

La Teoría Cuántica en la educación Secundaria Colombiana: diseño de una propuesta

ZULMAN ESTELA MUÑOZ BURBANO

Zulmamu0706@hotmail.com

Universidad de Nariño

JORDI SOLBES

Jordi.solbes@uv.es

Universidad de Valencia

GERMAN ENRIQUE RAMOS ZAMBRANO

gramoszge@gmail.com

Universidad de Nariño

Línea temática: Educación Científica en Educación Secundaria

Modalidad: 2 - Comunicación Oral. Trabajo de investigación en proceso.

Resumen

Se expone el diseño de una unidad basada en la investigación didáctica y que toma como base conceptual la teoría cuántica en la enseñanza de la estructura de la materia. El marco teórico parte de la teoría de la Transposición Didáctica. La metodología para el desarrollo de la segunda hipótesis se suscribe en el Diseño de Secuencias de Enseñanza Aprendizaje basado en la investigación, describiendo los pasos según esta metodología. Los resultados presentan la evaluación cualitativa y resumen del proceso estadístico. Se concluye en que se logró un cambio estadísticamente significativo con la aplicación de la unidad, de igual manera, que es posible superar los problemas conceptuales de los estudiantes, con respecto al aprendizaje de la Teoría Cuántica.

Palabras clave:

Teoría Cuántica, diseño basado en la investigación, Unidad didáctica.

Objetivo

Analizar el proceso de aplicación de una Unidad Didáctica sobre Estructura Atómica de la Materia desde la base conceptual de la Teoría Cuántica

Marco Teórico

Con el fin de desarrollar el proceso de investigación de la enseñanza de la Estructura Atómica de la Materia en Colombia, tanto para la primera como para la segunda hipótesis, se asume como Marco Teórico la Transposición Didáctica de Chevallard (1991). Lo anterior, puesto que la enseñanza moviliza una serie de recursos didácticos y contextuales que transforman el conocimiento a enseñar en un conocimiento escolar. Tal como lo plantea Chevallard, dicha transformación no puede ser una mera simplificación, por el contrario, se trata de un "nuevo" conocimiento que responde a dos dominios epistemológicos diferentes: la ciencia y el aula (Brockington y Pietrocola, 2005).

Desde esta postura, es necesario prestar atención para que el saber que se enseña en la temática de Estructura de la Materia no se desvirtúe, no pierda su esencia, sea trivial o se contradiga con los planteamientos de la Teoría Cuántica, pues se corre el riesgo de generar errores en la enseñanza y en consecuencia, en el aprendizaje. Un concepto, tomado de la Teoría de la Transposición Didáctica, es el envejecimiento biológico, explicado como un distanciamiento de la enseñanza con respecto a los avances científicos, situación que preocupa y es objeto de esta investigación, porque con base en los resultados obtenidos en la primera fase no se abordan los últimos avances en la enseñanza de la estructura de la materia. El distanciamiento entre el saber a enseñarse y el saber científico, constituye una brecha que padecen los estudiantes.

La Teoría de la Transposición Didáctica, asume la relevancia del contexto en la enseñanza; el contexto no solamente como escenario de aprendizaje, sino como nicho sociocultural, en el que se originan los pre-saberes de los estudiantes y constituye un elemento del sistema didáctico que deberá tenerse en cuenta en la estructuración de una propuesta para la enseñanza.

Metodología

La metodología propuesta para el proceso de investigación es Mixta, puesto que articula elementos de investigación cualitativa con elementos de investigación cuantitativa. Se desarrolla desde la perspectiva de una investigación educativa en dos fases, una primera de caracterización de la enseñanza de la estructura atómica de la materia en Colombia y que corresponde a la primera hipótesis, donde se plantea: ¿Cómo se enseña la estructura atómica de la materia en Colombia? Para dar respuesta a esta pregunta, se analizó la enseñanza desde los lineamientos y estándares curriculares propuestos por el Ministerio de Educación Nacional (Solbes, Muñoz Burbano y Ramos Zambrano, 2019), la propuesta de los libros de texto, la enseñanza de docentes en ejercicio. Para el caso del aprendizaje, se trabajó con 105 estudiantes de grado 10 de tres instituciones educativas del departamento de Nariño.

La segunda fase, corresponde a la intervención de la realidad caracterizada en la primera fase. La pregunta de investigación es: ¿La aplicación de una secuencia que articule la Teoría Cuántica y los avances de la investigación didáctica permite superar las dificultades conceptuales evidenciadas en la enseñanza de la Estructura Atómica de la Materia? Para dar respuesta a la pregunta, en la segunda fase se lleva a cabo el diseño de la unidad didáctica (UD), que se suscribe en el marco metodológico del Diseño de Secuencias de Enseñanza Aprendizaje, basado en la investigación (DBR, por sus siglas en inglés: Design Based Research) (Easterday, Rees Lewis y Gerber, 2014).

