

ENSEÑANZA DE LA FÍSICA. UN ENFOQUE EPISTEMOLÓGICO

Xiomara Arriata

Resumen

Este trabajo centra su esfuerzo en un diagnóstico teórico de un enfoque epistemológico para la enseñanza de la Física, con la intención de establecer una relación entre la enseñanza de esta asignatura (visión constructivista) y algunos aspectos relacionados con su epistemología.

Enseñar alguna ciencia, y en particular la Física, requiere tomar en cuenta aspectos como: ideas previas de los alumnos, contenidos de enseñanza que incluyan temas relacionados con la historia y la epistemología de la ciencia, términos, modelos y analogías involucradas en las teorías científicas; para la selección adecuada de estrategias instruccionales que activen los esquemas mentales y propicien el aprendizaje en los estudiantes.

Palabras claves: Enseñanza, Física, Enfoque Epistemológico, Constructivismo.

TEACHING OF THE PHYSICS. AN EPISTEMOLOGICAL FOCUS

Abstract

This paper aims at a theoretical analysis of the epistemological approach to the teaching of Physics, with the purpose of establishing a relationship between the teaching of this subject from the constructivistic viewpoint and some aspects related to epistemology.

In the teaching of any science, especially Physics, some elements must be taken into account such as student's prior knowledge, teaching contents that include historical and epistemological topics, as well as terms, models and analogies involved in scientific theories, for the appropriate selection of instructional strategies that tend to activate mental schemes and stimulate learning processes.

Key words: Teaching, Physics, Epistemological Approach, Constructivism.

Introducción

Siendo la filosofía y la epistemología de la ciencia las que se ocupan de estudiar cómo se desarrollan, evalúan y cambian las teorías científicas y del conocimiento, y de cómo éstas pueden ser consideradas como intento de comprender lo no conocido en términos de lo conocido, es indispensable para todo docente no estar ajeno a los aportes que nos ofrecen estas disciplinas para un mejor desarrollo de la acción docente, manteniendo la conexión entre la disciplina que administre y los fundamentos filosóficos y epistemológicos de ella.

La Física, al igual que otras ciencias, no es una disciplina estática sus teorías científicas han cambiado y seguirán cambiando con el devenir de los años. Así, la enseñanza tradicional de esta ciencia basada en metodologías y conocimientos de validez universal mantiene una confrontación, desde el punto de vista epistemológico, con la concepción de ciencia, con conocimientos y teorías cambiantes; una teoría científica considerada “cierta” hoy, puede ser falseada en cualquier momento, y dejar de tener validez.

La ciencia progresa pero la enseñanza de ella continúa reducida a la transmisión de resultados. La ciencia está siempre en búsqueda de la verdad, pero el docente de ciencias no indaga por la verdad, ya que no está acostumbrado a hacerlo. La ciencia está supeditada a rupturas, falsaciones y revoluciones, pero al docente de ciencias se resiste a los cambios, a los nuevos modelos pedagógicos, a las nuevas estrategias didácticas. Según Flórez (1994), los maestros, salvo honrosas excepciones, no se han apropiado de las formas del pensamiento científico contemporáneo y ni siquiera dominan la ciencia que enseñan, principalmente porque no aprenden ciencias, sino, sobre todo, cómo enseñarlas. Al respecto, cuando se observa al docente en su labor diaria, se aprecia que hace énfasis en las explicaciones de formulismos teóricos, quedando los alumnos con vacíos cognitivos, porque no se les prepara para procesar estas teorías.

1. Aspectos Generales

Según Thomas Kuhn (1981), podría producirse una «Revolución Científica», es decir, un episodio de desarrollo no acumulativo, en los que un paradigma más antiguo es sustituido en su conjunto o en parte por otro nuevo e incompatible. Kuhn utiliza el término «Paradigma» para designar al modo como los miembros de una comunidad científica conciben su área de interés, identifican los problemas y especifican conceptos, métodos y modelos.

Berry Bames (1988:86), en su artículo sobre Thomas Kuhn afirma que dentro de la epistemología en particular, la ciencia natural nos sirve de paradigma de conocimiento, lo que significa que todas las explicaciones importantes del desarrollo de la ciencia han tenido importancia epistemológica además de histórica.

