
Enfoque sistémico para la enseñanza de la física

J.R. Martínez

Facultad de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de San Luis Potosí, 78000 San Luis Potosí, S.L.P., México
(flash@ciencias.uaslp.mx)

INFORMACIÓN

Recibido: 3 de enero 2017
Aceptado: 18 de febrero 2017

PALABRAS CLAVES

Sistemas físicos
Epistemología
Aprendizaje
Propuesta didáctica

RESUMEN

Se presenta una estrategia para abordar la enseñanza de la física basada en la naturaleza de los sistemas físicos. En los últimos tiempos ha cobrado importancia como modelo el llamado constructivismo en sus diferentes enfoques. De esta manera se han diseñado estrategias en base a estudios detallados, que implican la construcción del conocimiento en determinados escenarios epistemológicos. Sin embargo el desarrollo del pensamiento científico se sitúa en otra epistemología poco explotada en el proceso educativo. La epistemología del conocimiento científico.

Introducción

En los cursos introductorios de física a nivel universitario la resolución de problemas está considerada como una actividad necesaria de cara a la familiarización de los estudiantes con la metodología científica y al aprendizaje significativo de los contenidos de física. Sin embargo, la presentación didáctica habitual de los problemas de física se basa en la identificación de aquellos como meros ejercicios de aplicación que el estudiante debe de asimilar y reproducir [1-2]. Así pues, un gran número de estudios han constatado que los estudiantes no emplean procedimientos característicos de la metodología científica a la hora de resolver problemas [3-8].

Por lo general los currículos de ciencia no favorecen la enseñanza en base a análisis cualitativo y al planteamiento de hipótesis, los currículos van más orientados al contenido y por lo regular son muy ambiciosos en cuanto a extensión.

Las conductas que desencadena en el profesor y el alumno la resolución de problemas vienen a estar impregnadas de una serie de rutinas descontextualizadas que promueven el aprendizaje memorístico más que la oportunidad de indagar en la comprensión del contenido científico.

Es frecuente encontrarse con programas de introducción a la física en los primeros cursos de universidad que dan por supuesto una familiarización de los estudiantes con las características principales de la metodología científica, a la hora de plantear problemas a los estudiantes y de exigirles su resolución. Sin embargo, resultados indican que no sólo esta familiarización está ausente, sino que existe una degradación del conocimiento en el sentido que las estrategias de enseñanza utilizadas en clase para la resolución de problemas no favorecen que los estudiantes aprendan habilidades básicas para enfrentarse a problemas científicos, sino más bien les llevan al aprendizaje repetitivo de una serie de

razonamientos erróneos que les conducen al fracaso.

El conocimiento declarativo sufre una degradación a tal grado que no existen diferencias en el tipo de respuestas en alumnos reprobados con respecto a alumnos aprobados.

De acuerdo al modelo integrador propuesto por de Posada [9], el proceso de aprendizaje al que son sometidos los alumnos en cuestión provocó solamente una memoria semántica rutinaria sin llegar a producir conocimientos semánticos significativos, debido a la ausencia de trabajo procedural, que propicia un alejamiento de la enseñanza científica, en la cual no se le familiariza al estudiante con el tipo de trabajo que se realiza en ciencia. Los estudiantes presentan una incapacidad para realizar análisis cualitativo y emisión de hipótesis, ingredientes básicos en el trabajo científico.

Escenarios Epistemológicos

El o los escenarios epistemológicos en los que se construye un conocimiento es de especial importancia para lograr, por un lado, un aprendizaje significativo y por el otro una efectiva comunicación de las ideas científicas. En los últimos tiempos ha cobrado importancia como modelo el llamado constructivismo en sus diferentes enfoques. De esta manera se han diseñado estrategias en base a estudios detallados, que implican la construcción del conocimiento en determinados escenarios epistemológicos. En particular, varios estudios han clasificado escenarios diferenciados, en los que se refiere a la construcción de conocimiento en conocimiento cotidiano, escolar y científico. La manipulación de escenarios a fin de establecer y determinar posibles interrelaciones, está planteada desde la perspectiva del constructivismo diferencial y del constructivismo unitario. La diferencia entre ambos se plantea en que en el constructivismo diferencial, a diferencia del unitario, los escenarios se diferencian, no sólo por aspectos de contenido,

sino sobre todo por aspectos epistemológicos de fondo. Así el cambio conceptual no se da como una simple sustitución del conocimiento cotidiano por el científico, aunque el primero sigue siendo un anclaje conceptual importante para la construcción del conocimiento escolar [10,11].

