

Competencia representacional de profesores de física en torno al movimiento del electrón

Narciso Veron-Rojas ⁽¹⁾; Gabriel Leonardo Medina ⁽¹⁾; Ignacio Julio Idoyaga ^(1,2)

¹Centro de Investigación y Apoyo a la Educación Científica. Facultad de Farmacia y Bioquímica. Universidad de Buenos Aires.

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.

³Narciso.veron.n@gmail.com

Resumen

El artículo aborda la relevancia de las representaciones visuales (RV) en la enseñanza de la física, particularmente en el contexto de la física cuántica y el movimiento del electrón. Se examina cómo los profesores de física de nivel secundario emplean estas RV en su enseñanza. Un estudio con 21 profesores categoriza sus RV según niveles de competencia representacional propuestos en la literatura y emplea la triangulación del investigador. Los resultados indican que la mayoría de los profesores operan en niveles bajos de competencia, enfocándose en aspectos superficiales y mecánicos de las RV. Se subraya la importancia de cultivar mayor competencia representacional entre los profesores para que puedan usar las RV de manera más reflexiva y efectiva, especialmente en temas complejos como la física cuántica. Se concluye que mejorar la competencia representacional docente es esencial para facilitar una enseñanza más efectiva y ayudar a los estudiantes a comprender conceptos intrincados. Se propone prestar mayor atención a la formación de los profesores en la creación y aplicación de RV, con el propósito de aumentar la comunicación y comprensión de ideas de la ciencia en el entorno educativo.

Palabras clave: representaciones visuales; competencia representacional; profesores de física; movimiento del electrón.

Introducción

La enseñanza de la física requiere movilizar distintos tipos de representaciones semióticas referentes a complejos y abstractos modelos disciplinares (Oliva, 2019). Entre estas, las representaciones visuales (RV) ocupan un lugar preponderante en el circuito comunicativo de la disciplina. Este tipo particular de representaciones encripta significado en la distribución de marcas en un plano (Idoyaga, 2019) operando como prótesis de la mente (Pozo, 2017) para la construcción de conocimiento.

Las RV son frecuentemente diseñadas por profesores en el supuesto de que facilitan la comprensión de conceptos (Galagovsky, Di Giacomo y Castelo, 2009). En algunos casos se materializan como dibujos y explicaciones gráficas que los profesores elaboran para el abordaje de contenidos específicos. En este contexto, Kozma y Russell (2005) definen la competencia representacional como un conjunto de habilidades y prácticas que permiten utilizar de manera reflexiva una variedad de recursos representacionales para pensar, comunicar y actuar en relación con fenómenos naturales. De esta forma, individuos con poca competencia representacional suelen atender principalmente a las características superficiales de las RV para construir significados y recurrir a la aplicación mecánica de reglas simbólicas. En contraste, personas con mayor competencia son capaces de emplear una variedad de representaciones para explicar fenómenos, respaldar afirmaciones, resolver problemas y realizar predicciones. El desarrollo de la competencia representacional es fundamental para que los docentes puedan desempeñar su labor y comunicar ideas, adaptándose a las necesidades de los estudiantes.

La enseñanza de algunos capítulos disciplinares incluyen el uso de múltiples RV. Este es el caso de la física cuántica. Diversas investigaciones han señalado dificultades en el abordaje de estos tópicos. Esto se atribuye especialmente a que los fenómenos cuánticos, los conceptos y los modelos involucrados, están alejados de las percepciones cotidianas (Sinarcas y Solbes, 2013). Por ende, el estudio de los sistemas de representaciones utilizados para construir significados compartidos por profesores y estudiantes cobra especial interés. En particular, el estudio del movimiento del electrón implica una serie de procesos cognitivos ligados a la semiosis vinculados a las RV que merecen ser estudiados.

En consecuencia, este trabajo busca caracterizar las RV sobre el movimiento de un electrón, construidas por profesores de física de nivel secundario, vinculadas a los distintos niveles de competencia representacional.

Metodología

Se propuso un estudio exploratorio con pretensiones descriptivas. Participaron voluntariamente 21 profesores (P1 a P21) egresados de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso con alrededor de 5 años de experiencia en la docencia. Se aplicó una tarea de lápiz y papel que solicitaba construir una representación sobre cómo se mueve un electrón y explicar cómo utilizaría esa representación en sus clases. La tarea se aplicó en el desarrollo de una asignatura de postgrado. Para el análisis de datos se adoptaron las categorías propuestas por Kozma y Russell (2005) vinculadas a distintos niveles de competencia representacional (Tabla 1). Se recurrió a la triangulación (Donolo, 2009) de investigador: cada uno de los tres investigadores analizó y categorizó las RV de manera independiente según la categorización adoptada. Posteriormente, se realizó una discusión del análisis individual para identificar patrones, tendencias o divergencias y acordar el nivel de competencia representacional que se expresa en cada representación. De esta manera se buscó minimizar el impacto de la subjetividad en la interpretación de datos. Finalmente, se determinaron las frecuencias absolutas de cada categoría.