Se hace evidente que epistemología, historia y enseñanza de la ciencia están íntimamente relacionadas y son aspectos importantes que debe considerar el docente en su actividad diaria.

Se debe propiciar «una ruptura epistemológica» en la nueva actitud hacia el conocimiento, se debe comenzar cuestionando los hábitos muy arraigados que mantienen como inmutables, estudiantes y profesores, porque permanecen fieles al modelo o paradigma vigente

del conocimiento en su momento, ya fuera el positivismo, el empirismo o aun el racionalismo o el idealismo. Si se pretende despertar, revivir, hacer renacer, reivindicar el espíritu científico en el estudiante, es necesario estar en actitud atenta para superar esta inercia y paradójica aversión hacia el conocimiento en el sujeto que pretende llegar en “búsqueda de ciencia” mas no ávido por conocer, puesto que los estudiantes, y muchos docentes, parten del supuesto de que las ciencias ya están hechas, producidas o investigadas por otros. (BEDOYA, 1998:2). González (1994:7), señala que no es sólo el dominio del contenido disciplinario específico lo que condiciona la actuación del docente profesional, hay otros determinantes sustanciales y que de acuerdo con Basso (1989), la práctica pedagógica no está articulada sólo a determinadas técnicas y teorías del aprendizaje, sino también a supuestos teóricos y concepciones relativas a la sociedad, al hombre y al proceso de conocimiento. Estas concepciones son subyacentes, es decir, fundamentan su práctica pedagógica. En esta perspectiva no es sólo el contenido lo que determina la orientación del proceso pedagógico, sino también la concepción que el docente tenga de la asignatura; lo que se enseña (contenido) y cómo se enseña (metodología de la enseñanza) se encuentran mediados por la concepción que el docente tenga de la asignatura a enseñar.

Aprender ciencia debe implicar que los conocimientos adquiridos puedan ser aplicados en la resolución de problemas de la vida cotidiana relacionados con ésta. Larry Laudan (1984) aduce que la ciencia es esencialmente una actividad para resolver problemas. Es por eso que se deben tener presente a la hora de diseñar una clase los conocimientos previos y las concepciones sobre conceptos y hechos de la ciencia que los alumnos tienen en su estructura cognoscitiva

Se puede evidenciar fácilmente, y la experiencia docente así lo demuestra, que las concepciones que tienen los alumnos sobre ciertos conceptos físicos, son erróneas y similares a las concepciones de los grandes pensadores de la antigüedad. Para citar un ejemplo, Aristóteles afirmaba que los cuerpos más pesados caían con mayor velocidad; esta idea intuitiva es compartida por muchos alumnos y es resultado de su percepción del fenómeno físico pero que resulte incompatible con lo enseñado en la escuela. Sin embargo, la enseñanza convencional de las ciencias en la secundaria y en la misma universidad, no logra afectar as ideas cotidianas de los estudiantes acerca de los fenómenos naturales; sus ideas persisten aun después de la instrucción científica que las contradice (FLÓREZ. 1994:90).

2. Paradigmas en la Enseñanza de la Ciencia

Se entiende como paradigma de enseñanza una forma de ver el proceso donde se conjugan todos los elementos que conforman el quehacer docente. Según Gil (1983:27) toda práctica docente puede ajustarse a uno de los paradigmas siguientes:

- **Paradigma de Transmisión Verbal:** cuando la enseñanza se basa en la transmisión de conocimientos ordenados; el trabajo en la clase se centra en el discurso ordenado por parte del profesor y en la asimilación pasiva por los alumnos.
- **Paradigma por Descubrimiento Autónomo e Inductivo:** cuando los alumnos realizan un trabajo independiente con miras a propiciar un auténtico desarrollo intelectual, que responde a sus propias motivaciones, la actividad de aula deja amplia autonomía a los alumnos, y el docente actúa como un experto al cual se puede consultar en caso de necesidad.

- **Paradigma por Descubrimiento Guiado:** cuando el profesor organiza las actividades de aprendizaje y dirige el trabajo de los alumnos, sin limitarla a la mera asimilación de sus exposiciones ni renunciar a una acción orientadora, coherente con cualquier tarea colectiva de investigación.

