

PROMOCIÓN Y ARTICULACIÓN DE REGISTROS SEMIÓTICOS DE REPRESENTACIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA

PROMOTION AND ARTICULATION OF SEMIOTIC REGISTERS OF REPRESENTATION IN PHYSICS EDUCATION

Raúl Prada Núñez¹

Audin Aloiso Gamboa Suarez²

William Rodrigo Avendaño Castro³

6 3 9

RESUMEN

Algunos conceptos desarrollados desde la Educación Matemática tienen aplicación en la enseñanza de la Física, como es el caso del uso y articulación de los registros semióticos de representación que ha demostrado sus aportes en el aprendizaje de los estudiantes. Este proyecto de investigación reporta los resultados derivados de una investigación adelantada con docentes que orientan Física en el nivel de Educación Secundaria y Media, con el fin de caracterizar los recursos didácticos que habitualmente implementan en su proceso de enseñanza. Se hace uso del enfoque mixto de investigación, dónde inicialmente se aplica un cuestionario

para luego complementar la información con una entrevista semiestructurada. Los resultados permiten evidenciar el uso recurrente por parte de los docentes de situaciones mecánicas que dista de la solución real de problemas, por lo que siempre hacen uso de los siguientes registros semióticos de representación y en ese orden siempre: lenguaje natural, expresión algebraica y representación gráfica. Dado que el proceso es siempre en esa dirección, limita el entendimiento de conceptos y aprendizajes de los conceptos de Física necesarios tanto en el entorno académico como en su cotidianidad.

PALABRAS CLAVE:

Registros semióticos de representación, Cinemática, docentes, práctica pedagógica en Física.

¹ Magister en Educación Matemática. Facultad de Educación, Artes y Humanidades. E-mail: raulprada@ufps.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6145-1786>

² Doctor en Ciencias de la Educación. Facultad de Educación, Artes y Humanidades. Email: audingamboa@ufps.edu.co, Orcid: <http://orcid.org/0000-0002-4375-1993>

³ Doctor en Ciencias Sociales y Humanas. Facultad de Ciencias Empresariales. E-mail: williamavendano@ufps.edu.co, Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7510-8222>

SUMMARY

Some concepts developed from Mathematics Education have application in the teaching of Physics, as is the case of the use and articulation of semiotic registers of representation that have demonstrated their contribution to student learning. This research project reports the results of an investigation carried out with teachers who teach Physics at Secondary and Middle School level, with the aim of characterising the didactic resources that they usually implement in their teaching process. A mixed research approach is used, where initially a questionnaire is applied and then the information is complemented with a semi-structured interview. The results show the recurrent use by teachers of mechanical situations that are far from the real solution of problems, so they always make use of the following semiotic registers of representation and always in that order: natural language, algebraic expression and graphic representation. Given that the process is always in this direction, it limits the understanding of concepts and the learning of Physics concepts necessary both in the academic environment and in everyday life.

KEYWORDS:

Semiotic registers of representation, kinematics, teachers, pedagogical practice in physics.

INTRODUCCIÓN

En el campo de investigación de la Educación Matemática se destaca las representaciones semióticas, tal como lo afirman D'Amore et al. (2013), la adquisición de un concepto matemático necesariamente debe pasar por la adquisición de una o más representaciones, las cuales podrían ser representaciones mentales o semióticas. Estas últimas son el objeto de esta investigación y están relacionadas con la semiosis (relacionada con la acción de marcar por un signo) y la noesis (relacionada con la comprensión conceptual) (Duval, 1999).

