

César Mora

cmoral@ipn.mx

Instituto Politécnico Nacional, Brasil

**REAMEC – Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**

Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

ISSN-e: 2318-6674

Periodicidade: Frecuencia continua

vol. 7, núm. 3, 2019

revistareamec@gmail.com

Recepção: 19 Setembro 2019

Aprovação: 22 Outubro 2019

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/437/4371998010/index.html>

DOI: <https://doi.org/10.26571/reamec.v7i3.9278>

Os direitos autorais são mantidos pelos autores, os quais concedem à Revista REAMEC – Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática – os direitos exclusivos de primeira publicação. Os autores não serão remunerados pela publicação de trabalhos neste periódico. Os autores têm autorização para assumir contratos adicionais separadamente, para distribuição não exclusiva da versão do trabalho publicada neste periódico (ex.: publicar em repositório institucional, em site pessoal, publicar uma tradução, ou como capítulo de livro), com reconhecimento de autoria e publicação inicial neste periódico. Os editores da Revista têm o direito de proceder a ajustes textuais e de adequação às normas da publicação.



Este trabalho está sob uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial 4.0 Internacional.

**Resumo:** En este artículo se presenta una introducción de la Semiótica en la enseñanza de las ciencias. En sus inicios la semiótica se introdujo en la enseñanza de las matemáticas, y posteriormente se ha aplicado para la enseñanza de la física, la química y la biología, principalmente. Se muestra la importancia de la transición entre diferentes los registros semióticos para lograr la semiosis, lo cual se traduce en el aprendizaje correcto de conceptos científicos. Se mencionan diferentes perspectivas para el uso de la semiótica en la enseñanza de la física.

**Palavras-chave:** Semiótica, Semiosis, Enseñanza de la física.

**Abstract:** This article presents an introduction to semiotics in science education. In its beginnings semiotics was introduced in the teaching of mathematics, and subsequently it has been applied for the teaching of physics, chemistry and biology, mainly. It shows the importance of the transition between different semiotic records to achieve semiosis, which translates into the correct learning of scientific concepts. Different perspectives are mentioned for the use of semiotics in the teaching of physics.

**Keywords:** Semiotics, Semiosis, Physics teaching.

## 1. INTRODUCCIÓN

Las diferentes ciencias experimentales y la matemática tienen un lenguaje simbólico especial, el cual ha sido el resultado del trabajo de investigación de los científicos al buscar soluciones a problemas específicos. El lenguaje primordial de las ciencias, además de las palabras, son las fórmulas matemáticas, de esta forma las diferentes leyes físicas, químicas o biológicas son representadas mediante modelos matemáticos, que contienen diversos símbolos especiales, ya sea en la forma de ecuaciones matemáticas, tablas numéricas, numerales, imágenes gráficas, diagramas de flujo, ciclos etc., lo cual no siempre logra ser entendido por los estudiantes. Un gran desafío de los educadores en ciencias es conseguir que los estudiantes de las diferentes disciplinas, puedan comprender los conceptos latentes en el lenguaje simbólico.

Un problema actual en la investigación de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias es la aplicación de la semiótica iniciada por Duval en la enseñanza de las matemáticas en la década de los ochentas y noventas en el siglo pasado (DUVAL, 1988), en donde se establecieron conceptos importantes como semiosis y registro semiótico, dando así inicio a una etapa de investigación de los diferentes registros semióticos en los estudiantes, sus relaciones y transiciones.

En este artículo, presentamos una breve perspectiva histórica de la semiótica y su origen como ciencia de los signos, así como su posterior aplicación a las ciencias y su enseñanza. Además, de solo algunas aplicaciones específicas y futuras perspectivas que se presentan como campo fértil de investigación educativa. El contenido de este artículo está estructurado de la siguiente forma, la sección 2 es dedicada al desarrollo histórico de la semiótica, la sección 3 trata sobre la aplicación de la semiótica en la Educación Matemática, la sección 4 trata sobre diferentes aplicaciones en la enseñanza de la física, y finalmente en la sección 5 presentamos algunas conclusiones y perspectivas futuras de investigación de la semiótica en la Educación en Ciencias.

