

Aprendizaje Activo y Registros Semióticos en la enseñanza de la Física

EDVCATIO PHYSICORVM



ISSN 1870-9095

Rubén Sánchez Sánchez¹, César Mora¹, Elvia Rosa Ruiz Ledezma²

¹*Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada.*

Unidad Legaria del Instituto Politécnico Nacional.

Calzada Legaria 694. Colonia: Irrigación. Alcaldía: Miguel Hidalgo. C.P. 11500, Ciudad de México, México.

²*Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos No. 11, Wilfrido Massieu.*

Avenida de los Maestros 217. Colonia: Agricultura. Alcaldía: Miguel Hidalgo. C.P. 11360, Ciudad de México, México.

E-mail: rsanchezs@ipn.mx

(Recibido el 10 de febrero de 2024, aceptado el 28 de febrero de 2024)

Resumen

Dentro del arte de enseñar los conceptos y principios de la Física, hay que fomentar el interés y el compromiso del estudiante para con su propio proceso de enseñanza. También es bueno notar que dentro de este proceso de la adquisición de nuevos principios y conceptos, intervienen varios factores y entre ellos destacan, por ejemplo el uso conveniente del lenguaje para expresar las ideas claramente. Esto es, es necesario identificar y percibir los elementos clave dentro de un proceso Físico, para comprender su funcionamiento y comportamiento. Este lenguaje natural no es nuevo, y ha sido identificado anteriormente por grandes talentos de la historia como Galileo y Einstein, entre otros. Aquí cabe destacar que las partes más fundamentales del lenguaje, en el área de las matemáticas, han sido nombradas por Duval como registros semióticos. Es importante entonces destacar, que los registros semióticos han estado ahí todo el tiempo, no sólo en las matemáticas, sino también en la Física. En este trabajo proponemos una vía alternativa para combinar las facetas más importantes del Aprendizaje Activo y los registros semióticos, para identificar puntos clave en el aprendizaje de las personas que nos permitan el emplear una metodología didáctica que nos funcione en aras de obtener un aprendizaje de mejor calidad en el área de la Física.

Palabras clave: Aprendizaje Activo de la Física, registros semióticos, principios de la enseñanza.

Abstract

Within the art of teaching concepts and principles of physics, it is necessary to encourage the interest and commitment of the student in his own teaching process. It is also good to note that within this process of acquiring new principles and concepts, several factors come into play and among them stand out, for example the appropriate use of language to express ideas clearly. That is, it is necessary to identify and perceive the key elements within a Physical process, to understand its functioning and behavior. This natural language is not new and has been previously identified by great historical talents such as Galileo and Einstein, among others. Here it should be noted that the most fundamental parts of language, around mathematics, have been named by Duval as semiotic records. It is important to note, then, that the semiotic records have been there all along, not only in mathematics but also in physics. In this paper we propose an alternative way of combining the most important facets of active learning and semiotic registers, such as to identify key points in people's learning that allow us to use a teaching methodology that works for us to obtain better quality learning in Physics.

Keywords: Active Learning of Physics, semiotic records, teaching principles.

I. INTRODUCCIÓN

La semiótica dentro del aprendizaje de las Matemáticas ha sido una de las guías más importantes en la enseñanza de esa disciplina. La semiótica como tal fue impulsada durante el siglo pasado principalmente por Raymond Duval en Francia. Duval [1], ha puesto en claro la importancia de comprender estos conceptos para entender el proceso de aprendizaje de varios conceptos matemáticos.

Por otra parte, el Aprendizaje Activo ha encontrado su práctica, fundamentos y alcance principalmente dentro de la

enseñanza de la Física. Sokoloff, Thornton y Priscilla Laws [2], nos han demostrado su efectividad en el contexto de la demostración y la mejor asimilación de varios conceptos de la Física. Su trabajo encuentra áreas de investigación educativa en los campos de enseñanza de la óptica, la mecánica clásica, la termodinámica y la electrodinámica clásica.

Ambas partes de la enseñanza pueden combinarse y mostrarnos avances en el campo de la educación de la Física, si logramos adaptar los conceptos de la semiótica de Duval [3], con las Clases Demostrativas Interactivas [4].

Para una mejor comprensión de cómo se puede llegar a una metodología que reúna las características de ambos terrenos del conocimiento de los procesos internos del aprendizaje de los conceptos físicos y naturales, queremos mostrar en el presente trabajo algunas ideas, que pueden practicarse y probarse dentro del aula de clase. El objetivo principal de este escrito es entonces plantear como podríamos llevar armónicamente ambos elementos de la enseñanza al terreno de la Física.