Tabla 1: Niveles de competencia representacional (Kozma y Russel, 2005)

| Nivel | Descriptor |
|----------------|--|
| 1: Descriptivo | Las RV se basan únicamente en sus características físicas (descripción isomorfa e icónica de un objeto o fenómeno en un punto en el tiempo). |
| 2: Simbólico | Las RV, además del nivel 1, incluye el uso de elementos simbólicos familiares tales como flechas o líneas para representar nociones dinámicas. Su uso es una lectura literal de las características de estos elementos simbólicos. |

| | |
|---------------|--|
| 3: Sintáctico | Las RV, además del nivel 2, se basan tanto en características físicas observadas como en entidades o procesos no observados pudiendo ser científicamente no exactas. Se centra en la sintaxis del uso, más que en su significado logrando conectar dos RV diferentes utilizando únicamente características superficiales y/o simbólicas compartidas. |
| 4: Semántico | Las RV, además del nivel 3, utilizan reglas sintácticas como significado relativo del fenómeno que representa. Logrando transformar una representación en otra según el significado compartido. |
| 5: Reflexivo | Las RV utilizadas garantizan afirmaciones dentro de un contexto retórico y particular construidas desde una posición epistemológica pública de que no somos capaces de experimentar directamente con ciertos fenómenos y estos sólo pueden ser entendidos a través de RV. |

Resultados

La figura 1 muestra la frecuencia de los diferentes niveles de competencia representacional de los profesores de la muestra. Las RV de los profesores fueron categorizadas de la siguiente manera (Tabla 2): 9 de 21 pertenecen al nivel 3 de representación (sintáctico), 7 de 21 se ubican en el nivel 2 (simbólico), 2 de 21 nivel 1 (descriptivo), 2 de 21 al nivel 4 (semántico) y solo 1 de 21 al nivel 5 (reflexivo).

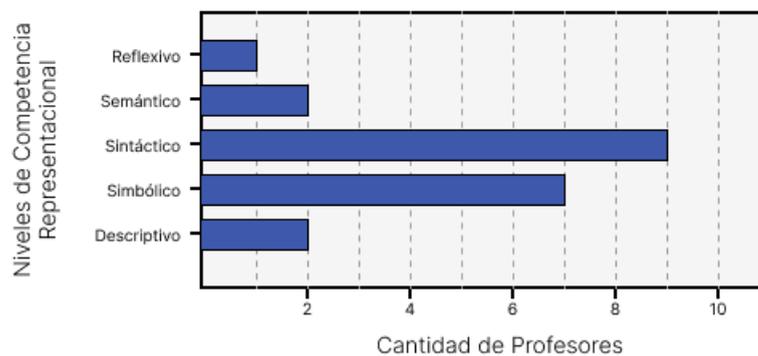


Figura 1: Frecuencia de los niveles de competencia representacional.

Tabla 2: Profesores y los niveles de competencia representacional.

| | Nivel Descriptivo | Nivel Simbólico | Nivel Sintáctico | Nivel Semántico | Nivel Reflexivo |
|-------------------|--------------------------|------------------------|---|--|------------------------|
| Profesores | P1 - P2 | P7 | P3 - P4 - P5 - P6 - P8 - P10 - P11 - P12 - P13 | P9 - P14 - P15 - P16 - P17 - P20 - P21 | P18 |

A modo de ejemplo, en la figura 2A se observa la representación propuesta por P1, categorizada como nivel descriptivo. Esta representación está enfocada únicamente en características físicas y enfatiza la posición del electrón dentro de la estructura del átomo. Se observa, en la figura 2B, la representación realizada por P7 catalogada como nivel simbólico. Esta representación, además de presentar características físicas, se centra en la literalidad. Las flechas, líneas y puntos son utilizados para describir nociones dinámicas, destacando el cátodo (cuadrado con el signo “-”), el ánodo (cuadrado con el signo “+”), la posición de los electrones dentro de un material conductor (cilindro) y la batería (rectángulo). La representación sugerida por P3 (figura 2C) se sitúa en el nivel sintáctico. Logra vincular dos representaciones (orbitales atómicos y material conductor) destacando el signo de la carga y la posibilidad de encontrarlos en diferentes contextos. En la figura 2D se observa la representación realizada por P9, ubicada en el nivel semántico. Esta representación, además de las características físicas y simbólicas compartidas entre las imágenes, modela el significado común del salto del electrón en los orbitales según el modelo Bohr mediante el uso de colores, flechas, puntos, palabras y símbolos con una función específica para construir significado. Por último, la figura 2E muestra la representación realizada por P18, tipificada como nivel reflexivo. Esta hace hincapié en un desarrollo discursivo introductorio haciendo mención del modelo disciplinar de Rutherford. Se utilizan diferentes figuras retóricas, por ejemplo, las aspas de un ventilador, con una marcada postura epistemológica sobre la comprensión de la naturaleza del fenómeno. Además, se mencionan distintos movimientos posibles del electrón como la deflexión en torno a un campo y rotación del mismo (spin).

