
LA PRODUCCIÓN DE CONOCIMIENTO EN LA DIDÁCTICA DE LA MECÁNICA CUÁNTICA EN EL ESCENARIO UNIVERSITARIO

Autores. Nelly Yolanda Céspedes Guevara. Fundación Universitaria del Área Andina ncspedes@areandina.edu.co

Tema. Eje temático 8.

Modalidad. 1. Nivel educativo universitario.

Resumen. Al pensar en la didáctica de la Física en torno a un tema específico como es el caso de la enseñanza de la Mecánica Cuántica, se puede establecer conexiones desde la perspectiva de producción de conocimiento que permite problematizar el acercamiento a un enfoque fenomenológico y a un análisis interpretativo de los esquemas teóricos tradicionales. Los procesos de enseñanza y aprendizaje de la Mecánica Cuántica han sido protagonistas de una serie de formulaciones y tratamientos teóricos, que han hecho parte de los esquemas de trabajo de la disciplina. El objetivo de esta ponencia es mostrar los resultados del acercamiento de los procesos de enseñanza de la mecánica cuántica desde las perspectivas de investigación educativa en didáctica de la física desde el modo 2 de producción de conocimiento. Los resultados presentados surgen a partir de la construcción de una categoría de análisis denominada Comprensión del fenómeno a partir del abordaje teórico como una estrategia para el acercamiento de los estudiantes a la producción de conocimiento.

Palabras claves. Producción de conocimiento, Mecánica Cuántica, Modelación, Fenómeno, Enfoque.

Introducción

Los procesos de conocimiento en física contemplan una serie de elementos sobre el acercamiento a esquemas de formalización que conducen a la caracterización de los saberes dentro de un contexto particular, por tal razón, en la física se identifican las formas de conocer a través de la comprensión de los fenómenos que subyacen a un proceso de contextualización.

El proceso de conocimiento puede ubicarse de forma particular en el desarrollo de una disciplina, en donde Ayala y otros (2008) afirman que el desarrollo del conocimiento en física depende de "...un proceso del pensamiento a través del cual se da forma a los propios modos "internos" de reconocer y elaborar el mundo y a los aspectos "externos" según los cuales el acaecer del mundo puede ser reconocido". (p. 21). Desde esta perspectiva, Bautista (2016) afirma que el conocer en física evidencia un acercamiento a las experiencias sensibles del conocimiento del mundo, y en este aspecto, conocer un fenómeno físico implica una organización en las experiencias trascendentales de los esquemas de conocimiento científico.

De acuerdo con Tuay (2011) el conocimiento de un fenómeno físico ha sido abordado desde la construcción de la realidad y las relaciones entre el mundo y sus representaciones; esto evidencia las necesidades de comprensión de los fenómenos a través de los procesos de contextualización del conocimiento. Los procesos de observación de los fenómenos físicos establecen una serie de estructuras de conocimiento, según Tuay (2011) la observación se considera como una "interpretación" del fenómeno dentro de la realidad, lo que implica la incorporación de relaciones de contexto según las cuales se ubique el fenómeno que se estudia.

Entonces, la actividad de conocer establece una serie de imaginarios individuales y colectivos, generando un esquema de saber de los fenómenos, que declara al objeto de conocimiento como un factor de avance de los saberes que se desean analizar. El conocimiento en física devela una serie de procesos de formalización involucrados en la producción de

conocimiento, que establecen las formas de conocer; Ayala y otros (2008) afirman que “Formalizar, desde este enfoque, más que la utilización de una u otra formulación matemática en un concepto o una teoría física, es un proceso cognoscitivo a través del cual se da forma a los propios modos internos de reconocer y elaborar el mundo” (p. 12); mostrando que el proceso de conocimiento en física desarrolla una serie de fundamentaciones desde el análisis de los fenómenos.

Ahora bien, cuando se asume el proceso de formalizar en física se está considerando un esquema de pensamiento en donde se puede reconocer e identificar la naturaleza de los fenómenos, por medio de caracterizaciones que permitan establecer diversas miradas del fenómeno y las incidencias en los modos de conocer. Los modos de conocer en física proporcionan los elementos necesarios para la comprensión de los fenómenos, generando estructuras de conocimiento apropiadas para los diferentes desarrollos teóricos a los que se ha enfrentado la física como ciencia de evolución de contextos.