Sin embargo el desarrollo del pensamiento científico se sitúa en otra epistemología poco explotada en el proceso educativo. La epistemología del conocimiento científico. A menudo la ciencia suele confundirse con sus resultados y aplicaciones, olvidando que la ciencia es, ante todo, una metodología cognoscitiva y una particular manera de pensar la realidad. Así es importante asignarle importancia central a la estructura y a los métodos del pensamiento científico, entendidos éstos como la reunión de una gran cantidad de tácticas y estrategias empleadas por los investigadores para llevar a cabo su actividad.

Interrelación de Escenarios Epistemológicos

Tomando en cuenta la diferenciación de escenarios epistemológicos, en lo que se refiere a la construcción de conocimientos, en conocimiento cotidiano, escolar y científico, tratamos de construir un sistema interactivo que tiene la característica de ordenar las ideas que sobre un concepto tiene la persona a fin de enriquecer sus experiencias cotidianas y en base a este enriquecimiento, pueda acceder a la construcción de conocimiento escolar y cotidiano. El factor que potencia la interrelación de estos escenarios lo constituye la utilización de los sistemas físicos. De esta manera se diseñan actividades que requieren el situarse en la base empírica de la ciencia y transitar a la zona teórica, desde el punto de vista epistemológico. Esta situación nos permite manipular el escenario epistemológico de trabajo. Esta manipulación de escenarios está planteada desde la perspectiva del constructivismo diferencial, que a diferencia del unitario, los escenarios se diferencian, no sólo por aspectos de

contenido, sino sobre todo por aspectos epistemológicos de fondo [10]. Así el cambio conceptual no se da como una simple sustitución del conocimiento cotidiano por el científico, aunque el primero sigue siendo un anclaje conceptual importante para la construcción del conocimiento escolar [11].

Independientemente de los escenarios (escolar o cotidiano), los aspectos cognoscitivos necesarios para determinados conceptos de la física, requieren tomar en cuenta las ideas previas del sujeto, las cuales están regidas, en parte, por el conocimiento adquirido a través de la observación y la experimentación [12,13]. Para facilitar la construcción de conceptos físicos es necesario familiarizarlo con fenómenos físicos. Esta familiarización requiere que el sujeto observe al menos el fenómeno. A partir de la observación el sujeto enriquece su conocimiento inicial. Cuando los sujetos adquieren el conocimiento inicial o cotidiano la meta principal de la interacción maestro-alumno, en general, es reconstruirlo de tal manera que se acerque, tanto como sea posible, al conocimiento científico. La situación en la enseñanza escolarizada es crítica en el sentido de que si bien el estudiante tiene un conocimiento inicial, basado en la mayoría de las veces en el sentido común, éste no necesariamente implica la observación previa de fenómenos físicos y al desecharse la realización de demostraciones o experimentos físicos en el salón de clase o en la calle se le exige al sujeto “imagine” toda una serie de situaciones físicas, por lo que se requiere emplear un modelo mental para representar la realidad lo cual en la mayoría de las veces conduce a que el sujeto no lo pueda descifrar porque no tiene esquemas mentales que le permitan interpretarlo.

En lugar de desarrollar primero las experiencias directas y las ideas sensibles acerca de los fenómenos físicos y después introducir palabras y definiciones técnicas, el sujeto está expuesto, desde el principio, a ideas abstractas que no es capaz de comprender y lo único que puede hacer es rechazar la física, y en el mejor de los casos, construir un

sentido equivocado o memorizar y repetir palabras sin sentido [14].

Epistemología Científica

Sin embargo el desarrollo del pensamiento científico se sitúa en otra epistemología poco explotada en el proceso educativo. La epistemología del conocimiento científico. A menudo la ciencia suele confundirse con sus resultados y aplicaciones, olvidando que la ciencia es, ante todo, una metodología cognoscitiva y una particular manera de pensar la realidad. Así es importante asignarle importancia central a la estructura y a los métodos del pensamiento científico, entendidos éstos como la reunión de una gran cantidad de tácticas y estrategias empleadas por los investigadores para llevar a cabo su actividad. Aunque la lógica, la matemática y quizá las ciencias sociales utilicen metodologías un tanto *sui generis*, las ciencias de la naturaleza suelen recurrir a un instrumento común, el método hipotético deductivo, en el que parece radicar el éxito de disciplinas tales como la física, la química y la biología a partir del siglo XVII.

La ciencia intenta ocuparse de objetos, de cosas, de entidades, de justificar nuestras creencias acerca de ellos y de encontrar incluso regularidades que las involucren.

