les permite generar procesos de describir, explicar y predecir los fenómenos naturales.

## METODOLOGÍA

Desde el marco teórico relacionado anteriormente, se utiliza una metodología cualitativa que permite el diseño y la aplicación de los instrumentos bajo la perspectiva de modelos y modelización adaptados a modos de producción de conocimiento propuesto por Gibbons (1997) que permite identificar las categorías de análisis al dar cuenta de la comprensión por parte de los estudiantes al tener más de una mirada del fenómeno de la dualidad onda partícula. La Unidad de análisis fueron 40 estudiantes universitarios que ya habían cursado Física Moderna.

La primera fase consistió en la aplicación del instrumento Cuestionario de Múltiples Ítems (CMI), en el cual se buscaba que los participantes a través del análisis de una serie de palabras identificarán los contextos en donde podrán establecerse escenarios de conocimiento para la descripción del modelo científico.

El instrumento empleado tuvo como finalidad observar cómo los estudiantes modelizan algunos aspectos sobre el análisis del fenómeno dualidad onda – partícula, que se estudia en los contextos que se desarrollan en la Mecánica Cuántica. Para ello, se entregaron 28 tarjetas con palabras relacionadas al fenómeno de dualidad onda – partícula y 4 tarjetas en blanco para que los participantes puedan agregar si lo consideran oportuno.

Las instrucciones de trabajo para los estudiantes consistían en la clasificación de las tarjetas entregadas en forma de grupos aleatorios, y a cada grupo debían asignarle una agrupación diferente; para lo cual podían elegir cualquier criterio para clasificar las palabras dadas, sin que existiera un criterio único definido para realizar dicha clasificación permitiendo así representaciones diferenciadas del fenómeno.

Posteriormente, debían registrar la información obtenida en un formato que les permitía caracterizar el criterio y el subcriterio utilizado, establecidos a partir de los grupos realizados en la clasificación de las tarjetas; logrando determinar escenarios de trabajo paralelos a la situación planteada, ya que, cada estudiante, podía encontrar grupos disimiles entre sí, pero que conservaban características únicas en cada grupo constituido.

La segunda fase de la aplicación de instrumentos consistió en la puesta en marcha de un taller de modelización individual y colectivo al mismo tiempo, en donde se buscaba que los estudiantes identificaran los elementos necesarios para construir un esquema de significación contextual del fenómeno dualidad onda – partícula, con el objetivo de generar escenarios cognitivos de análisis del fenómeno desde la explicación y la construcción de conocimiento.

La aplicación de este instrumento permitió establecer las categorías de análisis a partir de las estructuras conceptuales presentadas en el desarrollo de los ítems de trabajo del taller de modelización, de acuerdo con Tuay (2011) la representación del contexto, en el proceso de modelización, permite a los estudiantes comprender los fenómenos físicos más allá de la práctica en el laboratorio o la solución de ejercicios de libros.

La tercera fase consistió en determinar los compromisos de conocimiento de cada participante con el proceso de producción de conocimiento a través de una entrevista que permitiera encontrar esa interacción de los esquemas de conocimiento con el análisis de un fenómeno de la Mecánica Cuántica.

Esta fase consistió en la aplicación de una entrevista semiestructurada a 3 participantes de cada grupo de estudiantes, con la finalidad de establecer un esquema de triangulación de la información de los resultados obtenidos en los dos primeros instrumentos; a fin de que se estableciera la validez conceptual de las categorías de análisis de resultados obtenidos en el procesamiento de información que se realizó a través del software HUDAP y ATLAS TI.

La entrevista semiestructurada que se les aplicó a los participantes contenía preguntas de tipo descriptivo, las cuales buscaban un acercamiento al objeto de conocimiento, en donde se pudiera establecer un proceso de coherencia con el modo 2 de producción de conocimiento Gibbons (1997), a partir de la validez del ejercicio de aplicación de preguntas contextualizadas a los participantes.