Considerando estas premisas y basándonos en las ideas previas que traen los alumnos, se hace necesaria una nueva visión de aprendizaje, donde cada alumno sea capaz de construir su propio conocimiento, al ir confrontando sus preconcepciones con otras que le produzcan conflictos cognitivos, y donde el encuentro directo con el fenómeno físico, mientras sea posible, se hace necesario para una verdadera integración teórica - práctica de la ciencia, sin dejar por fuera los fundamentos filosóficos, epistemológicos, históricos y sociales del conocimiento. ¡Este será nuestro paradigma!, el cual podría estar enmarcado en el modelo constructivista del aprendizaje y de alguna manera apegado a la tercera concepción dada por Gil.

3. Constructivismo y Epistemología

Los sustentos epistemológicos más relevantes usados como base para la fundamentación de este enfoque constructivista o paradigma constructivista se han tornado de varios trabajos, principalmente los basados en la perspectiva de construcción del conocimiento por interacción social y la evolucionista.

En el constructivismo evolutivo o epistemología genética, Piaget (1977, 1978) citado por González, (1994:89) y por Marín, (1997:36,37) define la inteligencia como una forma de adaptación biológica que tiende al equilibrio y en la que el sujeto participe de forma activa. A través del desarrollo, el sujeto organiza y reorganiza estructuras cognitivas (esquemas) de tal forma que las nuevas superan e integran a las anteriores, siendo cada vez más complejas. En su modelo operativo del aprendizaje, Piaget define operaciones funcionales centradas en la organización y la adaptación. En la Organización se produce la sistematización de las acciones, los esquemas y procesos para formar otros de orden superior. En la Adaptación los organismos se adecuan a las exigencias del medio en el que se hallan inmersos. Esta adaptación se manifiesta a través de dos procesos complementarios: Asimilación o proceso de incorporar nuevas experiencias a los esquemas ya existentes y Acomodación o proceso de reestructuración de los esquemas en función de las nuevas experiencias. La adquisición del conocimiento en función de estas operaciones está regulada por un proceso de Equilibración, mediante el cual se revisan permanentemente los esquemas.

Para Marín (1997:91) la propuesta de Piaget, además de dar pautas para diseñar la enseñanza a fin de que los contenidos académicos sean comprendidos por parte del alumno (familiaridad de los temas para que pueda ser asimilado por el esquema), contiene orientaciones bien fundamentadas para que los nuevos contenidos puedan ser asimilados y acomodados a los esquemas del alumno, de forma que este conocimiento pueda ser transferido a otros contextos.

El Constructivismo por Interacción Social se caracteriza básicamente por considerar el aprendizaje como construcción activa de nuevos conocimientos por parte del educando, mediante la interacción de sus estructuras mentales con la información que recibe del exterior y donde las ideas previas juegan un papel relevante (Driver, 1989:481); de igual manera establece

que el proceso enseñanza aprendizaje no deben ser un reflejo mecánico de la planificación del profesor ni tampoco un reflejo simplista de la espontaneidad de los alumnos. Desde esta nueva perspectiva curricular se deben integrar en forma natural las intenciones educativas del docente y los intereses reflexionados y organizados de IOS estudiantes. La construcción de conocimientos debe ser una interacción activa y productiva entre los significados que el individuo ya posee y las diversas informaciones que le llegan del exterior, pudiendo hacer transferencias de los nuevos conocimientos a situaciones concretas de la vida cotidiana. Al ser un proceso por el cual el sujeto elabore significados propios, y no simplemente los toma o asimile, elabora también el camino específico de su progresiva evolución (Parlen 1995:66).

Un aspecto metodológico a considerar dentro de la teoría constructivista, es aplicar en el modelo de enseñanza una didáctica centrada en procesos, haciendo énfasis en estos últimos y no en la simple transmisión de contenidos de manera dictatorial y unidireccional por parte del docente, sin tomar en cuenta los intereses y necesidades de IOS alumnos, y sin dar la oportunidad de que éstos descubran y creen a partir de su propio esfuerzo. Se trata de cambiar una enseñanza por contenidos o una enseñanza por objetivos a una enseñanza de procesos de construcción del conocimiento. Según Flórez (1994:242) lo que forma al estudiante es el proceso, el recorrido creativo que realiza, la construcción del camino, no el logro de los objetivos específicos; el resultado de la enseñanza por procesos no está al final del camino.