El diseño basado en la investigación, es una metodología emergente, y tiene un propósito fundamental, hacer frente a los cuestionamientos realizados por algunos autores a la investigación educativa (Anderson & Shattuck, 2012), por no hacer una intervención que posibilite su transformación. Por tanto, se asume el diseño como investigación en sí misma, en este caso, materializa la contrastación de la segunda hipótesis, por otra parte, es fundamental para el proceso de mejorar tanto la enseñanza como el aprendizaje, así también “crear conocimiento útil y avanzar en la construcción de teorías sobre el aprendizaje y la enseñanza en ambientes complejos” (Design-Based Research Collective, 2003, p. 5)

Entendemos una secuencia de enseñanza aprendizaje en los términos de Méheut & Psillos (2004) como: una actividad de investigación, que además desarrolla un producto de intervención, que en este caso es la UD, redactada como texto guía, tanto para estudiantes como para docentes. La UD, además incluye actividades de enseñanza-aprendizaje contrastadas mediante la investigación, adaptadas al razonamiento y contexto del estudiante (Méheut & Psillos, 2004). Esta metodología identifica seis fases, las que se entienden en un proceso cíclico, de diseño, evaluación y rediseño: contexto, comprender, definir, diseñar, implementar y evaluar.

A continuación, se describen cada una de las fases aplicadas al diseño de la Unidad Didáctica:

1.- Contexto: se establece las características generales del contexto en el cual se va a desarrollar la UD. En este caso: 200 Estudiantes de educación secundaria, en 6 cursos de grado décimo, de dos instituciones educativas urbanas de la ciudad de Pasto, una oficial y una privada, 3 Docentes que trabajan con los grupos seleccionados. El segundo aspecto que se trabaja dentro de la definición de contexto es el contenido: dentro de esta investigación, el contenido es el desarrollo de la unidad de estructura atómica de la materia desde el marco conceptual de la Teoría Cuántica.

2.- Comprender: corresponde al análisis de la información que en este caso caracteriza la enseñanza de la estructura atómica de la materia. Se realiza un análisis epistemológico, identificando los contenidos y demandas de aprendizaje. Se reconocen los siguientes problemas de enseñanza en Colombia, derivados de la primera fase de la investigación:

Al enseñar no se hace una distinción entre modelos clásicos, semi-cuántico y cuántico, no se hace evidente la ruptura entre la física clásica y la teoría cuántica, no se aborda el modelo cuántico.

3. Definir: se establecen como ejes fundamentales para el diseño de la unidad los siguientes aspectos:

- La pertinencia de la enseñanza de la teoría cuántica en la educación secundaria. (Fanaro, 2009; Solbes, & Sinarcas, 2010; Castrillón, Freire Jr & Rodríguez, 2014).
- La Historia de las Ciencias como un elemento dinamizador de la enseñanza (Solbes y Sinarcas, 2009; Savall, Doménech, Martínez Torregrosa, 2013).
- El trabajo desde cuestiones sociocientíficas en la enseñanza de la Teoría Cuántica (Prieto, España y Martín, 2012).

4. Diseñar: En esta fase se toman decisiones con respecto al contenido y las actividades a desarrollar. Por lo tanto, se toma la estructura de la materia como una unidad temática de grado décimo de la educación secundaria colombiana. Se pre-establecieron las siguientes actividades: el uso del material como guía de las actividades para cada sesión, el uso de videos que apoyan de

manera significativa el proceso de aprendizaje (Moreno y Guarín, 2010). El desarrollo de prácticas experimentales sencillas (Solbes y Sinarcas, 2010; Savall, Domenech y Martínez Torregrosa, 2014), las personificaciones, la elaboración de memes con los estudiantes y discusión en equipos de trabajo.

Estas actividades se desarrollan en tres momentos, el primero de introducción y que corresponde a los modelos clásicos se denominó: “la divisibilidad de lo indivisible”. El segundo en el que se trabaja los fenómenos que dieron origen a la crisis de la física clásica tales como el efecto fotoeléctrico, la catástrofe del ultra violeta y los espectros atómicos se denominó: “más que una crisis”, el objetivo fundamental es reconocer el quiebre entre la física clásica y la teoría cuántica, así como justificar el modelo cuántico. El tercer momento corresponde a el desarrollo del modelo cuántico, explicación de la dualidad onda – partícula, las relaciones de indeterminación y los números cuánticos como consecuencia de la solución de la ecuación de Schrödinger, se denominó: “una nueva ciencia, un nuevo átomo”.