En el proceso de enseñanza se reconoce la importancia que juega el docente y su fuerte influencia en el éxito académico, es decir, que el estudiante alcance el aprendizaje. En este sentido, se sugiere que el docente esté constantemente reflexionando sobre la forma cómo sus estudiantes aprenden, sobre las características de su práctica pedagógica, para así lograr identificar aquellas actividades o procesos que resultaron acertados en el aprendizaje del estudiante. Duval (2004) reflexiona sobre las dificultades que exhiben los estudiantes en el aprendizaje de las matemáticas:

El reto de una investigación sobre la enseñanza de las matemáticas no es solo saber cuáles contenidos enseñar y de qué manera introducirlos en clase, sino también analizar las razones estructurales de los problemas de comprensión con los cuales se enfrentan la mayoría de alumnos de todos los niveles de enseñanza. (p. 29)

Luego lo anterior ratifica que el aprendizaje de las matemáticas ofrece todo un abanico de intereses para el desarrollo del pensamiento del ser humano, puesto que desde los Lineamientos Curriculares emanados por el Ministerio de Educación Nacional (Mineducación), se promocionan una serie de procesos asociados con la actividad matemática (como lo son la comunicación, el razonamiento, la modelación, la ejecución de procedimientos y la resolución de problemas).

Desde las directrices del Mineducación (1998) se resalta la importancia de potenciar estos procesos, por ejemplo, el razonamiento se define como "ordenar las ideas y lograr llegar a una conclusión" (p. 54), conclusiones que requieren ser comunicadas luego "la comunicación es la esencia de la enseñanza y el aprendizaje" (p. 75), todo con el fin de que el estudiante tenga la capacidad para resolver problemas "en la medida que los estudiantes van resolviendo

problemas van ganando confianza en el uso de las matemáticas” (p. 52).

El desarrollo de esos procesos no sólo ayuda al estudiante a ser matemáticamente competente, puesto que le permite extrapolar estas competencias para potenciar el aprendizaje de otras áreas dentro de su currículo de formación, como es el caso del estudio de la Física, en dónde los procesos y conceptos matemáticos tienen aplicación y sirven de base o sustento para su entendimiento y apropiación.

TEORÍA DE LAS REPRESENTACIONES SEMIÓTICAS

Propuesta por Duval (1993) que ofrece un referente teórico con la finalidad de analizar las representaciones que emplean tanto docentes como estudiantes en la solución de problemas. Considera que los sistemas de representación que se utilizan en matemáticas corresponden a figuras, gráficas, expresiones algebraicas y lenguaje natural. Cada una de estas representaciones son en sí mismas, un sistema de signos que resultan accesibles a aquellas personas que poseen la capacidad de interpretar dicho sistema de signos (Varettoni & Elichiribehety, 2010).

La teoría defiende su efecto en el proceso de aprendizaje de las matemáticas, a la luz de que entre más representaciones semióticas diferentes se tengan de un mismo objeto, aporta al mejoramiento de la comprensión en los sujetos. Pero al tener diversas representaciones de un mismo objeto se necesita que el sujeto tenga la capacidad de transformar de una representación a otra, que esté expresada en un sistema semiótico diferente, o lo que es equivalente a generar correspondencias entre las características de ambos sistemas de representación (inicial y final).

Tal como lo señala Duval (1999) en los procesos de enseñanza tradicional se favorece el uso

de uno o dos registros de representación y su conversión unidireccional, situación que limita el proceso de aprendizaje. En este sentido García y Perales (2006) afirman que “el problema de los conocimientos aprendidos de esta forma es que no pueden ser movilizados o transferidos para ser usados en otro contexto diferente a aquél en el que fueron aprendidos y que incluya, además, registros semióticos diferentes” (p. 249).

Una postura opuesta afirma que un aprendizaje focalizado en la articulación de las representaciones y por ende en la coordinación de diferentes tipos de registros semióticos favorece una comprensión efectiva e integradora, que posibilita la transferencia de los conocimientos aprendidos y genera resultados positivos en las macro tareas de producción y comprensión como lectura, escritura y resolución de problemas (Egret & Duval, 1989; Duval, 1991).