El propósito de esta ponencia es mostrar que existen alternativas para transitar hacia otras formas de conocer el abordaje del fenómeno, de acuerdo con Gibbons y otros (1997), la cual identifican como uno de los aspectos que identifican al Modo 2 de Producción de Conocimiento. Esto implica abordar el conocimiento de los fenómenos físicos a partir de los contextos que proporcionan mecanismos de comprensión favoreciendo así la educación en ciencias.

En este sentido, el abordaje actual de los fenómenos de la Mecánica Cuántica se evidencia como una situación problemática, ya que la comprensión de los fenómenos estudiados ha estado permeada por las consideraciones teóricas desde los formalismos dejando de lado la estructura de conocimiento que se puede encontrar en la observación de los fenómenos.

Referente teórico

Desde el punto de vista de las investigaciones que se han detenido a preguntarse por los procesos de enseñanza y aprendizaje de la Mecánica Cuántica en diferentes entornos, Fanaro (2009), en su tesis doctoral propone a través de una estructura teórica brindada por el enfoque de enseñanza de la Mecánica Cuántica de Feynmann “Path Integrals” o “Caminos Múltiples”, que describe por medio de la probabilidad las posibles funciones posición - tiempo de los electrones usando la técnica del experimento de la doble rendija (EDR); este desarrollo en su tesis doctoral le permitió escoger la teoría del electrón libre, que puede ser tratada desde la EDR y presentar la modelización de las curvas de las probabilidades con el fin de explicar el patrón de interferencias.

Los aportes a la producción del conocimiento señalados por Fanaro (2009) se encuentran plasmados en la introducción de los esquemas de conocimiento de la Mecánica Cuántica en la escuela secundaria a partir de procesos de modelización, facilitando el abordaje de las estructuras de formalización teórica y los resultados obtenidos permiten visualizar la posibilidad de trabajo con este tipo de temas en la enseñanza a nivel escolar.

Por lo tanto, los elementos de construcción de una teoría deben abarcar las necesidades epistémicas presentes en la formulación de conceptos, procedimientos y fundamentos que permitan generar explicaciones concretas a fenómenos observables y no observables. Al referirse a un concepto científico se crea un enlace entre lo concreto y lo abstracto que identifica al objeto idealizado, el cual introduce las magnitudes fundamentales y secundarias que describen una correspondencia entre la teoría y sus bases fundamentales de conocimiento fundamentados en procesos didácticos específicos.

Según Adúriz e Izquierdo (2002), en las ciencias naturales, los procesos de conocimiento juegan un papel primordial en la necesidad de construcción de procesos de adquisición de conocimientos, así como lo expresan, "en la enseñanza 'tradicional' de las ciencias naturales, hoy puesta en jaque por la ingente producción de la didáctica, resulta todavía usual encontrar lo que más arriba llamamos concepción icónica de los modelos"(p. 8), lo que significa que la interacción entre los procesos de enseñanza y aprendizaje de una disciplina es una relación biunívoca que se describe a lo largo de las modelaciones de clase.

De acuerdo con lo anterior, la evolución en la construcción de una nueva teoría física se fundamenta en momentos de crisis que dan origen a cambios en los programas de investigación, las cuales proporcionan una mirada holística de los fenómenos a estudiar y, además, implica una serie de modificaciones provistas de cambios apreciables en cada interacción teórica y en las reflexiones que analizan cada fenómeno.

El razonamiento científico está fundamentado en procesos de racionalidad y concordancia entre observaciones y experimentos, lo que establece una de las premisas básicas de esa ruptura entre la mecánica newtoniana y la Mecánica Cuántica, debido a que las partículas según la experimentación se comportan como ondas o corpúsculos, lo que aporta una de las generalizaciones importantes; en ese orden de ideas, el principio de complementariedad se presenta como un esquema de conocimiento que complementa las nociones de onda y partícula como eje fundamental de los presupuestos trabajados en la Mecánica Cuántica.

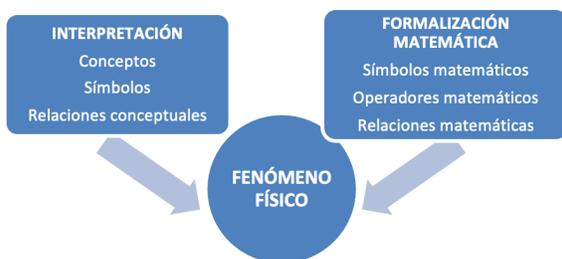
La formalización de los fenómenos físicos como estrategia de la producción de conocimiento

Desde los esquemas de conocimiento de la Mecánica Cuántica se pueden evidenciar una serie de fenómenos que proporcionan una estructura científica compleja, a partir de la interpretación de la realidad como un sistema de abstracción de los observables que configuran procesos de formalización para la comprensión de los fenómenos que suceden en la Naturaleza.