## 2. DESARROLLO HISTÓRICO DEL TÉRMINO

La palabra Semiología deriva de la raíz griega semeion (signo) y sema (señal), entonces en términos generales la semiótica es la “ciencia que se ocupa del estudio de los signos”, y tuvo un gran desarrollo en la época antigua, en la Edad Media, en la época moderna, pero principalmente en la época contemporánea. La primera concepción de la semiótica tiene sus orígenes desde la época de los griegos y surgió en el estudio de la medicina al analizar y clasificar los diferentes síntomas de las enfermedades, esto es, la semiótica era la ciencia de los síntomas (ABAGNANO, 2003). Posteriormente, Locke en 1689 en su Tratado sobre el Entendimiento Humano en el capítulo XXI del libro IV propone una división de las ciencias en tres ciencias principales: 1) la Física, 2) la Práctica y 3) la Semiótica, en donde la define como “la doctrina de los signos”:

La tercera rama se puede llamar Semeiotica o doctrina de los signos, y como las palabras constituyen lo más usual en ella, se le aplica también el término de Lógica. La materia de esta ciencia estriba en considerar en la naturaleza de los signos de los que la mente hace uso para la comprensión de las cosas, o para comunicar su conocimiento a los demás (LOCKE, 1980).

Leibniz equiparó la semiótica con la lógica porque la consideraba como teoría de los signos verbales; Lambert la consideró como un sistema metafísico primario fundamental a todo ulterior sistema lingüístico; Morris la define como la ciencia general de los signos y la divide en dos tipos: mentalista o psicológica, y conductista; la primera se refiere a la semiótica según la cual el intérprete del signo es el espíritu y el interpretante es un concepto; la segunda es aquella según la cual el intérprete es un organismo y el interpretante es una secuencia conductista. La mayoría de los filósofos contemporáneos divide la semiótica en sintaxis, semántica y pragmática; la primera trata de los signos no interpretados (los cálculos, por ejemplo, y sus relaciones; la segunda, de los signos en su relación con los objetos designados; y la tercera, de los signos interpretados, es decir, aquellos a los que se les asignan significaciones y, por lo tanto, están relacionados con los sujetos que los usan. Por lo general, se hace también la distinción entre semiótica lógica y semiótica no lógica.

Uno de los filósofos modernos que realizó grandes aportes a la semiótica en el ámbito social, fue el académico suizo Ferdinand de Saussure (1857-1913), conocido como el padre del estructuralismo, fue el primero en definir a la semiología como “la ciencia que estudia la vida de los signos en el seno de la vida social”, la cual nos enseña “en qué consisten los signos y qué leyes los rigen”. De acuerdo a sus estudios y clasificación, la semiología debe ser considerada “una parte de la psicología social y consecuentemente, de la psicología general”. La visión de Saussure fue lingüista, y su objetivo principal era estudiar “la lengua considerada en sí misma y para sí misma”. A su juicio, el lenguaje era “el más difundido y el más completo de los sistemas de expresión”, así fue impuesta la lingüística sobre la semiología, ya que esta podría convertirse en “el patrón

general de toda semiología, aunque la lengua sea sólo un sistema particular” (MARTÍNEZ; MARTÍNEZ, 2001).

Por otro lado, el matemático y lógico simbólico norteamericano Charles Sanders Peirce (1839-1914) además de sus aportes a las ciencias naturales, también contribuyó al desarrollo de la semiótica para el ámbito de las ciencias, pues consideraba que la lengua no es el modelo de análisis, pues la considera como una parte de un sistema mayor, como lo son el pensamiento y el razonamiento, el cual nos permite reconocer la existencia de signos. Peirce clasifica las ciencias y dentro de ellas ubica a la semiótica con una función similar al de la lógica. Una de las diferencias más significativas entre Pierce y Saussure es la significación. Para Peirce los signos determinan acciones y conductas. El significado se extrae no internamente del signo, sino externamente, a partir de la acción que provoca (Pierce, 1974). Pierce es considerado el fundador del Pragmatismo.

### 3. LA APLICACIÓN DE LA SEMIÓTICA EN LA EDUCACIÓN MATEMÁTICA

El matemático y filósofo francés Ferdinand Duval, es el iniciador de la nueva era de la semiótica aplicada al proceso de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas. Encontró que el análisis de las dificultades relacionadas con la conceptualización, el desarrollo del razonamiento científico y la actividad cognitiva de construcción y validación de un modelo matemático de un fenómeno científico por parte del estudiante, enfrenta tres fenómenos interrelacionados: El primero es el de la "diversificación de los registros de representación semiótica" (DUVAL, 1995), cada uno de los cuales plantea problemas específicos y problemas de aprendizaje. El segundo es el de "diferenciación entre representante y representado" (DUVAL, 1995). El tercer fenómeno es el de "coordinación entre diferentes registros" (DUVAL, 1995).

De acuerdo con la teoría de los registros semióticos, estos tres fenómenos son generados por cuatro actividades cognitivas relacionadas con la semiosis: 1) la formación de representaciones en un registro semiótico, 2) el tratamiento, 3) la conversión y 4) la coordinación.