En cuanto a la utilización y comprensión de las representaciones semióticas por parte de los estudiantes, algunos trabajos resaltan diversos problemas, por ejemplo, Galagovsky y Aduriz-Bravo (2001) afirman que no suelen comprender la naturaleza metafórica de ellas, mientras que en la investigación de Seufert (2003) reseña que cuando analizan varias representaciones se centran en una sola de ellas y en sus características que casi siempre suelen ser poco relevantes conceptualmente y cuando utilizan diversas representaciones tienen dificultades en su coordinación e integración; y en este sentido Tabachneck y Simon (1998) afirma que estas conexiones sólo las realizan cuando el estudiante se enfrenta al proceso de resolución de problemas.

En este artículo se exponen los resultados de una investigación pedagógica en la que se exploran las diversas representaciones semióticas que utilizan los docentes de Física para exponer y desarrollar los temas con sus estudiantes en

los niveles de Educación Básica Secundaria y Media Técnica.

METODO

Esta investigación se desarrolla ajustándose al enfoque mixto puesto que permite rescatar las fortalezas de cada enfoque garantizando la complementariedad de los datos que se recolectan en cada fase del proceso (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018). La fase cuantitativa se desarrolla haciendo uso de un cuestionario compuesto por dos secciones, inicia con la determinación del perfil demográfico y profesional del docente informante, seguido de tres ítems en dónde se definía para cada

ítem un tema del curso de Física Mecánica que habitualmente deben ser desarrollados en el currículo escolar en Colombia.

En estas situaciones se les pedía a los docentes informantes que propusieran para el tema en cuestión un ejercicio o problema de los que habitualmente ellos desarrollaban en sus clases con sus estudiantes. En esta fase de la investigación no se les proporcionó más orientación a los docentes que la ya mencionada. Se esperaba analizar de forma descriptiva cada una de las situaciones propuestas a la luz de los criterios de observación que se relacionan en la Tabla 1).

Tabla 1. Tabla comparativa de los argumentos dados según la opción de respuesta

Criterio de observación	Niveles de respuesta
¿Se apoya de material para proponer la situación?	Si No
Tipo de situación propuesta	Ejercicio. Problema o situación en contexto.
Número de registros semióticos utilizados	Cantidad total de registros
Registro semiótico principal	Lenguaje natural - LN Figura o esquema - F Gráfica en el plano bidimensional - G Expresión algebraica - EA
¿La situación propuesta demanda de la articulación de registros semióticos?	Si No
¿Cuál es el orden de articulación de los registros que demanda la solución?	Se identifican todas las posibles rutas de combinaciones posibles con los cuatro registros semióticos de representación.

Una vez se recolectaron y analizaron los datos consignados en el cuestionario, se avanzó a la fase cualitativa en la que se adelantó una entrevista en profundidad con los docentes con la única intención de ahondar en las razones por las cuales propusieron esas situaciones para así

identificar el registro de representación semiótico que más promueve el docente en el aula y si propone articulación de diversos registros. Todas las respuestas fueron procesadas de forma descriptiva.

Luego a partir de la metodología desarrollada en la exploración se puede concluir que la investigación adopta la combinación de los enfoques cuantitativo y cualitativo, ajustado al nivel descriptivo siguiendo un diseño de campo. La población la conforman la totalidad de docentes que orientan la asignatura de Física en las tres instituciones educativas que fueron objeto de análisis y que tienen domicilio en el municipio de Villa del Rosario, de ellas dos eran de naturaleza pública y una privada. El tamaño de la población fue de once docentes, de los cuales cinco de ellos se vincularon de forma voluntaria a la muestra, por lo que el muestreo es no probabilístico (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018).

RESULTADOS

PERFIL DEMOGRÁFICO Y PROFESIONAL

Del grupo de docentes informantes se destaca que existe predominio del género masculino con el 80% de los casos, cuya edad promedio es de 41.3 años, evidenciando más de 10 años de experiencia como docentes orientando la asignatura de Física. La totalidad de ellos han realizado estudios de postgrado a nivel de especialización, el 40% poseen título de magister, pero ninguno en el área disciplinar debido a que en la región no existe oferta académica de esta área de formación, por lo que han optado en potenciar sus competencias pedagógicas y en la implementación de recursos TIC en el desarrollo de su rol docente. Ninguno de ellos ha participado en proyectos de investigación diferentes a los derivados de los trabajos de grado en los diversos estudios realizados; no han sido ponentes en eventos académicos ni han publicado artículos.