4. Algunos elementos a considerar en las teorías científicas y su pertinencia en la enseñanza de la Física

Las concepciones de teorías científicas, de sus componentes y de cómo aquéllas son abordadas en su enseñanza, han sido objeto de estudio por muchos investigadores.

A continuación se plantean algunos de estos estudios:

Nagel (1978:108,111), en su obra «Estructura de la Ciencia» plantea que es una opinión difundida que “las teorías son suposiciones cuya verdad o falsedad debe ser investigada, ya que ellas aparecen como premisas en las explicaciones” y que los tres componentes habituales presentes en una teoría (un conjunto abstracto de postulados que define implícitamente los términos básicos de la teoría, un modelo o interpretación de los postulados y unas reglas de correspondencias para los términos del postulado o teoremas que derivan de ellos) no deben ser concebidos como puntos separados, introducidos sucesivamente en diversas etapas de la construcción real de las teorías, sino simplemente como características que es posible aislar para los propósitos del análisis.

Nagel hace un análisis sobre algunos tipos de analogía que pueden influir en la construcción y en la utilización ulterior de las teorías y sugiere que la historia de la ciencia suministra abundantes ejemplos de la influencia de éstas sobre la formación de las ideas teóricas; dichos ejemplos sugieren una clasificación de las analogías en dos grandes tipos que se podrían llamar «substantivas» y «formales».

En las analogías del primer tipo (substantivas), se toma como modelo para la construcción de una teoría relativa a un sistema, otro sistema de elementos que poseen ciertas propiedades ya familiares, las que se suponen relacionadas de maneras conocidas y cuya

formulación se encuentra en un conjunto de leyes para ese sistema. Para citar un ejemplo, las diversas teorías acerca de la estructura atómica de la materia se basan en este tipo de analogía: El modelo de Rutherford del átomo (modelo planetario, con estructura nuclear positiva) tuvo una analogía con el modelo de Thomson (modelo de pudín, electrones puntuales embebidos dentro de una distribución uniforme de carga positiva), en que existían componentes positivos y negativos dentro del átomo. El modelo de Bohr (modelo cuantizado, donde se incorpora la condición de cuantización de energía y órbitas circulares) tuvo su analogía con el modelo de Rutherford en que existía una estructura nuclear positiva.

El modelo cuántico tiene su analogía en el modelo de Bohr, pero desaparece por completo el concepto de órbita, se introduce el concepto de función de onda, la dualidad onda-partícula de la luz y la materia, el principio de incertidumbre de la posición de un electrón, etc.

En las analogías formales, el sistema que sirve como modelo para construir una teoría es alguna estructura conocida de relaciones abstractas. Por ejemplo, la analogía que se establece entre la ecuación de calor y la ecuación de difusión tiene significación formal.

$$\frac{\partial T}{\partial t} = K \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$$

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2}$$

La primera, representa la ecuación general que Joseph Fourier obtuvo para el flujo de calor en 1822. La segunda, representa la ecuación de difusión, establecida por Fick en 1855, por analogía con la Ley de Fourier, habiendo reconocido la similitud entre los dos procesos.

Pero ¿qué implicaciones tienen estas analogías en la enseñanza de Física? Se observa que a enseñanza de contenidos que surgen por analogías substantivas son asimiladas y comprendidas más fácilmente por los alumnos, que los contenidos que han surgido por analogías formales; quizá porque en el primer caso los modelos macroscópicos visualizables contribuyen a la mejor captación de la organización de los elementos constitutivos del objeto o fenómeno que se está representando; por el contrario, en las analogías formales los modelos son relaciones abstractas matemáticas, poco comprensibles por el estudiante y en muchos casos administrada por el docente sin considerar el desarrollo histórico y epistemológico de la teoría que se está explicando. Las carencias y deficiencias epistemológicas de las estrategias de transmisión verbal, empleadas en la enseñanza habitual de algunos conceptos de física, han sido investigados por Furió y Guisasola (1997:259), así como Gil (1993:197) ha realizado investigaciones sobre las contribuciones de la historia y la filosofía de la ciencia en un modelo de enseñanza - aprendizaje.