## RESULTADOS

Los resultados obtenidos en la aplicación de los instrumentos permitieron la construcción de categorías de análisis que han sido de elaboración propia y analizadas a través de una serie de mapas obtenidos en la ubicación de puntos en el espacio obtenidos a través del software HUDAP, que forman parte de las agrupaciones por criterio y subcriterio que cada participante realizó durante los procesos de modelización.

Desde este punto de vista, el análisis realizado en los instrumentos proporcionaron las categorías (comprensión del fenómeno, formalización del fenómeno y contextos del fenómeno), las cuales establecen los escenarios de trabajo para plantear a futuro estrategias didácticas a partir de modelización de fenómenos físicos.

Para efectos de esta comunicación solo se dará cuenta de la construcción de la categoría emergente formalización del fenómeno. Esta categoría hace referencia al objeto de conocimiento-análisis desde la formalización del fenómeno, a propósito Ayala y otros (2008) afirman que "...El pensamiento y el conocimiento tanto individual como social se organiza a través del lenguaje" (p. 22), es decir, destacando los diferentes elementos del contexto donde se desarrolla la estructura de trabajo desde la modelización. Dentro de esta categoría, se encuentra que los participantes en la aplicación del instrumento CMI agruparon las tarjetas entregadas de acuerdo a criterios propios, todas las palabras sugeridas en el instrumento son diferentes, al relacionarlas, se conectan, con la modelización del fenómeno físico en donde se encuentra presente el análisis de la dualidad onda – partícula.

Los participantes agruparon las tarjetas utilizando criterios como imagen, electrón, trayectoria y naturaleza. A partir de las asociaciones realizadas se puede decir que los participantes consideran importantes las relaciones de reciprocidad, pues ellas hacen parte de los modelos que ellos ponen en práctica de acuerdo a su experiencia al abordar un fenómeno físico a través de una situación significativa. (Ver tabla 1)

Tabla 1.  
Agrupación de palabras por número de tarjeta y criterio asignado

<i>PALABRA</i>	<i>TARJETA</i>
imagen	1
electrón	2
trayectoria	3
energía	4
paciente	5
onda	6
partícula	7
fotón	8
universo	9
ciencias de la salud	10
naturaleza	11
materia	12

Los gráficos obtenidos (gráfico1) en la aplicación del CMI muestran puntos en el espacio utilizando el software HUDAP, que permiten trazar diferentes líneas que agrupan los puntos más cercanos que presentan alguna relación entre sí, con el fin de obtener los modelos de los estudiantes.

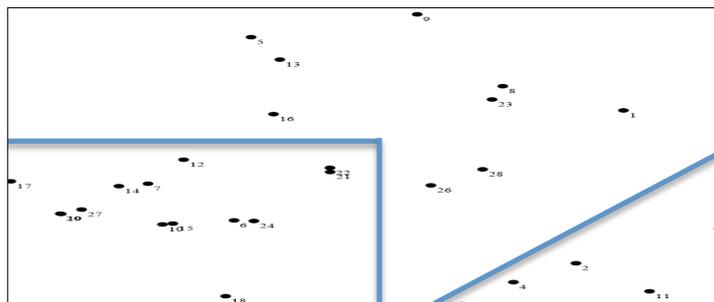


Gráfico 1. Agrupación de puntos para determinación de los modelos de los estudiantes

Es importante destacar que el análisis realizado en esta fase, muestra que los participantes asocian al fenómeno sólo a un modelo de rayos. Esto permite dar cuenta como lo afirma Ayala y otros (2008), la posibilidad de formalizar campo fenoménico radica en la comprensión de los fenómenos estudiados, a partir de las relaciones y consideraciones que se originan entre ellos; en el caso de los fenómenos observados en la Mecánica Cuántica, en particular, la dualidad onda – partícula, al realizar agrupaciones coherentes con el modelo de partícula. De esta manera, este hallazgo permite a futuro el diseño de secuencias didácticas que permitan hacer un tránsito a un modelo dual.