ANÁLISIS PEDAGÓGICO DE LAS SITUACIONES ACADÉMICAS

Como ya se mencionó anteriormente la investigación adelantada fue mixta, pero

se reportan sólo los resultados de la fase cuantitativa. Se presentaron tres ítems en los que se les proporcionó el tema a cada docente con la finalidad de que sugirieran un ejercicio o situación problema que habitualmente hacían uso al explicar el tema en clase. Los temas sugeridos en su orden fueron: a) *Situación 1*, descripción del movimiento de los cuerpos; b) *Situación 2*, causas del movimiento de los cuerpos; y c) *Situación 3*, equilibrio de los cuerpos. Se reitera que los investigadores nunca proporcionaron indicaciones adicionales a los docentes informantes, para evitar influir en la respuesta que ellos sugirieran, al punto de comentarles que esto era una investigación preliminar para poder definir una línea de investigación en Enseñanza de las Ciencias dentro de un programa de formación de docentes en la ciudad de San José de Cúcuta. Debido a las limitaciones de extensión de este artículo a continuación se revisan por medio de tablas los resultados obtenidos en cada una de las situaciones propuestas.

Situación 1. Descripción del movimiento de los cuerpos: Por medio de la Tabla 2 se puede observar que la totalidad de los docentes recurrieron a sus notas de clase, preparadores, planeación o texto guía para sugerir la situación del tema mencionado. De este comportamiento se resalta que a pesar de sus años de experiencia los docentes recurren a sus apuntes o texto guía, puesto que valoran positivamente el uso, la estructura, la comprensión y la utilidad que ellos le aportan a su ejercicio pedagógico tal como se reseña en la investigación de Serrano-Sánchez et al. (2020). Con respecto al tipo de situación propuesta se observa que todos presentaron situaciones en contexto, pero con intenciones diferentes, puesto que tres docentes priorizan determinar alguna magnitud (posición, velocidad, tiempo) pero con la previa conversión de unidades, mientras que los restantes sugieren hacer uso del registro gráfico para dar solución a la situación planteada. En resalta que

el 80% de los docentes sugieren el enunciado haciendo uso de sólo un registro semiótico de representación proponiendo como tarea el determinar el valor de una variable asociada con los datos proporcionados mediante una expresión algebraica (Ecuación 1):

$$v_{(t)} = X_{(t)}/t. \quad (1)$$

De ellos sólo un docente sugiere realizar un gráfico en una dimensión como paso intermedio en dónde ubique el comportamiento del cuerpo durante el movimiento descrito para luego calcular la posición final respecto al punto de referencia (incluyendo conversión de unidades también). Finalmente, el 20% de los docentes informantes propone una situación en la que combina dos registros de representación, pero es el registro gráfico el más relevante, puesto

que para ese docente la importancia se centra en la interpretación de gráficas y no en la realización de operaciones. Los resultados permiten evidenciar en más de la mitad de los informantes un proceso de enseñanza procedimental argumentando el razonamiento en el hecho de aplicar conversión de unidades como paso intermedio, mientras que el 40% de los docentes sugieren un proceso relativamente diferente obligando al estudiante a apoyarse en el registro gráfico como herramienta para mejorar la comprensión de la situación, en este sentido los resultados del trabajo de Fernández et al. (2009) invitan a cambiar las dinámicas del trabajo en clase, con el fin de dar mayor protagonismo al estudiante evitando prácticas repetitivas alejadas del razonamiento y la resolución de problemas.