En este sentido, aparecen las estructuras matemáticas de los fenómenos, las cuales proporcionan un esquema de conceptualización previo que describen las propiedades de un sistema físico desde los resultados obtenidos por las construcciones numéricas, dejando de lado la explicación del fenómeno y su caracterización previa.

Un esquema que permite reconocer el proceso de formalización e interpretación de un fenómeno puede ser representado de la siguiente forma:

Gráfico 1 Esquema de formalización e interpretación de un fenómeno físico



Fuente: Elaboración propia

Del anterior esquema, se puede destacar que el fenómeno físico proporciona los fundamentos esenciales para la interpretación y la formalización de estructuras conceptuales que se identifican con cualquier tipo de situación, en donde se analicen las posibilidades de la aplicación de la formalización y la interpretación al mismo tiempo, con el fin de generar procesos de acercamiento al conocimiento desde todas las esferas del conocimiento científico.

En este sentido, los procesos de formalización se confunden con la aplicación de fórmulas y algoritmos matemáticos a los conceptos y teorías físicas, así que Ayala y otros (2008) afirman que "... mientras más abstractas sean las fórmulas y los algoritmos utilizados más formal es la teoría física en consideración", (p.2); lo anterior, implica que el desarrollo de la formulación de una teoría se reduce a los procesos matemáticos ligados a la reproducción del saber científico.

La organización de los fenómenos físicos está determinada por las formas de considerar la naturaleza del conocimiento matemático – físico, a partir de sus dinámicas y estructuras de saber característico, que se especifican desde lo formal y se deja de lado, la explicación conceptual de los hechos que hacen parte de un fenómeno en la naturaleza.

Siendo, la producción de conocimiento quien proporciona un verdadero sentido de la realidad, lo que permite establecer un contexto para el desarrollo de la producción de conocimiento, Nicolescu (sf) afirma que "... podemos hablar de una evolución del conocimiento, sin lograr jamás desembocar en una no-contradicción absoluta, implicando todos los niveles de Realidad: el conocimiento está siempre abierto"(p. 41); lo cual implica que el conocimiento se encuentra en constante cambio y es importante estudiarlo desde los nuevos modos de producción de saber.

Desde la producción de conocimiento, el análisis de los fenómenos se encuentra ubicado en una evolución constante del esquema disciplinar, lo que permite generar explicaciones desde la aplicabilidad de los contextos en donde se produce el fenómeno, cobrando gran importancia el esquema de conocimiento utilizado por la educación en ciencias. En consecuencia, se postula que abordando el modo 2 de producción de conocimiento en la Educación en Física, se lograría una construcción conceptual con significación regulada por la comprensión del fenómeno y con la posibilidad de contemplar explicaciones con sentido al fenómeno cuántico.

Metodología

El diseño metodológico empleado se contó con la participación de un grupo de estudiantes que contaban con las características presupuestadas con el estudio que se iba a realizar en el desarrollo de la investigación. El grupo estuvo conformado por 40 estudiantes de la Licenciatura en Física de la Universidad Pedagógica Nacional y de la Tecnología en Radiología e Imágenes Diagnósticas de la Fundación Universitaria del Área Andina. Los estudiantes en el momento del consentimiento de participación en la investigación se encontraban cursando una asignatura de Física Moderna del plan de estudios desarrollado por las dos Universidades.

El grupo de estudiantes participante en el desarrollo metodológico se encontraba cursando V semestre de la carrera, sus edades oscilaban entre los 19 a 22 años y fueron escogidos para participar como grupo de trabajo debido a que en el desarrollo de las asignaturas de sus carreras se contemplan espacios académicos que comprenden el estudio de elementos fundamentales de la Mecánica Cuántica.

Burns y Groven (2004) citado por Vanegas (2010) sostienen que para el desarrollo de una investigación de tipo cualitativo no se requiere una gran cantidad de participantes, solo se necesita que el investigador previamente haya elegido a los

participantes de acuerdo con su amplia experiencia en el objeto de estudio de la investigación o en sus conocimientos particulares sobre el tema en cuestión.