II. LA SEMIOSIS DE RAYMOND DUVAL

Para comprender el funcionamiento del pensamiento humano, y para mejorar los procesos cognitivos de aprendizaje, Duval [5], nos ha mostrado en su obra que los registros semióticos toman un papel fundamental, ya que siempre auxilian y apoyan de manera crítica el razonamiento lógico y exacto. Cualidades importantes que se requieren en toda Ciencia. Duval ha explorado el impacto que tienen estos componentes de la expresión humana, en el campo del aprendizaje de las matemáticas. Sin embargo, y como ya lo había hecho notar hace siglos, el gran científico y pensador de la edad media Galileo Galilei (1564-1642), ya se había expresado en este tema, al decir que las matemáticas son el lenguaje natural de los fenómenos físicos, o un poco más aproximado: “Las Matemáticas son el lenguaje con el que Dios ha escrito el universo” [6, 7].

La teoría semiótica de Duval, pone de manifiesto, que en las mismas matemáticas, el papel de los registros semióticos es necesaria para comprender y llevar de manera ordenada el pensamiento creativo, explicativo, y explorativo de los seres humanos, hacia los principios lógicos. Mientras, Galileo Galilei [8-10] ya hace siglos, había notado algo similar con los peldaños de comprensión de los fundamentos teóricos donde yace todo funcionamiento del mundo natural.

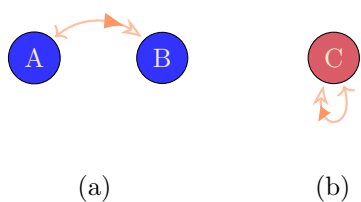


FIGURA 1. Tipos de transformaciones. (a) Las conversiones actúan de un registro “A” hacia otro registro “B” sin cambiar de objeto. (b) Los tratamientos ocurren en el mismo registro “C” donde se han formado.

Por semiótica, entendemos al estudio de los signos y los símbolos y el uso que se hace de ellos. En los inicios de la semiótica se hallan contribuciones de Ferdinand de Saussure [11-13] y Charles Sanders Peirce [14-18] la semiótica aborda desde la lingüística hasta las bases de la cultura y los procesos de cambio de las estructuras internas de conocimiento, es decir tiene que ver en el proceso de la gnosis humana. Los registros son instrumentos que nos permiten realizar la representación necesaria para designar objetos físicos y

tienen unas propiedades únicas que nos permiten interpretar el funcionamiento ya sea de un sistema matemático como de un sistema físico.

Toda actividad que involucre un razonamiento constructivo o descriptivo de un sistema Físico va a requerir de un registro semiótico. Los registros semióticos no sólo nos permiten designar objetos físicos, también tienen transformaciones entre ellos, y en sí mismos.

Así que, dentro de la teoría semiótica de Duval, no sólo se toman en cuenta los registros, sino también las transformaciones que hay entre ellos y en sí mismos. Así tenemos dos tipos de transformaciones de los registros semióticos: Los tratamientos y las conversiones.

1. Los tratamientos: Son transformaciones que ocurren en el mismo registro donde se han formado.
2. Las conversiones: Éstas consisten en cambiar de un registro a otro, pero sin cambiar el objeto denotado.

Para un problema físico, se tienen los siguientes aspectos de los tratamientos:

1. El tratamiento y la conversión son ingredientes necesarios de todo razonamiento que pueda resolver un problema físico.
2. Un tratamiento consiste en llevar consigo al mejor registro para utilizarlo en la solución de un problema.

Los tratamientos son así transformaciones internas y tienen reglas propias para cada registro. (Véase la figura 2).

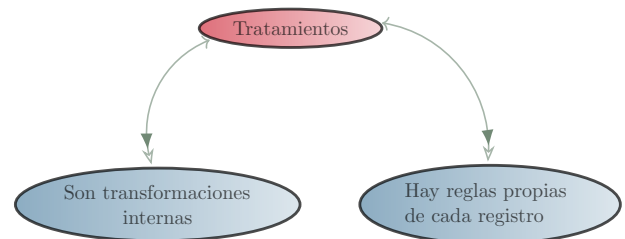


FIGURA 2. Diagrama descriptivo del concepto de tratamientos de los registros semióticos.