Tabla 2. Informe de los criterios de análisis derivados de la Situación 1

Criterio de observación	Niveles de respuesta
¿Se apoya de material para proponer la situación?	El 80% de los docentes recurrieron a sus preparadores de clase para revisar sus notas y así formular la situación exigida. El porcentaje restante, hace uso del libro guía y toma una situación propuesta en el libro.
Tipo de situación propuesta	La totalidad sugirieron situaciones en contexto, pero el 60% propusieron situaciones que implicaba realizar conversión de unidades para llegar a la respuesta. El 20% describió el comportamiento de un cuerpo que se mueve de oriente a occidente con diversas velocidades empleando tiempos diferentes ello con el fin de que el estudiante determine su posición final respecto al punto de referencia. El 20% propuso una situación de movimiento de un cuerpo presentando el enunciado y lo acompañó de un gráfico de Velocidad-Tiempo para que el estudiante escriba lo que sucede en cada momento del recorrido.
Número de registros semióticos utilizados	El 80% utilizan sólo un registro semiótico, mientras que el 20% restante utiliza dos registros de representación semiótico.
Registro semiótico principal	El 80% hacen uso del lenguaje natural en la formulación del enunciado, mientras que el 20% restante, combina lenguaje natural con el registro gráfico en el plano bidimensional.

¿La situación propuesta demanda de la articulación de registros semióticos?	En la totalidad de los casos propuestos demanda de la articulación de registros de representación, observando que en el 80% de los casos se articulan dos registros, mientras que en el porcentaje restante se requiere de la articulación de tres registros semióticos.
¿Cuál es el orden de articulación de los registros que demanda la solución?	En el 60% de los casos es LN-EA con paso intermedio en la conversión de unidades. El 20% propone LN-F-EA, mientras el 20% restante sugiere LN-G-LN.

Situación 2. Causa del movimiento de los cuerpos:

En esta situación se repite la revisión de sus apuntes y notas de clase por parte de los docentes con el fin de seleccionar la situación que consideran ideas para representar el tema dado. Se identificó que en todos los casos los docentes informantes optaron por situaciones más reflexivas, como es el caso del 60% de ellos quienes sugirieron situaciones asociadas con la Ley de la Inercia orientada al entendimiento del concepto, por ejemplo, ¿Cómo se puede saber si sobre un cuerpo está actuando una fuerza diferente de cero?, Si un cuerpo se mueve con movimiento uniforme ¿se podría afirmar que la fuerza que actúa sobre él es constante?, Si sobre un cuerpo actúa sólo una fuerza, ¿el cuerpo se mueve con velocidad constante?. Un docente optó por la Ley del Movimiento, pero con la sugerencia de incorporar un proceso

algebraico de apoyo para poder dar respuesta: ¿En qué porcentaje varía la aceleración de un cuerpo cuando su masa se incrementa en el doble y la fuerza se mantiene constante?, y el otro docente propone una situación asociada con la Ley de la acción y la reacción, pero en su proceso redacta en lenguaje natural partiendo de un contexto muy cotidiano y le pido a sus estudiantes que articulen con una figura haciendo uso de conceptos previamente vistos (vector): Dibuja por medio de vectores el par de fuerzas de acción y reacción cuando un globo se está desinflando. Como se puede observar en esta situación los docentes intentaron proponer situaciones centradas más en el entendimiento de conceptos, lo cual resulta positivo dado que en diversos trabajos se ha resaltado la pobreza conceptual en Física que experimentan los estudiantes antes de ingresar a la educación superior (Pérez, et al., 2010).

Tabla 3. Informe de los criterios de análisis derivados de la Situación 2

Criterio de observación	Niveles de respuesta
¿Se apoya de material para proponer la situación?	La totalidad de los docentes se apoyan en el material que tienen ya preparado de clase, para la elección y postulación de la situación.