En relación con los modelos de las teorías científicas, Wladyslaw Krajewski (1997:185) presenta tres conceptos diferentes de ellos:

- Modelo semántico de una teoría

- Modelo real de una cosa real
- Modelo matemático de una cosa real

En el primero, el modelo de una teoría es un conjunto de objetos que cumplen con la teoría, es decir, un conjunto en el que las teorías son verdaderas. En Física, este modelo es principalmente un conjunto de objetos idea- es, pero referidos a un mundo material. Ejemplo, sistemas inerciales, procesos adiabáticos, superficies gaussianas, las cuales no existen en realidad, pero tienen significación física.

En el segundo caso, un modelo real (físico o material) es un cuerpo o fenómeno en el cual es más fácil investigar, que en el objeto propio de nuestra investigación (el prototipo). Ejemplo, una representación de las concepciones atómicas, modelos a escala de diferentes máquinas o motores, esquematización de redes eléctricas, etc. En general los modelos reales son instrumentos importantes para la vida, la tecnología y muchas ciencias, pero no ofrece ningún problema especial para la filosofía de la ciencia.

El tercer caso, el modelo matemático o teórico, es un concepto abstracto de objetos reales (sistemas o fenómenos). Muchas veces es cuantitativo, ya que contiene ecuaciones y magnitudes. Es siempre ideal. Por ejemplo, las ecuaciones de Maxwell es un modelo matemático que describe los campos electromagnéticos y donde cada variable es interpretada como una magnitud física

De manera similar al planteamiento realizado en el caso de analogías según Nagel, se observa que la enseñanza a través de modelos reales es más significativa para el alumno, y muestran más rechazo a los modelos semánticos y matemáticos; las razones, por un lado, la forma como se enseña, y por otro, los procesos mentales de abstracción y reflexión que deben llevar a cabo los alumnos y que muchas veces no han desarrollado lo suficiente (etapa de las operaciones formales, según la teoría de Piaget).

Camap (1969:299,301) al hacer un análisis sobre las leyes de la ciencia establece una distinción entre **leyes empíricas** y **leyes teóricas**; las primeras, son las que pueden ser confirmadas directamente mediante observaciones empíricas, es decir, son leyes acerca de términos observables (observacionales). Aquí se debe hacer notar que los filósofos y los físicos utilizan de manera diferente los términos observables e inobservables. Para el filósofo lo observable se aplica a propiedades que se perciben directamente por los sentidos, como el color, el tamaño, la textura, etc. Para el físico, el significado es más amplio, ya que además de lo percibido por los sentidos, incluye a toda magnitud cuantitativa que pueda ser medida de manera simple y directa, como las cantidades macroscópicas: presión, volumen, temperatura, resistencia, intensidad de corriente, diferencia de potencial.

Por otro lado, las leyes teóricas, a veces llamadas abstractas o hipotéticas, contienen términos de un tipo diferente al de las empíricas; los términos teóricos: éstos no se refieren a observables, aun cuando se adopte el significado amplio que da el físico. Estos términos se refieren a cantidades microscópicas como átomos, electrones, protones, quarks, campos electromagnéticos, etc.

De acuerdo con lo expuesto, se identifican en las teorías científicas dos tipos de términos:

a) **Los términos teóricos**, los cuales se refieren a entidades que existen independientemente de nosotros como observadores y formuladores, pero que sólo se aceptan si se les puede dotar de reglas de correspondencia que dan de ellos una definición fenoménica explícita

Ejemplos de algunos de estos términos:

- El campo eléctrico es un campo vectorial.
- Las ondas electromagnéticas son ondas viajeras.
- Los campos eléctricos y magnéticos están en fase en una onda electromagnética.
- La carga eléctrica está cuantizada

b) **Los términos observacionales**, son aquellos percibidos directamente por los sentidos o medibles mediante técnicas relativamente simples.

Ejemplos:

- Los resortes se estiran si aplicamos una fuerza
- El roce es más intenso en superficies rugosas
- En condiciones normales, el agua hierve a 100 C
- Al frotar un peine atrae pedacitos de papel.