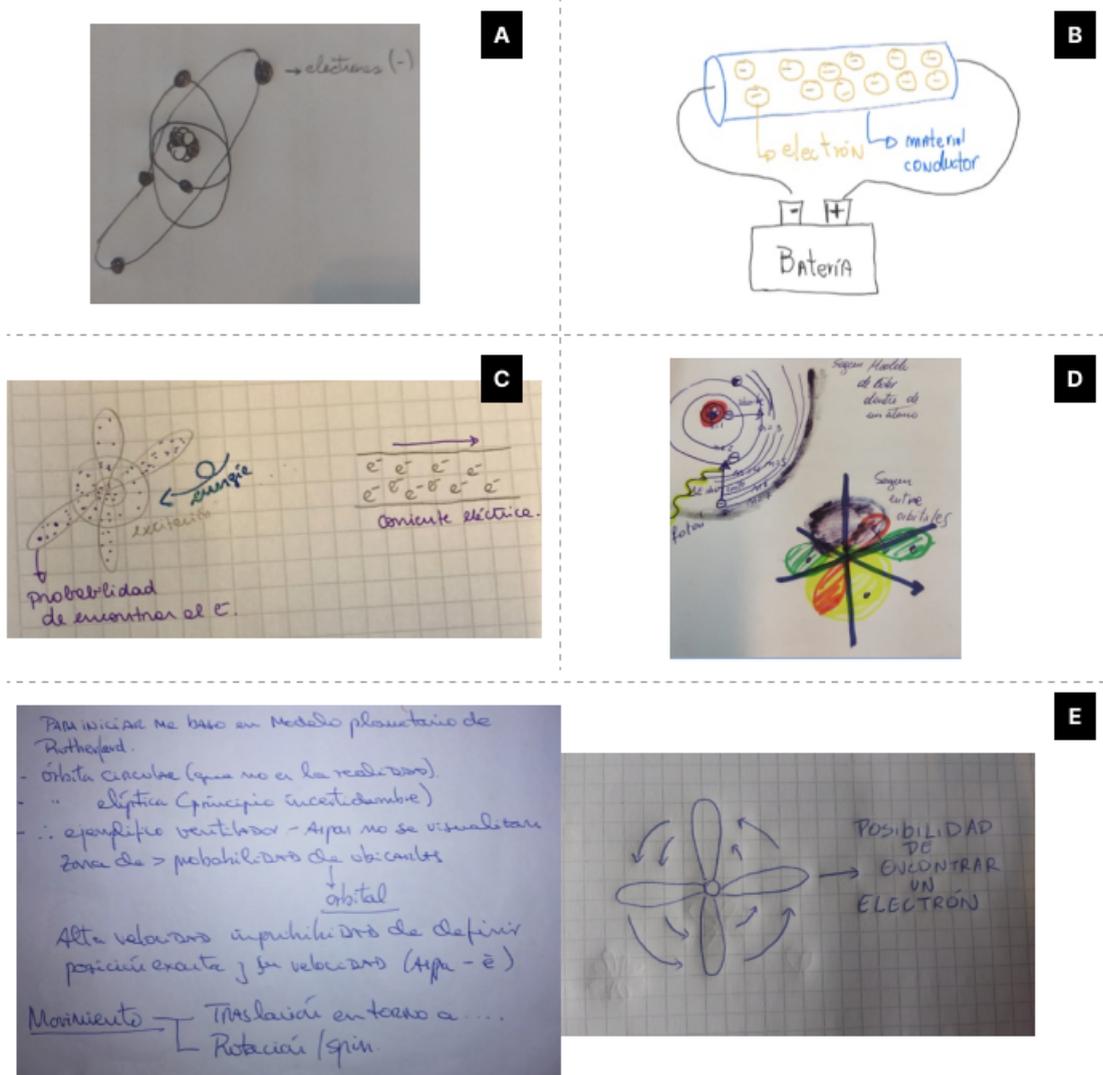


Figura 2: RV de los profesores sobre el movimiento del electrón.