De acuerdo con lo anterior, la población escogida para la aplicación de los instrumentos permitió un acercamiento completo al objeto de conocimiento desarrollado en el proceso de investigación, ya que evidencia la comprensión en los instrumentos aplicados y su participación fluida en el desarrollo de los mismos.

El desarrollo del proceso de investigación se realizó a través de la puesta en marcha de tres fases, la primera fase permitió caracterizar la forma como los participantes se acercaban a la comprensión del fenómeno, a través de la aplicación de un instrumento denominado CMI (Cuestionario de Múltiples Ítems), la segunda fase consistió en la aplicación de un taller de trabajo individual con el objetivo de generar escenarios cognitivos de análisis del fenómeno y la construcción de conocimiento, la tercera fase se enfatizó en la aplicación de una entrevista que permitiera identificar las categorías de análisis de los resultados, aunque cabe aclarar que en esta ponencia se mostrarán los resultados de la categoría Comprensión del Fenómeno.

Resultados y discusión

El desarrollo de esta categoría se determina desde el análisis al objeto de conocimiento a partir de las estructuras de comprensión del fenómeno, de acuerdo con Gibbons y otros (1997) la comprensión de un fenómeno puede explicarse desde la nueva producción de conocimiento, desde las interrelaciones que se pueden obtener al acercarse a un nivel de comprensión particular de una estructura de conocimiento.

En la aplicación del instrumento CMI los participantes realizaron la agrupación de las tarjetas entregadas de acuerdo con criterios propios, todas las palabras sugeridas en el instrumento eran diferentes, al relacionarlas, se conectan, con la observación de un fenómeno físico que en el desarrollo de la tesis doctoral es la dualidad onda – partícula.

Uno de los criterios que obtuvo mayor cantidad de tarjetas asignadas por los participantes fue ciencias de la salud (23, 4, 20, 22, 3, 2, 4, 30, 31, 32), ya que para esta categoría asumieron que la comprensión del fenómeno radica en las relaciones presentadas entre elementos como: estudios y aplicaciones, las cuales permiten establecer patrones de análisis desde las situaciones de aplicación del fenómeno.

Tabla 1. Categorías de Análisis CMI

| Criterios | Subcriterios | Categoría de análisis |
|--------------------------|--|--------------------------------------|
| Ciencias de la salud | Examen, diagnóstico | Comprensión del fenómeno |
| Física | Trayectoria, partícula, onda | Formalización del fenómeno |
| Estructura de la materia | Energía, universo, fenómeno, radiación | Comprensión del fenómeno |
| técnicas radiológicas | Procedimiento, esquema, naturaleza | Contextos |
| Naturaleza | Entorno, medio ambiente | Contextos - comprensión del fenómeno |

Fuente: Elaboración propia

En este sentido, los resultados arrojados por el instrumento aplicado proporcionan una descripción desde la situación evaluada, ya que al utilizar palabras que dimensionan un fenómeno particular se obtienen relaciones desde la aplicación, las

Lema.

¿Cuál educación científica es deseable frente a los desafíos en
nuestros contextos latinoamericanos? Implicaciones para la
formación de profesores.

cuales evidencian procesos de comprensión de esquemas de conocimiento desde la aplicación sin desarrollar formalismos matemáticos complejos.

El criterio denominado por los participantes naturaleza agrupa a los subcriterios entorno y medio ambiente, entendiéndose que al abordar el análisis de un fenómeno que sucede a partir de las relaciones de significación de un grupo de palabras, proporciona un esquema de trabajo desde la ubicación del objeto de conocimiento en un patrón de referencia.

En el análisis realizado en este criterio se encontró que los participantes agruparon las tarjetas (10, 5, 27, 28, 17, 25, 13, 24, 23) dentro de la categoría comprensión del fenómeno, entonces, al revisar las proximidades del escalograma en donde se presenta la información gráfica de los criterios, se puede decir que los participantes evidencian que la comprensión de un fenómeno se establece a partir de las relaciones cognitivas que se encuentran en la reciprocidad de los criterios y el número de criterios ajustados a dicha categoría.

Desde esta perspectiva, los criterios evaluados en esta categoría proporcionan una caracterización de los aspectos físicos del fenómeno, según Gibbons y otros (1997) "... el nuevo modo de producción de conocimiento supone la existencia de diferentes mecanismos de generar conocimiento y comunicarlo" (p. 2); lo anterior, proporciona elementos necesarios para el trabajo con esquemas de producción de conocimiento.