En conclusión, según Duval existen por lo menos dos características de la acción cognitiva involucrada en las habilidades matemáticas:

- (1) Diversos registros de representación semiótica, y
- (2) los objetos matemáticos no son accesibles mediante la visualización.

Para tener acceso al conocimiento matemático es necesario que los objetos sean representados de diferentes formas. Los cuales tienen diferentes registros de representación, tales como: registro verbal, registro tabular, registro gráfico, registro algebraico, registro simbólico y registro figural. Según Duval (2017), “se ha adquirido un concepto determinado, cuando se es capaz de transitar entre por lo menos dos diferentes representaciones semióticas del concepto mismo”.

### 4. LA SEMIÓTICA EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA

#### 4.1. Aplicaciones a la cinemática

La semiótica ha tenido solo algunas aplicaciones en la enseñanza de la física, las cuales inicialmente se han realizado principalmente en lo relacionado con el análisis de gráficas del movimiento para abordar algunos conceptos de cinemática (DE CAMARGO; LABURÚ, 2013). El estudio de estos autores propone la construcción de un marco analítico para investigar el desempeño de los estudiantes en la producción manual de gráficas cartesianas a partir de tablas, basado en la perspectiva de los registros de representación semiótica de Duval. Tal como se ha mostrado en Educación Matemática, este referencial es relevante, ya que relaciona las actividades cognitivas con las representaciones semióticas producidas por los estudiantes. Los resultados

obtenidos por estos autores permitieron clasificar el dominio semiótico de la representación gráfica con un mayor grado de refinamiento analítico y abrió la posibilidad de aplicaciones a otras ramas de la física.

#### 4.2. Aplicaciones a la termodinámica

Por otro lado, Belluco y Carvalho (2009) analizaron la construcción del lenguaje gráfico en una secuencia de clases sobre calor y temperatura, las cuales se insertaron en un laboratorio de investigación, durante el primer año de la escuela secundaria en Brasil, destacando el papel del maestro al articular los lenguajes disponibles (oral, escrito, representativo, entre otros) por los procesos de cooperación y especialización, con el objetivo de traducir el lenguaje coloquial y fenomenológico al lenguaje científico, en este caso, las gráficas cartesianas. A través de la secuencia propuesta, estos autores concluyeron, que los estudiantes desarrollaron varias características de la actividad científica, como la naturaleza de las gráficas científicas, el reconocimiento de patrones y tendencias a través de la curva obtenida, la comprensión de las fluctuaciones en las mediciones, la interpretación del fenómeno utilizando los conceptos aprehendidos, entre otros. La investigación señaló la importancia del uso coordinado de los lenguajes orales, escritos, visuales, gestuales y matemáticos, con sus recursos tipológicos y topológicos, articulados con los recursos de cooperación, y la especialización entre ellos, para promover una visión del fenómeno estudiado a través de tales lenguajes Belluco y Carvalho (2009).

#### 4.3. Aplicaciones a circuitos eléctricos

Durante el proceso de modelado matemático de un fenómeno científico, particularmente en física, el estudiante debe pasar de un marco de racionalidad física a un marco de racionalidad matemática que moviliza diferentes registros semióticos. Touma (2009), planteó los problemas de discontinuidad y ruptura de registros semióticos (Duval, 1995) inherentes a un cambio de marco de racionalidad (LEROUGE, 1992), durante una actividad de modelado algebraico para la ley de Ohm y circuitos eléctricos. Más específicamente, elevó los límites y la insuficiencia de las tres actividades cognitivas relacionadas con la semiosis -la formación de representaciones semióticas, el procesamiento y la conversión- para que el estudiante tenga acceso al contenido conceptual de una representación matemática de un fenómeno en ciencias experimentales. También definió claramente la actividad cognitiva de la interpretación.

### 5. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS FUTURAS

En los estudios representativos que se han mencionado, se logró configurar un enfoque más preciso para el tránsito entre las dos formas de registros de representación gráfica: la tabla y la gráfica cartesiana, ya que explican explícitamente el mismo fenómeno físico (TOUMA, 2008).