Los resultados muestran que en los profesores de física de nivel secundario persisten dificultades para operar representacionalmente con altos niveles de competencia. Es decir, no logran utilizar las representaciones como elementos retóricos y reflexivos potentes. Los profesores que alcanzaron el nivel 3 (sintáctico) excluyen los factores dinámicos (energía y campo) responsables de que el electrón se pueda mover. Emplean únicamente características superficiales para poder explicar cómo se mueve un electrón, considerando exclusivamente la translación de electrones en un material conductor como contexto posible de este. De esta manera, los docentes dejan atrás el uso semántico de representaciones que den cuenta por ejemplo del salto cuántico entre diferentes orbitales atómicos y la rotación propia (spin) de esta partícula fundamental.

Los docentes que llegan al nivel semántico de competencia representacional hacen uso de los modelos disciplinares (Rutherford y Bohr) para enmarcar y contextualizar su explicación la explicación del movimiento del electrón. Como ejemplo de esto podemos observar solo un caso en que la explicación consideraba diferentes contextos que median o alteran el movimiento del electrón (figura 3).

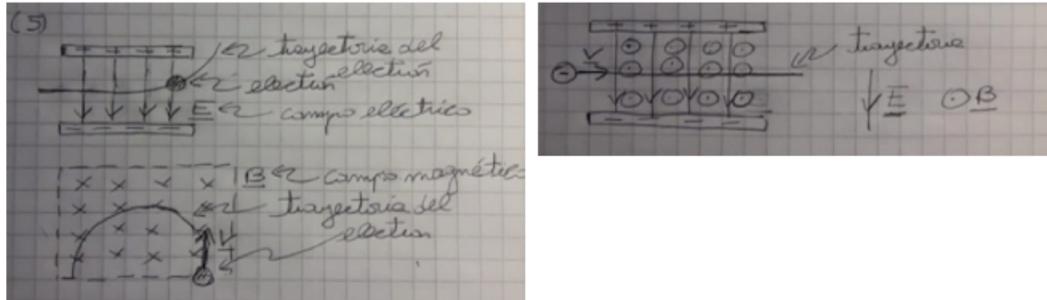


Figura 3: RV del movimiento de un electrón en diferentes contextos.

Conclusión

La educación en ciencias despliega un híbrido semiótico donde RV y otros tipos de representación actúan de manera sinérgica para aumentar la probabilidad de que se alcance el significado canónico de las ideas de la disciplina. En este sentido, la competencia representacional del profesorado resulta un factor condicionante de su enseñanza. Así, revisar el tipo de RV que los profesores pueden generar en el marco de sus explicaciones resulta un insumo valioso para la reflexión sobre la práctica y para la mejora continua.

Estudios como este pueden alertar sobre necesidades formativas del profesorado en lo que repercute al trabajo con representaciones. Es necesario realizar una adecuada vigilancia representacional en torno al movimiento del electrón. En donde los docentes releven, revisen, clasifiquen y reflexionen sobre la sintaxis, función de uso y naturaleza de las representaciones de elaboración propia que utilizan con sus estudiantes. De esta manera, las propuestas de enseñanza podrían alcanzar los niveles más altos de competencias representacionales. Y por lo tanto, reducir los sesgos que operan como obstáculos para que los estudiantes alcancen el significado canónico de los conceptos de la disciplina como la física, y específicamente de la física cuántica, con una alta carga semiótica. Cabe mencionar, que prestar especial atención a las características semióticas del circuito comunicativo que se despliega en clase y a la posibilidad de los actores de

usarlas como objetos de negociación de significados, resulta clave para mejorar la enseñanza. Incluso cuando en la formación inicial de los profesores de física esta perspectiva puede no estar siendo tomada en cuenta.

Referencias bibliográficas

- Donolo, D. S. (2009). Triangulación: Procedimiento incorporado a nuevas metodologías de investigación. *Revista digital universitaria*, 10 (8), 1-10.
- Galagovsky, L., Di Giacomo, M. y Castelo, V. (2009). Modelos vs. dibujos: el caso de la enseñanza de las fuerzas intermoleculares. *Revista electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 8(1), 1-22.
- Idoyaga, I. (2019). Las representaciones gráficas en la enseñanza y el aprendizaje de la física en la universidad (tesis doctoral). Universidad de Buenos Aires. Facultad de Farmacia y Bioquímica. Disponible en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad de Buenos Aires.
- Kozma, R., y Russell, J. (2005). Students Becoming Chemists: Developing Representationl Competence. In J. K. Gilbert (Ed.), *Visualization in Science Education*, 121–145.
- Oliva, J. M. (2019). Distintas acepciones para la idea de modelización en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias didácticas*, 37(2), 5-24.
- Pozo, J. I. (2017). Learning beyond the body: from embodied representations to explicitation mediated by external representations/Aprender más allá del cuerpo: de las representaciones encarnadas a la explicitación mediada por representaciones externas. *Infancia y Aprendizaje*, 40(2), 219-276.
- Sinarcas, V. y Solbes, J.(2013): Dificultades en el aprendizaje y la enseñanza de la Física Cuántica en el bachillerato. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*. 31 (3), 9-25.