Esos objetos pueden considerarse directos o indirectos. Los objetos directos forman parte de la llamada base empírica, mientras que los objetos indirectos forman parte de la zona teórica.

El elemento de control es la concordancia o no de la teoría con observaciones de la base empírica. Esta es una de sus funciones principales para el conocimiento.

Datos de la base empírica son aquellos que cualquier persona puede obtener de la vida cotidiana con el auxilio del lenguaje ordinario y que están por tanto provistas ya de un suficiente poder de conceptualización básica. A partir de ellos el científico tratará de formular suposiciones que involucren entidades de la zona teórica y que

permitan justificar nuestras creencias y explicar las regularidades que hallamos en la vida cotidiana.

La labor empírica de los científicos siempre presupone implícitamente un marco teórico constituido por todas aquellas teorías ya aceptadas por la comunidad científica y que en el momento de la investigación se consideran fuera de discusión.

Estructura del Sistema

Bajo este esquema, tenemos que la explicación de un fenómeno requiere la participación de un gran número de observables, en principio, para una explicación exacta y precisa se requiere la competencia de un número infinito de observables, en virtud de la incorporación de todo el Universo. Estos observables están interrelacionados entre sí, por lo que podemos expresar en forma funcional, la explicación del fenómeno, esto es, dicha explicación requiere conocer la función: $f(A,B,C,D,E,F,\dots)$, donde A, B , etc. se refieren a los observables considerados, que en este caso son infinitos en número. De esta manera, la explicación satisfactoria, en el sentido de exacta, es prácticamente imposible. Como hemos discutido anteriormente, algunos de estos observables afectan en forma despreciable al fenómeno en cuestión, por lo que pueden ser despreciados sin afectar la explicación del fenómeno de interés. Lo que estamos haciendo es en sí, una aproximación. El número de observables, en este sentido, nos especifica el tamaño del sistema considerado. El sistema completo requiere el considerar la totalidad de observables disponibles (un número infinito), lo que significa que estamos considerando el total del Universo. La reducción considerable en el número de observables nos conduce a tener un sistema reducido, tan reducido como sea posible, para poder tener una explicación satisfactoria del fenómeno. De esta forma reducimos el tamaño del sistema a grados adecuados en los cuales el análisis del mismo se simplifica.

La reducción del sistema físico a tamaños manejables, depende del tipo de explicación que se quiera dar; la explicación requerida debe de ser satisfactoria, llevándose a cabo aproximaciones adecuadas que no afecten considerablemente la explicación exacta del fenómeno; aún así, es posible hacer reducciones más allá de los límites permisibles para la explicación satisfactoria, por supuesto en este caso, el número de observables se llevó a su mínima expresión.

El tamaño del sistema queda indicado por el número de observables a considerar. El sistema queda especificado por la función: $f(A,B,C,D)$. La función, encierra la información necesaria en la explicación del fenómeno y extiende el dominio de la interpretación, pues por su carácter regulador, nos dice la forma en que se comporta el sistema, en lo que se refiere al fenómeno descrito, en cualquier instante y en cualquier lugar del Universo; de esta forma queda establecida una ley, que llamaremos ley física. La ley física, así, queda representada matemáticamente como una fórmula que relaciona a los observables que definen el sistema, dichos observables, por el hecho de poder ser medidos, constituyen las cantidades físicas, englobadas en las leyes que gobiernan el comportamiento del Universo.

Como hemos indicado, los observables son sentidos por nuestros sentidos, de tal manera que podemos apreciar los cambios que sufren. Dado un sistema, esos cambios repercuten en el resto de los observables de acuerdo a la relación matemática que guardan entre sí. Determinar su relación significa encontrar la ley que gobierna el comportamiento de los observables y por lo tanto del fenómeno estudiado.

Determinar la ley física, requiere poder decir como se relacionan los observables entre sí, relación que, en principio, podemos obtener al encontrar cómo varía la magnitud de un observable, cuando varía la magnitud de los demás observables; la variación de la magnitud es percibida por el observador a través de sus sentidos. Obtener una magnitud, significa efectuar una comparación del observable con respecto a

otro observable de la misma especie, o sea homogéneos entre sí; este proceso de comparación lo denominamos medición.

Algunas Consideraciones Finales

En los planes de estudio suele haber un énfasis obsesivo en los contenidos de la enseñanza. Por supuesto la enseñanza no puede estar vacía de contenidos concretos pero es necesario decidir cómo se distribuye.