Las propuestas de Duval sobre las actividades cognitivas semióticas y su papel en la construcción del conocimiento científico permiten una mejor comprensión de la complejidad de los niveles de procesamiento de la información gráfica. En la perspectiva adoptada, la elaboración de las tareas para desarrollar la investigación requiere comprender las estructuras, relaciones e inferencias pertinentes al sistema de tabla y gráfica cartesiana a la que están subordinadas a las acciones de construcción realizadas por los estudiantes y subyacentes a las diferentes formas de tratamiento cognitivo. Las acciones relacionadas con la comprensión de los propios signos de representación gráfica hacen posible no solo resaltar el dominio del contenido científico, sino también su modo de producción. Por lo tanto, TOUMA (2008) ha señalado que se puede concluir que las dificultades se centraron en el registro de representación y no en la comprensión del fenómeno físico. Las dificultades presentadas por los sujetos de su investigación tienen características esencialmente semióticas, es decir, están relacionadas con la forma en que los estudiantes construyen y dan significado a los signos

presentes en las gráficas cartesianas. Para analizar las dificultades encontradas por los estudiantes durante el proceso de modelado matemático de fenómenos científicos, se debe tomar en consideración el cambio en el marco de la racionalidad. Para hacer esto, y para tener éxito en la actividad de interpretación, el estudiante debe ser capaz de construir el modelo matemático teniendo en cuenta la incertidumbre de la medición. Desafortunadamente, en la escuela secundaria y la universidad, no se enseña cómo hacer esto, pues no se cuida el modelar correctamente fenómenos físicos mediante modelos algebraicos (lineal, parabólica, hiperbólica, sinusoidal, exponenciales, logarítmicas, etc.) que corresponde a la graficación de los datos experimentales de las variables de un fenómeno científico. Para determinar esto, Touma (2006) sugiere que debemos usar métodos en matemática aplicada a nivel universitario, tales como: 1) El método de mínimos cuadrados de Gauss-Legendre; y 2) el método de mínimos cuadrados generalizados o ponderados para funciones no lineales.

La desventaja de este señalamiento, es que tales métodos no se pueden incluir en el plan de estudios debido a la limitante del tiempo. No obstante, la facilidad de graficar datos mediante la computadora o las calculadoras científicas, ello no ayuda a los estudiantes a comprender la relación de variables y los posibles modelos matemáticos que obedecen las gráficas. Podemos concluir que una para la enseñanza de las ciencias experimentales es recomendable aplicar la semiótica, para conseguir una clara relación en los estudiantes de la relación, variable, gráfica, modelo matemático y finalmente, ley física.

## AGRADECIMIENTOS

El autor agradece el apoyo financiero del Instituto Politécnico Nacional mediante el proyecto de investigación SIP 20196060, y a la Facultad de Educación de la Universidad de Burgos España, Así como a la REAMEC de Brasil.

## REFERENCIAS

- ABAGNANO, N. **Diccionario de Filosofía**. Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica, 2003.
- BELLUCO, A. & CARVALHO, A. M. Construindo a linguagem gráfica em uma aula experimental de Física. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 15, n. 1, p. 61-84, 2009.
- DE CAMARGO, P. S. & LABURÚ, C. E. Uma proposta de referencial analítico de gráficos cartesianos de cinemática a partir de tabelas. **Revista Ensaio**, v. 15, n. 01, p. 49-65, 2013.
- DUVAL, R. **Registros de representación semiótica y funcionamiento cognitivo del pensamiento** (Vol. II). (F. Hitt, Ed.) México: Grupo Editorial Iberoamérica, 1998.
- DUVAL, R. **Sémiosis et pensée humaine**. Berne: Peter Lang, 1995.
- DUVAL R. **Understanding the Mathematical Way of Thinking – The Registrers of Semiotic Representations**. Dunkerque: Springer, 2017. DOI 10.1007/978-3-319-56910-9.
- LEROUGE, A. La notion de cadre de rationalité. À propos de la droite au collège, **Recherches en Didactique des Mathématiques**, v. 20, n. 2, p. 171–207, 1992.
- LOCKE, J. **Tratado sobre el Entendimiento Humano**. Tomo I. Madrid: Editora Nacional, 1980.
- MARTÍNEZ, L. & MARTÍNEZ, H. **Diccionario de filosofía**. Bogotá: Panamericana Editorial, 2001.
- PEIRCE, Ch. S. **La ciencia de la semiótica**. Buenos Aires: Ediciones Nueva Visión, 1974.
- TOUMA, G. **Un paradigme d'expérimentation au laboratoire de sciences pour l'identification et l'optimisation statistique d'un modèle algébrique par interaction visuo-graphique**. Tesis doctoral, Universidad de Quebec, Canadá, 2006.
- TOUMA, G. Activité cognitive d'interprétation. **Annales de Didactique et de Sciences Cognitives**, v. 13, p.93 – 111, 2008.

TOUMA, G. Une étude sémiotique sur l'activité cognitive d'interprétation. *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives*, v. 14, p. 79 – 101, 2009.

**LIGAÇÃO ALTERNATIVE**

<https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/reamec/article/view/9278> (pdf)