Al estudiar a Duval, nos damos cuenta de que la semiótica entonces es muy importante dentro de las matemáticas, para tener una comprensión plena de sus símbolos, sus procesos de transformación y consecuentemente también tiene una acción importante para apoyar el proceso de aprendizaje de las mismas matemáticas. Este conforma una base importante para asegurar que igualmente tendrá un impacto importante dentro de la comprensión de los fenómenos naturales. Ya que son las matemáticas el lenguaje natural en el que se expresan los procesos que ocurren dentro de los fenómenos físicos. Así que se necesitan registros semióticos para describir el estado de movimiento de los cuerpos, la acción de los campos, y en sí, del comportamiento de la materia y del mismo universo en donde vivimos.

Esto obviamente es una extensión del mismo pensamiento Galileano, generalizando su pensamiento y la visión universal que él tenía de la naturaleza en esos tiempos tan tempranos del desarrollo de la Ciencia y del pensamiento humano.

III. APRENDIZAJE ACTIVO DE LA FÍSICA

El Aprendizaje Activo de la Física tiene sus orígenes en la teoría del aprendizaje y del desarrollo psicológico del niño, que ha sido estudiado por Jean Piaget [19-21], así también como en la teoría del desarrollo próximo de Lev Vygotsky [22-25], y ha sido propuesta y aplicada en los Estados Unidos, con buenos resultados. Por mencionar a algunas personas que lo han aplicado, para los cursos de Física de Mecánica, Termodinámica, Electromagnetismo y Óptica, están Sokoloff, Thornton y Priscilla Laws [2, 4, 26-28].

El procedimiento consiste básicamente en llevar al aula las llamadas *Clases Demostrativas Interactivas* o ILD (*Interactive Lecture Demonstrations*) por sus siglas en inglés. Y consiste fundamentalmente en comprometer al estudiante en su propio proceso de enseñanza aprendizaje aplicando los principios básicos de aprendizaje a través del análisis, descubrimiento e interacción con el experimento (una vez que se ha predicho en forma individual un comportamiento esperado), y la discusión y el análisis del mismo fenómeno por parte de los estudiantes organizados en pequeños equipos de unas cuatro personas, y en la posterior crítica del fenómeno, al grupo, por medio de una exposición de ideas al grupo de parte de un representante por equipo, y todo esto mediado y controlado por el docente.

En la figura 3, se da el esquema general que consiste en un ciclo de aprendizaje, que, de no tener resultados relevantes, el docente puede repetir con su grupo, hasta que se note que el grupo ha alcanzado un nivel de conocimientos satisfactorios en el tema de estudio.

La recomendación general que se da al ejercer esta práctica es que el docente debe de realizar esta práctica educativa con sus estudiantes, en temas que se escojan con cuidado, y de acuerdo con los objetivos e intereses particulares de los estudiantes. Esto es, no se recomienda llevarlo en todos los temas de un programa de estudio particular, sino más bien se procura dar un ejercicio didáctico de este tipo, con ciertos temas, de manera salteada y combinándolo con la enseñanza tradicional. De esta forma, el docente puede cubrir y cumplir con su programa de estudios, y también lograr un buen nivel de aprendizaje de sus estudiantes en temas clave. De esta manera se pretende que el estudiante tenga una experiencia buena y agradable de los temas donde se ha practicado el Aprendizaje Activo y al mismo tiempo, se pretende que estos conocimientos sean de calidad, logrando captar los elementos clave de los fenómenos estudiados, que otorgan una comprensión conceptual de los mismos.

En la figura 3, se muestra de manera esquemática el núcleo del ciclo del Aprendizaje Activo conocido por sus siglas en inglés como el ciclo PODS.

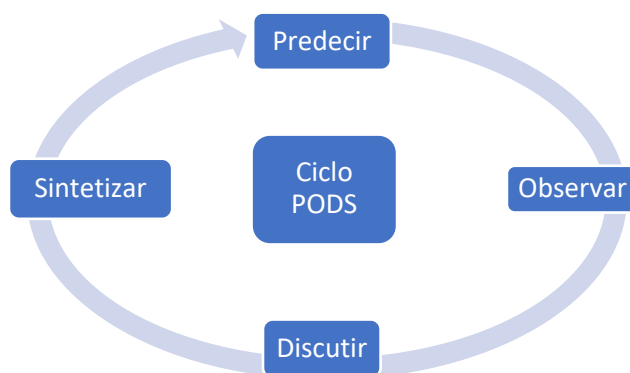


FIGURA 3. El ciclo de enseñanza activa de Sokoloff, Thornton y Priscilla Laws, mostrando las etapas clave, donde los alumnos participan de manera activa y crítica en su propio proceso de enseñanza, demandando en ellos una comprensión clara del fenómeno físico observado y registrado.