La ciencia tiene una envergadura y un calado muy grandes; es necesario que a los alumnos se les enseñe también algo sobre su naturaleza, su relación con otras formas de pensamiento y su potencial, tanto benigno como maligno. Es decir, aunque sea a expensas de enseñar algo menos de ciencia, hay que enseñar algo acerca de la ciencia.

En apariencia los alumnos cada vez aprenden menos y se interesan menos por lo que aprenden.

Pero los alumnos no sólo encuentran dificultades conceptuales también las tienen en el uso de estrategias de razonamiento y solución de problemas propios del trabajo científico.

Estas dificultades se ponen de manifiesto sobre todo en la resolución de problemas, que los alumnos tienden a afrontar de un modo repetitivo como simples ejercicios rutinarios, en vez de como tareas abiertas que requieren reflexión y toma de decisiones por su parte.

Esta pérdida de sentido del conocimiento científico no sólo limita su utilidad o aplicabilidad por parte de los alumnos, sino también su interés o relevancia.

El aprendizaje de actitudes es mucho más relevante y complejo de lo que con frecuencia suele asumirse.

La educación científica debería también promover y cambiar ciertas actitudes en los alumnos, lo que habitualmente no logra, en parte porque los profesores de ciencia no suelen considerar que la educación en actitudes forme parte de sus objetivos y contenidos esenciales, aunque paradójicamente las actitudes de los

alumnos en las aulas suelen ser uno de los elementos más molestos y disruptivos para la labor docente de muchos profesores.

Las nuevas tecnologías de la información, unidas a otros cambios sociales y culturales, están dando lugar a una nueva cultura del aprendizaje que trasciende el marco de una cultura impresa y que debe de condicionar los fines sociales de la educación y, en especial, las metas de la educación.

Lo que necesitan los alumnos de la educación científica no es tanto más información, que pueden sin duda necesitarla, como sobre todo la capacidad de organizarla e interpretarla, de darle sentido. Y, de modo muy especial, lo que van a necesitar como futuros ciudadanos son, ante todo, capacidades para buscar, seleccionar e interpretar la información.

El currículo de ciencias es una de las vías a través de las cuales los alumnos deben aprender a aprender, adquirir estrategias y capacidades que les permitan transformar, reelaborar y en suma reconstruir los conocimientos que reciben.

Orientar la enseñanza enmarcada bajo un enfoque sistémico, permite incorporar conocimiento procedural y las bases para realizar análisis cualitativo y emisión de hipótesis.

Referencias

- [1].D. Gil, and J. Carrascosa, *Sci. Educ.* **78**, (1994) 301
- [2].A. Oñorbe y J.M. Sánchez, *Enseñanza de las Ciencias*, **14**, (1996) 251
- [3].J. Guisasola, J.M. Almudi, M. Ceberio y J.L. Zubimendi, *Inv. Innov. Ens. de las Ciencias*, **2**, (1998) 140
- [4].R.A. Duschl, *Sci. Educ.*, **72**, (1988) 51
- [5].D. Gil, and J. Martínez-Torregrosa, *Problem solving in physics: a critical analysis*, In *Research on Physics Education*, (1984: Paris: CNRS editors)
- [6].F.J. Perales, *Rev. Ens. de las Ciencias*, **11**, (1993) 170
- [7].F.J. Perales, *Resolución de problemas*, (2000, Editorial Síntesis, Madrid)

- [8].D.P. Maloney, *Research on problem solving: Physics*. In Handbook of Research on Science Teaching and Learning, (1994) pp.327-354
- [9].J.M. de Posada, Rev. Elect. Ens. de las Ciencias, 1, (2002) art. 2
- [10].M.J. Rodrigo, “El hombre de la calle, el científico y el alumno ¿Un solo constructivismo o tres?”, Investigación en la escuela, No.23, 7-15, 1994.
- [11].D.G. Pérez, Investigación en la Escuela, No. 23, (1994) 17
- [12].J.R. Martínez, B. A. Trujillo-Colorado y S. Palomares-Sánchez, en Divulgación de la Ciencia y enseñanza escolarizada, Memorias del V Congreso Nacional de Divulgación de la Ciencia, (1996) 169
- [13].M. Mirabal-García, S. Palomares-Sánchez y J.R. Martínez, en Divulgación de la Ciencia y enseñanza escolarizada, Memorias del V Congreso Nacional de Divulgación de la Ciencia, México (1996) 145
- [14].J. Slisko, El Cronopio, FC-UASLP, No. 3, (1995) 38