Es evidente que las teorías científicas se construyen sobre la base de términos teóricos (Tt) y de términos observacionales (To) (además de los términos lógicos y matemáticos), y resulta imposible desprenderse de alguno de ellos. Pero de nuevo surge la pregunta: ¿cuáles términos aprenden más rápido los alumnos? Resulta comprensible que los To sean más fácilmente entendidos por los alumnos, ya que resultan de las interacciones que ellos tienen con el medio que los rodea y, por lo tanto, forman parte de sus esquemas mentales, pero, sin embargo, se debe tener cuidado con las generalizaciones fundamentadas en la observación o en el «sentido común», ya que pueden conducir a teorías erróneas, como el caso de afirmar que la tierra está fija y el sol es el que se mueve, porque lo vemos todos los días salir por el Este y ocultarse por el Oeste.

Conclusiones

En general, enseñar alguna ciencia experimental, y en particular la Física, es un proceso complejo que requiere tener en consideración varios aspectos:

- Un modelo de enseñanza donde se tomen en cuenta las ideas previas de los alumnos, y donde éstos participen activamente en la construcción de su propio conocimiento, fundamentada en procesos y no en contenidos o en el logro de objetivos específicos.
- Contenidos de enseñanza que incluyan aspectos relacionados con la historia y epistemología de la ciencia.
- Términos, modelos y analogías involucradas en las teorías científicas, para la selección adecuada de estrategias instruccionales que activen los esquemas mentales y propicien el aprendizaje en los estudiantes.

Bibliografía

- BARNES, E. (1988). "Thomas Kuhn". El Retorno de la Gran Teoría en las Ciencias Humanas. Compilación de Quentin Skinner. Alianza Universidad. Madrid, (España). (86-101).
- BEDOYA, I. (1998). "Ruptura Epistemológica". Diario: Debates No 24. Universidad de Antioquia, octubre 1998:2.
- CARNAP, R. (1969). "Fundamentación Lógica de la Física". Editorial Sudamericana. Buenos Aires (Argentina).
- DRIVER, R. (1989). "Student's conception and the learning of science". International Journal of Science Education, 11(5): 481-490.
- FLÓREZ, R. (1994). "Hacia una pedagogía del conocimiento". McGraw-Hill Interamericana, S.A. Santafé de Bogotá (Colombia).
- FURIO, C. Y GUIZASOLA, J. (1997). "Deficiencias epistemológicas en la enseñanza habitual de los conceptos de campo y potencial eléctrico". Enseñanza de las Ciencias, 15 (2):259-271.
- GIL, O. (1983). "Tres Paradigmas Básicos en la Enseñanza de las Ciencias". Enseñanza de las Ciencias, 1(1): 26-33.
- GIL, O. (1993). "Contribuciones de la historia y la filosofía de la ciencia al desarrollo de un modelo de enseñanza-aprendizaje como investigación" Enseñanza de las Ciencias, 11(2)197-212.
- GONZÁLEZ, F. (1994). "Paradigmas en la enseñanza de la Matemática. Serie Temas de Educación Matemática". Parte uno. Copiher.
- KRAJEWSKI, W (1997). "Ideal objects as models in science". International studies in the philosophy of science, 11(2): 185-190
- KUHN, T. (1981 original publicado en 1982) "La Estructura de las Revoluciones Científicas". Fondo de Cultura Económica. México.
- LAUDAN, L. (1984). "Science and values: the aims of science and their role in science debate". Berkeley: University of California Press.
- MARIN, N. (1997). "Fundamentos de didáctica de las ciencias experimentales Manuales". Universidad de Almería Servicio de Publicaciones, Almería (España).
- NAGEL, E. (1978). "La estructura de la ciencia. Problemas de la lógica de la investigación científica". Paidós, Buenos Aires (Argentina)
- PORLAN, R. (1995) "Constructivismo y Escuela. Hacia un modelo de enseñanza - aprendizaje basado en la investigación". Diada Editora S.L. Sevilla (España).

Nota

Artículo producido en el Doctorado en Ciencias Humanas, Facultad de Humanidades y Educación, bajo el Seminario: Epistemología de la Ciencia, dirigido por la Dra. Gladys Acurero.

Centro de Estudios Matemáticos, Doctorado en Ciencias Humanas, Facultad de Humanidades y Educación. La Universidad del Zulia. Maracaibo Venezuela.