Tipo de situación propuesta	El 60% de los docentes proponen situaciones asociadas con la primera ley de Newton, mientras que el 40% restante se distribuye en partes iguales entre las segunda y tercera ley de Newton. En todos los casos son situaciones en contexto en la que se requiere la aplicación de operaciones entre magnitudes.
Número de registros semióticos utilizados	La totalidad de ellos utilizan un solo registro semiótico para presentar la situación y dentro de las preguntas sugeridas se resalta la necesidad de utilizar un registro adicional.
Registro semiótico principal	La totalidad de los enunciados se han expresado en lenguaje natural, pero de ellos el 80% combinan en dicha redacción valores asociados con algunas de las variables consideradas en el contexto.
¿La situación propuesta demanda de la articulación de registros semióticos?	En todos los casos se requiere de la articulación de dos registros de representación, demandando en el 80% de los casos pasar de lenguaje natural a expresión algebraica para determinar el dato desconocido, mientras que el 20% restante, pide articular de lenguaje natural a la construcción de una figura o esquema de la situación.
¿Cuál es el orden de articulación de los registros que demanda la solución?	En el 80% de los casos es LN-EA-LN mientras que el 20% restante demanda la articulación de LN-F.

6 4 6

Situación 3. Equilibrio de los cuerpos: Sigue siendo recurrente en los docentes informante la consulta de sus apuntes para la identificación de la situación a sugerir. Se resalta como un aspecto destacado que todos los docentes hicieron uso del registro de representación gráfico para la situación propuesta y complementan la situación con un enunciado en el que se define la acción a realizar. En el 80% de los casos no demandaron de procesos o cálculo de valores, puesto que los docentes priorizaron la ubicación de las fuerzas actuantes según la figura dada: a) propone un plano inclinado con un cuerpo sobre él; b) presenta un cuerpo sobre una superficie horizontal; c) un cuerpo suspendido del techo; d) un peso suspendido en el aire, pero sostenido por dos cuerdas con ángulos diferentes. Es decir, estos docentes dieron prioridad a la primera condición de equilibrio que corresponde al equilibrio de traslación; mientras que un docente optó por presentar una figura correspondiente al tema de momento de fuerza o torque de una fuerza, para lo cual recurre a un dibujo clásico en el que se muestra un brazo sosteniendo un

cuerpo en la palma de la mano y la pregunta es ¿en cuál de las siguientes partes del brazo se aplica mayor torque: muñeca, codo u hombro? Con estas situaciones los docentes pretenden reforzar las capacidades como formular hipótesis, argumentar, imaginar, ser creativos y construir alternativas de solución a problemas del entorno; que son objetivos que reiterados en los Lineamientos Curriculares (Mineducación, 1998) y en los Estándares de Competencias (Mineducación, 2004) en Ciencias Naturales.

Tabla 4. Informe de los criterios de análisis derivados de la Situación 3

Criterio de observación	Niveles de respuesta
¿Se apoya de material para proponer la situación?	La totalidad de los docentes se apoyan en el material que tienen ya preparado de clase, para la elección y postulación de la situación.
Tipo de situación propuesta	La totalidad de los docentes informantes proponen situaciones que parten del registro gráfico y en ellas piden la ubicación de las fuerzas que están actuando en el esquema dado.
Número de registros semióticos utilizados	En todos los casos se hace uso de la figura de una situación y en 20% de los casos colocan valores sólo con el fin de cuantificar el efecto esperado.
Registro semiótico principal	Las situaciones propuestas se enuncian en lenguaje natural pero la información principal se concentra en la figura dada.
¿La situación propuesta demanda de la articulación de registros semióticos?	El 80% de los docentes no proponen la articulación de registros semióticos de representación, dado que la actividad demandada corresponde a la ubicación de las fuerzas actuantes dentro de la misma figura. En un caso el docente propone el razonamiento del estudiante para lo cual proporciona algunos valores numéricos dentro de la figura, luego hay articulación de dos registros.
¿Cuál es el orden de articulación de los registros que demanda la solución?	En el 80% de los casos es LN-F-F mientras que el 20% restante demanda la articulación de LN-F-EA.

6 4 7

CONCLUSIONES

Con la realización de esta investigación y tras el reporte de la fase cuantitativa, se pudo identificar varios aspectos asociados con el trabajo docente. Primero, a pesar de la experiencia que manifestaron poseer en el área de Física, los docentes informantes en todas las situaciones propuestas consultaron sus apuntes de clase, el texto o sus guías de clase posiblemente amparados en la concepción de que sus apuntes se han ido depurando con el tiempo y con las experiencias de aula por lo que consideran que son fiables para alcanzar los objetivos esperados.