5. Implementar: se siguió una estructura sencilla, en la que se describen 12 sesiones de 45 minutos, en la que se consolidan los objetivos y se relacionan las dificultades en la enseñanza.

6. Evaluar: la UD se valida a través de dos dimensiones: el análisis de la calidad de la secuencia y análisis del aprendizaje logrado (Nieveen, 2009). Para el análisis de la calidad de la secuencia, se determinan las dificultades de implementación, realizado mediante entrevistas a los docentes y estudiantes. Con respecto al análisis del aprendizaje logrado, incluye: analizar la comprensión de los conceptos y la adquisición habilidades propias de la metodología científica. Para ello se aplicó un test y un post-test, con miras a conocer si la UD genera cambios en los resultados obtenidos en el pre-test, así como una comparación con los resultados obtenidos en el grupo control.

Resultados y análisis

La unidad didáctica se evaluó de manera cualitativa. Teniendo en cuenta que se trabajó en seis grupos de grado décimo, e intervinieron tres docentes se entrevistó a cada uno de ellos. Los docentes expresaron formalmente en entrevistas cortas, que la vinculación de la historia de las ciencias a la enseñanza despertó en los estudiantes motivación en el desarrollo de las actividades. De igual manera manifestaron el interés por el desarrollo de la UD y la intención de aplicarlo en su trabajo de manera que se dé continuidad al proceso iniciado. Su participación fue activa y de acompañamiento en todas las actividades. Su principal inquietud está relacionada con el tiempo que pueda requerir el desarrollo de las actividades, sin embargo, las sesiones no interfirieron con la planeación de la asignatura.

La UD, se aplicó a 200 estudiantes de dos instituciones, una pública y una privada. Los estudiantes se manifestaron a través de encuestas cortas en torno a las actividades desarrolladas. Las respuestas evidenciaron que las preguntas planteadas los llevaban a la reflexión, lo cual les pareció mejor que sencillamente la repetición de conceptos.

Recalcan además, la importancia de relacionar la enseñanza con cuestiones socio-científicas. Este hallazgo coincide con las investigaciones que concluyen: es necesario incentivar en los proceso de enseñanza aprendizaje los aportes referidos a la naturaleza de la ciencia y la construcción del conocimiento científico (Solbes y Sinarcas, 2009), pues facilita en los estudiantes un cambio de concepción en cuanto a cómo se hace ciencia, como trabajan los científicos,

además promueve la reflexión acerca de la importancia de la Teoría Cuántica como materia de estudio por su valor cultural (Cuesta y Mosquera, 2016).

La evaluación cuantitativa se desarrolló con la aplicación de pre-test y un post-test. Se diseñó un cuestionario de 12 preguntas, en las que se abordan conceptos relacionados con onda, partícula, palabras relacionadas con cuántica, números cuánticos, relaciones de indeterminación (Principio de Incertidumbre), entre otras. Este instrumento fue sometido a validación por grupo de expertos (Corral, 2009), tanto en la redacción de las preguntas, como en los criterios de valoración.

Por otra parte, a los resultados obtenidos, se aplicó una prueba de homogeneidad marginal, que es una prueba no paramétrica realizada con el fin de comprobar si existen diferencias estadísticamente significativas en cada uno de los ítems del pre-test y el post-test y de esta manera contrastar la segunda hipótesis. Los resultados obtenidos permiten establecer que la hipótesis es confirmada, efectivamente se generó un cambio estadísticamente significativo y positivo. El programa SPSS calcula la significación asintótica, el resultado para cada ítem fue menor de 0,05, lo cual permite descartar la hipótesis nula.

De igual manera, para cada uno de los ítem se calculó el tamaño del efecto, Este cálculo es complementario a la significación estadística, pues con la prueba de homogeneidad marginal la segunda hipótesis fue confirmada. Estimar el tamaño del efecto se relaciona con el grado de validez que tienen los hallazgos de la investigación (Cohen, 1988; Grissom y Kim, 2012). El tamaño del efecto se ha descrito como la mínima diferencia que se acepta como relevante dentro de una investigación (Prajapati, Dunne y Armstrong, 2010).

Los resultados obtenidos con respecto al tamaño del efecto se comparan con la escala para el efecto calculado con la V de Cramer:

Pequeño: 0,07

Medio: 0,21

Grande: 0,35

La tabla No. 1, muestra los resultados obtenidos para cada uno de los ítem.