Conclusiones

La discusión aquí presentada proporciona una ruta para la comprensión y análisis de los fenómenos físicos abordados desde el modo 2 de producción de conocimiento, pero ello no implica que sea el único camino para lograr una comprensión de los fenómenos que suceden en la naturaleza. En el desarrollo teórico y metodológico presentado se establece un esquema de trabajo proporcionado por el modo 2 de producción de conocimiento, el cual plantea una perspectiva de análisis desde la modelización de los fenómenos como uno de los mecanismos de interpretación de la realidad.

Aunque la pretensión de la investigación no es el planteamiento de generalizaciones, se considera desde los hallazgos que es necesario explorar nuevos espacios de configuración para la Educación en Ciencias que permita responder a las exigencias que desde la educación se demandan para este siglo de complejidad. Es el momento de poner de relieve la importancia de los resultados obtenidos y la contribución al conocimiento del trabajo presentado, en donde se observa que el modo 2 de producción de conocimiento proporciona elementos de comprensión y explicación a los estudiantes sobre los fenómenos que se puedan estudiar de la Mecánica Cuántica.

En el sentido epistemológico, los desarrollos teóricos de la Mecánica Cuántica han determinado el progreso de los abordajes científicos, de acuerdo con Gómez y Vallejo (2011) "... se lucha por establecer nuevas teorías o paradigmas de interpretación que expliquen lo que asumen como nuevo o inédito en los procesos socio – culturales, científicos e históricos de la humanidad, sin desconocer la sabiduría de las generaciones pasadas", (p. 13); lo que significa que el progreso de la ciencia se encuentra implícito en los avances científicos que en cada época se presentan en el desarrollo de una ciencia, y este factor puede considerarse como un factor limitante si los avances no contribuyen a los progresos que debe ofrecerle la ciencia a la sociedad.



Bogotá, 13 a 15 de octubre de 2021
Modalidad On Line – Sincrónico

Revista Tecné, Episteme y Didaxis: TED. Año 2021. Número Extraordinario. ISSN impreso 0121-3814. E-ISSN 2323-0126. Memorias del IX Congreso Internacional Sobre Formación de Profesores de Ciencias.

Lema.

¿Cuál educación científica es deseable frente a los desafíos en nuestros contextos latinoamericanos? Implicaciones para la formación de profesores.

Referencias bibliográficas

- Adúriz, A (2002). Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. 1 – 3.
- Ayala, M., Garzón, I. Malagón, F (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, p. 129.
- Bautista, G. (1998). Sobre la formación del profesional de física. En: Preimpresos. Postgrados del Departamento de Física. Universidad Pedagógica Nacional, 2.
- Burns N, Groven S. (2004) Introducción a la investigación cualitativa. En: *Investigación en Enfermería* (3ª Ed.), Elsevier España S.A.; (11) 385- 430.
- Concari, S. (2001). Las teorías y los modelos en las explicaciones científicas: implicancias para la enseñanza de las ciencias. En: *Ciencia & Educación*, 7 – 1.
- Fanaro, M. (2009). La enseñanza de la Mecánica Cuántica en la escuela media. Universidad de Burgos, Burgos, España, Tesis doctoral.
- Gibbons, M., Limoges C., Nowotny H., Shchwartzman S., Scott P., &Trow M. (1997). La nueva producción del conocimiento. Barcelona, España: Ediciones Pomares – Corredor S.A.
- Gómez, J., Vallejo, A. (2011). Pensar y sentir desde la Unidad, la Diversidad y el Movimiento" En: Colombia. Ediciones Usta. Universidad Santo Tomas ISBN: 978-958-631-691-0 v. 500, p. 248.
- Martínez. M (2004). Ciencia y arte en la metodología cualitativa. México: Trillas.
- Nicolescu, B. (sf). La Transdisciplinariedad Manifiesto. México: Multidiversidad Real.
- Ramírez, A. (2009). La teoría del conocimiento en investigación científica: una visión actual. En: *Anales Facultad de Medicina*, 70: 3, p. 217 – 224.
- Ramírez, A y González, J. (2000). La estructura de la teoría física un ejemplo: Mecánica Clásica. *Revista Educación y Cultura*, 1 – 6.
- Sánchez, J. (2001). Historia de la física cuántica. Barcelona. Editorial Crítica.
- Tuay, N. (2011). Aproximación al debate de los modelos científicos desde una perspectiva inferencialista. Universidad Nacional de Educación a Distancia, UNED, España. Tesis doctoral.