IV. APRENDIZAJE ACTIVO Y REGISTROS SEMIÓTICOS

En principio y como los estudiantes toman nota y registran el fenómeno que estudian, debe de haber varias aproximaciones para combinar la teoría de los registros semióticos y el Aprendizaje Activo. Aquí sugerimos una posibilidad viable, donde queremos aplicar las ventajas de ambas aproximaciones didácticas.

En la siguiente lista podemos proponer la siguiente implementación del ciclo PODS acoplado con los registros semióticos:

1. **Predecir.** Se les da una hoja de predicción, preparada por el docente a los alumnos y ahí predicen el comportamiento del fenómeno físico. (El estudiante puede utilizar registros semióticos de lenguaje hablado, para expresar sus ideas).
2. **Observar.** El profesor ejecuta el fenómeno físico con equipo de laboratorio e instrumentos de medición, o en su lugar, empleando una simulación. (Se usan aquí, registros semióticos de tabulación y gráficos animados de observación del fenómeno físico).
3. **Discusión.** Se discute lo que pasó y los estudiantes tratan de explicar lo ocurrido empleando registros semióticos. (Se usan varios registros semióticos simbólicos). (Se utilizan ecuaciones y variables, gráficas, tablas, etc., y las transformaciones entre registros semióticos).
4. **Síntesis.** Se llega a un acuerdo y se expone en grupo, mientras el docente regula la conversación, y para esto, se usan de nuevo todos registros semióticos relacionados con el fenómeno estudiado. (Se refinan las transformaciones entre los registros semióticos, y se debe de llegar a una conclusión general, sobre el funcionamiento y el carácter del fenómeno físico estudiado).

Como se puede ver, en cada uno de los pasos principales del ciclo PODS, se ha sugerido la utilización de los registros semióticos con el fin de completar cada actividad. En esta idea, los registros semióticos son unos auxiliares indispensables dentro de cada paso del ciclo PODS del Aprendizaje Activo para completar las faenas de cada paso, y es, a través de ellos, que el alumno puede alcanzar una comprensión de los aspectos más relevantes del fenómeno físico estudiado.

V. CONCLUSIONES

Los registros semióticos de Duval son una importante contribución para entender los procesos de cambio de estructuras internas de conocimiento del aprendizaje activo que se hallan en los seres humanos, cuando se toman en cuenta las representaciones semióticas de los objetos y los fenómenos físicos, así como las transformaciones guiadas de ellos a través de las leyes expresadas en el lenguaje matemático, que constituirían en sí mismas otro registro semiótico, que el pensamiento humano puede desglosar en sus componentes más básicos, cuando interpreta y da significado real de este tipo de registro. El proceso de aprendizaje se puede interpretar entonces con las transformaciones que se dan entre varios registros semióticos, por ejemplo el registro generado por las tablas de valores de los parámetros participantes dentro del fenómeno estudiado, que se puede relacionar con su registro gráfico y también con la descripción física anotada en las ecuaciones, pudiéndose ésta última interpretar y de esta forma alcanzar una descripción exacta del fenómeno estudiado.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren expresar su agradecimiento al CONAHACYT y al Instituto Politécnico Nacional de México, por el apoyo financiero recibido con los proyectos SIP 20242173: *La enseñanza de la Física utilizando el Aprendizaje Activo*, y SIP 20242422: *Análisis de registros semióticos triádicos para la enseñanza de los conceptos de cinemática y su representación gráfica*.

REFERENCIAS

- [1] Duval, R., *Semiosis y pensamiento humano: Registros semióticos y aprendizajes intelectuales*. Exploration: Serie recherches en sciences de l'education (Universidad del Valle, 2da edición, 1999).
- [2] Sokoloff, D. R., Thornton, R. K., Laws, P. W., *RealTime Physics: Active Learning Laboratories, Module 1: Mechanics* (Wiley, 3rd edition, Nueva Jersey, USA, 2011).
- [3] Beuchot, M., *La semiótica. Teorías del signo y el lenguaje en la historia* (Fondo de cultura económica, 1ra edición, México, 2008).
- [4] Sokoloff, D. R., Laws, P. W., *RealTime Physics: Active Learning Laboratories, Module 3: Electricity and Magnetism* (Wiley, 3ra edición, Nueva Jersey, USA, 2012).