Ítem	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Significación Asintótica	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tamaño del Efecto	0,41	0,44	0,45	0,39	0,43	0,43	0,33	0,35	0,34	0,36	0,35	0,34

Los resultados obtenidos, permiten inferir que el tamaño del efecto, es decir que tan significativos son los cambios en el resultado obtenido para cada uno de los ítem en el pre-test, evidencian que la UD permitió un avance en los conceptos trabajados. Lo cual confirma la hipótesis de que la UD para la enseñanza de la estructura atómica de la materia, al articular el enfoque conceptual de la teoría cuántica y que considerar en su diseño los avances de la investigación didáctica, permite superar dificultades conceptuales de los estudiantes de educación secundaria.

Conclusiones

Los problemas conceptuales en el aprendizaje de la Teoría Cuántica por parte de los estudiantes de básica secundaria se derivan de que no reciben una formación adecuada en el tema, por tanto, no pueden relacionar nociones y conceptos de la Teoría Cuántica.

La metodología de diseño permite articular nociones de la teoría cuántica, los resultados de la investigación en la primera fase, materiales de enseñanza, de tal manera que la propuesta se consolida como un trabajo sistemático y contextualizado.

El desarrollo de la UD contribuye a superar problemas conceptuales en el aprendizaje, los resultados del post-test son positiva y estadísticamente significativos, tal como lo confirman la significación asintótica y el cálculo del tamaño del efecto para cada uno del ítem en los que se compara los resultados del pre-test y post-test.

Los momentos trabajados en la UD articulan situaciones socio-científicas, nociones fundamentales que permiten diferenciar los modelos clásicos, pre-cuántico del cuántico, así como asumir el quiebre entre la física clásica de la teoría cuántica.

Bibliografía

- Anderson, T., y Shattuck, J. (2012). Design based research: A decade of progress in education research? *Educational Researcher*. Volumen 41(1), 16–25.
- Brockington, G.; Pietrocola, M. (2005) Serão as regras da transposição didática aplicáveis aos conceitos de Física Moderna. *Investigações em Ensino de Ciências*, 10 (3), p. 387-404,
- Castrillón, J., Freire, O. y Rodríguez, B. (2014). Mecánica cuántica fundamental, una propuesta didáctica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 36(1), 1-12.
- Corral, Y. (2009). Validez y confiabilidad de los instrumentos de investigación para la recolección de datos. *Revista Ciencias de la Educación*, 19(33), 229-247.
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. (2nd ed.), New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Cuesta Beltrán, Y. y Mosquera Suárez, C. (2016). Algunas reflexiones en torno a las implicaciones de la NdC en Educación en Ciencias: el caso de la Enseñanza de la Mecánica Cuántica. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED Número Extraordinario* (921-927).
- Chevalard, Y. (1991). *La transposición didáctica*. Madrid: Aique
- Design-Based Research Collective. (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational researcher*, 32(1), 5-8.
- Easterday, M. W., Lewis, D. R., & Gerber, E. M. (2014). Design-based research process: Problems, phases, and applications. Boulder, CO: International Society of the Learning Sciences.
- Fanaro, M. (2009). *La enseñanza de la Mecánica Cuántica en la Escuela Media* (Tesis doctoral). Universidad de Burgos, Burgos, España.
- Grissom, R. J. & Kim, J. J. (2012). *Effect sizes for research: Univariate and Multivariate Applications*. New York: Routledge.
- Méheut, M., y Psillos, D. (2004). Teaching-learning sequences: aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education*. 26(5), 515–535.
- Nieveen, N. (2009). Formative evaluation in educational design research. In *An introduction to educational design research* (pp. 89–101). Enschede: SLO.
- Prajapati, B., Dunne, M., & Armstrong, R. (2010). Sample size estimation and statistical power analyses. *Optometry Today*, 16(7).
- Prieto, T., España, E. y Martín, C. (2012). Algunas cuestiones relevantes en la enseñanza de las ciencias desde una perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad. *Revista Eureka de Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1), 71-77.

- Savall F., Doménech J. L., Martínez Torregrosa, J. (2014). El espectroscopio cuantitativo como instrumento para la construcción y uso de modelos de emisión y absorción de radiación en física cuántica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 36(4), 4302.
- Solbes, J., y Sinarcas, V. (2010). Una propuesta para la enseñanza aprendizaje de la física cuántica basada en la investigación en didáctica de las ciencias. *Revista de enseñanza de la física*, 23(1 y 2), 57-84.
- Solbes, J. y Sinarcas, V. (2009). Utilizando la historia de la ciencia en la enseñanza de los conceptos claves de la física cuántica. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 23, 123-151.
- Solbes Matarredona, J., Muñoz Burbano, Z., & Ramos Zambrano, G. (2019). Enseñanza de la estructura atómica de la materia en Colombia. *Revista Historia De La Educación Colombiana*, 22(22), 117-140. <https://doi.org/10.22267/rhec.192222.54>