En segundo aspecto, se identificó que los docentes dependiendo del tema tienen

preferencia por el uso de un registro de representación más que otro, que estos registros se incorporan dependiendo de la competencia que deseen reforzar, pero lo que sí es claro es que existe cierto favoritismo hacia a no utilizar más de dos registros de representación en una situación propuesta. Luego este aspecto podría limitar en los estudiantes sus competencias de razonamiento y generación de alternativas de solución.

Un tercer aspecto a destacar, es que independientemente del tema propuesto ningún docente pide en sus actividades propuestas que el estudiante al final, redacte una conclusión en la que se contextualice el resultado encontrado

por lo que se pierde una oportunidad de validar este resultado a la luz de lo lógico que podría ser en el contexto de la situación.

Finalmente, con este trabajo se aporta un antecedente pedagógico tendiente a reflexionar sobre la calidad del proceso de enseñanza de la Física y de la forma como se pueden generar sinergias entre áreas del saber, con la única intención de proporcionar a los estudiantes herramientas de análisis que apunten a garantizar la calidad del aprendizaje.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- D'Amore, B., Fandiño, M. I., & Lori, M. (2013). *La semiótica en la didáctica de la matemática*. Magisterio.
- Duval, R. (1991). Interaction des niveaux de représentation dans la compréhension des testes. *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives*, 4, 163-196.
- Duval, R. (1993). Registres de représentation sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée. *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives*, 5, 37-65.
- Duval, R. (1999). *Semiósis y pensamiento humano. Registros semióticos y aprendizajes intelectuales*. Artes Gráficas Univalle.
- Duval, R. (2004). *Semiósis y pensamiento humano. Registros semióticos y aprendizaje intelectuales*. Artes Gráficas Univalle.
- Egret, M. A., & Duval, R. (1989). Comment une classe de quatrième a pris de conscience de ce que est une démarche de démonstration. *Annales de Didactique et de Sciences cognitives*, 2, 41-64.
- Fernández, M. T., Tuset, A. M., Pérez, R. E., & Leyva, A. C. (2009). Concepciones de los maestros sobre la enseñanza y el aprendizaje y sus prácticas educativas en clase de Ciencias Naturales. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 27(2), 287-298.
- Galagovsky, L., & Adúriz-Bravo, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales, el concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), 231-242.
- García, J. J., & Perales, F. J. (2006). ¿Cómo usan los profesores de Química las representaciones semióticas? *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 5(2), 247-257.
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw Hill.
- Ministerio de Educación Nacional. (1998). *Lineamientos Curriculares. Ciencias Naturales y Educación Ambiental*. Cooperativa Editorial Magisterio.
- Ministerio de Educación Nacional. (2004). *Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales*. Mineducación.
- Pérez, M. C., Benegas, J., Cabrera, J. S., Espejo, R., Macías, A., Otero, J., Seballos, S., & Zavala, G. (2010). Comprensión de conceptos básicos de la Física por alumnos que acceden a la universidad en España e Iberoamérica: limitaciones y propuestas de mejora. *Latin-American Journal of Physics Education*, 4(3), 28.
- Serrano-Sánchez, J. L., González-Calatayud, V., & Román-García, M. M. (2020). El Texto Guía como recurso didáctico en la enseñanza universitaria. *Research in Education and Archives*, 25, 54-67.
- Seufert, T. (2003). Supporting coherence formation in learning from multiple representations. *Learning and Instruction*, 13(2), 227-237.
- Tabacneck, H. J. M., & Simon, H. A. (1998). One-person, multiple representations. An analysis of a simple, realistic multiple representation learning task. In *Learning with Multiple Representations*, Elsevier.

Varettoni, M., & Elichiribehety, I. (2010).
Los registros de representaciones
que emplean docentes de Educación
Primaria: un estudio exploratorio. *Revista
electrónica de investigación en educación
en ciencias*, 5(2), 44-52.