## CONCLUSIONES

El contexto en el análisis de fenómenos físicos presenta una posibilidad de trabajo a los docentes de física, debido a que se generan procesos de formalización caracterizados por la comprensión del fenómeno y sus factores de ocurrencia, sumado a las posibilidades de tipo cognitivo que se pueden encontrar en la exploración de un fenómeno desde su cotidianidad.

El trabajo aquí planteado se centró en la búsqueda de escenarios coherentes y de contraste con el desarrollo ya presentado, por esta razón se trabajó la perspectiva de modelos y modelización en ciencias, como una estructura de saber que proporcionaba los elementos indispensables para entender un fenómeno desde la realidad y llevarlo a construir sus propias estructuras de conocimiento.

El análisis del fenómeno es un eje de trabajo que debe desarrollarse desde los escenarios de la educación en ciencias, como una perspectiva de formación de sujetos desde lo disciplinar y lo aplicado, ya que, proporciona una construcción desde el objeto de conocimiento y no desde las bases rígidas del formalismo matemático. Es así, que este trabajo desde la perspectiva de la producción de conocimiento con referencia a la modelización configura contextos novedosos para la aplicación de estrategias de enseñanza de la física.

De tal forma que, los procesos de conocimiento están ligados a la necesidad de percibir una nueva mirada de la enseñanza - aprendizaje de la física que permita concepciones epistemológicas las cuales abandonen las posturas clásicas de enseñanza y teniendo en cuenta que el mundo actual no puede seguir comprendiéndose desde esta perspectiva.

Todo este tipo de situaciones de acercamiento al conocimiento contemplan un propósito que va ligado con la intencionalidad de la práctica educativa, lo que permite vislumbrar la necesidad de una producción de conocimiento que se destaque en la observación de la realidad, es decir, en la comprensión de los fenómenos de la naturaleza desde la organización de saberes integrados en contextos reales a través de procesos de modelización superando la axiomatización y las aplicaciones de carácter pragmático.

De este modo, se puede pensar en la formación científica en las diferentes disciplinas científicas, denotando explicaciones desde la modelización aplicadas a la observación fenomenológica de las ciencias y sus diferentes concepciones de saber y hacer en contexto.

## BIBLIOGRAFÍA

- ACHER, A., ARCA, M., SANMARTÍ, N. (2007). Modeling as a Teaching Learning Process for Understanding Materials: A Case Study in Primary Education. En: [www.interscience.wiley.com](http://www.interscience.wiley.com) recuperada el 20 - 05 - 2015.
- AYALA, M., y otros. (2008). Los procesos de formalización y el papel de la experiencia en la construcción del conocimiento sobre los fenómenos físicos. Colombia: Bogotá y Medellín, Universidad de Antioquia, Universidad Pedagógica Nacional.
- GIBBONS, M., LIMOGES C., NOWOTNY H., SHCWARTZMAN S., SCOTT P., & TROW M. (1997). La nueva producción del conocimiento. Barcelona, España: Ediciones Pomares – Corredor S.A.
- LOPEZ-MOTA, A y MORENO, G. (2014). Sustentación teórica y descripción metodológica del proceso de obtención de criterios de diseño y validación para secuencias didácticas basadas en modelos: el caso del fenómeno de la fermentación. *Revista Bio-grafías* 7(13), 109-126
- MENJURA y otros (2011). Movilidad de las representaciones del modelo sol-tierra-luna: Una estrategia didáctica para estudiantes de quinto de primaria. *Revista Científica*, 13 (extra), 294-299
- SCHWARZ, C y otros (2009). Models: Defining a Learning Progression for Scientific Modeling. En: Paper presented at the Learning Progressions in Science (LeaPS) Conference, June 2009, Iowa City, IA
- TUAY-SIGUA, R.N. (2011). Aproximación al debate de los modelos científicos desde una perspectiva inferencialista. Universidad Nacional de Educación a Distancia, UNED, España. Tesis doctoral.