- [5] Duval, R., editado por Tania M. M. Campos, *Understanding the Mathematical Way of Thinking – The Registers of Semiotic Representations*.
- [6] Universidad de Colima, México, página web para promover la enseñanza de las matemáticas (Luz Teresa) <https://www.ucol.mx/noticias/nota_5448.htm#:~:text=En%20este%20sentido%2C%20afirmó%20que,Dios%20ha%20escrito%20el%20universo>, consultado el 4 de enero de 2024.
- [7] Álvarez-Nodarse, R., *Galileo y las Matemáticas del Universo* (Blog del Instituto de Matemáticas de Sevilla, imus), <https://institucional.us.es/blogimus/2017/04/galileo-y-las-matematicas-del-universo/>, consultado el 5 de enero de 2024.
- [8] Enciclopedia Herder (una gran base de conocimiento en humanidades), *Galileo Galilei: el libro de la naturaleza* <https://encyclopaedia.herdereditorial.com/wiki/Recurso:Galileo_Galilei:_el_libro_de_la_naturaleza>, consultado el 5 de enero de 2024.
- [9] Anónimo, *El lenguaje de la naturaleza Matemáticas I, 2012-I*, escrito en línea sobre la reflexión de Galileo Galilei, <<https://www.matem.unam.mx/~barot/clases/2012-1/01motivacion.pdf>>, consultado el 5 de enero de 2024.
- [10] Observando el Universo, Ciencia historia, *El lenguaje del universo: galileo galilei y la matemática de la naturaleza*, material en línea, <<https://observandoeluniverso.es/el-lenguaje-del-universo-galileo-galilei/>>, consultado el 5 de enero de 2024.
- [11] Ramírez-Gómez, L., *Semiótica según Peirce y Saussure*, <<https://www.youtube.com/watch?v=odb-qGvxBo0>>, consultado el 8 de enero de 2024.
- [12] Culler, J., *Ferdinand de Saussure* (Cornell University Press, edición revisada, Ithaca, New York, USA). Saussure, F. de, *Course in General Linguistics* (Bloomsbury USA Academic, edición reimpressa, Londres, Inglaterra).
- [13] Starobinski, J., *Las palabras bajo las palabras. La teoría de los anagramas de Ferdinand de Saussure* (Gedisa Mexicana, 1ra edición, México, 2017).
- [14] McNabb, D., *Hombre, signo y cosmos. La filosofía de Charles S. Peirce* (Fondo de cultura económica, 1ra edición, México, 2018).
- [15] Peirce, C. S., et al., *Obra filosófica reunida. Tomo I (1867-1893) (Filosofía)* (Fondo de Cultura Económica, 1ra edición, México, 2012).
- [16] Peirce, Charles S. (autor) y Barrera-Marchena, S. (traductora), *El pragmatismo* (ediciones Encuentro, S.A., España, 2015).
- [17] Brent, J., *Charles Sanders Peirce: A Life* (Indiana University Press, Bloomington, Indiana, USA, 1993).
- [18] Peirce, C. S., *Chance, Love and Logic: Philosophical Essays* (Independently published, 2021).
- [19] Piaget, J., *El nacimiento de la inteligencia en el niño* (Booklet Paidós México, edición clásica, México, 2013).
- [20] Piaget, J., *La formación del símbolo en el niño* (Fondo de cultura económica, edición estándar, México, 2023).
- [21] Piaget, J., *Seis estudios de psicología* (Siglo XXI Editores, S. A. de C. V., edición estándar, México, 2018).
- [22] Vygotsky, L. S., *Pensamiento y lenguaje* (Booklet Paidós México, 1ra edición, México, 2013).

- [23] Vygotsky, L. S., *La imaginación y el arte en la infancia* (Akal, edición estándar, Madrid, España, 2022).
- [24] Vygotsky, L. S., *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores* (Espasa Calpe, Colección Austral, Barcelona, España, 2013).
- [25] Castorena-Machuca, José Manuel, Castorena B., Patricia, Flores C., Lisseth, *Zona de Desarrollo Próxima de Vygotsky: Estudio de Factibilidad* (Editorial Académica Española, 1ra edición, España, 2018).
- [26] Sokoloff, D. R., *RealTime Physics: Active Learning*

Laboratories, Module 4: Light and Optics (3ra edición, Nueva Jersey, USA, 2012).

[27] Laws, P. W., *Workshop Physics Activity Guide: The Core Volume with Module 1: Mechanics I: Kinematics and Newtonian Dynamics (Units 1-7)* (John Wiley & Sons Inc., Nueva Jersey, USA, 1996).

[28] Laws, P. W., *Workshop Physics Activity Guide, Module 2: Mechanics II* (Wiley, 2da edición, Nueva Jersey, USA, 2004).