

LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA FRENTE AL NUEVO MILENIO

THE TEACHING OF PHYSICS IN THE NEW MILLENNIUM

MANUEL VILLARREAL¹, HEBERT LOBO², GLADYS GUTIÉRREZ,

JESÚS BRICEÑO³, JESÚS ROSARIO y JUAN CARLOS DÍAZ*

¹ mavu@ula.ve; ² hlobo@ula.ve; ³ jesusb@grincef.org.ve

*Grupo de Investigación Científica y de Enseñanza de la Física (GRINCEF),
Departamento de Física-Matemática, Núcleo Universitario Rafael Rangel,
Universidad de los Andes, Código Postal Trujillo 3102, Venezuela

RESUMEN

El paso de momentos significativos en el tiempo, siempre ha motivado la reflexión, aún más ahora en que nos enfrentamos a un nuevo milenio, por esto, los docentes de Física estamos preocupados en aproximar la Física que se enseña en el aula a la Física que hacen los físicos hoy día y llevarla a los alumnos con los métodos más recientes obtenidos por la Didáctica de la Ciencia. El amplio espectro de problemas a los que se enfrenta la Física no permite dar una orientación específica, pero sí se darán en el trabajo determinados puntos de referencia que le servirán a los docentes para lograr una ubicación en el contexto de la Física actual. En cuanto a la Didáctica, la orientación que ha tomado esta ciencia en la actualidad muestra un camino bien delineado y así se expresa en el desarrollo de este trabajo.

PALABRAS CLAVES: Enseñanza de la Física, Didáctica de la Física.

ABSTRACT

The for the time being significant step in the time, has always motivated the reflection, still more now in which we face us to a new millennium, by this, the educational of Physics we are worried in approaching the Physics that is taught in the classroom to the Physics that do the physicists nowadays and to carry it the students with the most recent methods obtained by the Teaching of the Science. The extensive spectrum of problems to the ones that the Physics is faced does not permit to give a specific orientation, but if they will be given in the work specific points of reference that will serve to the educational to achieve a location in the context of the present Physics. As for the Teaching, the orientation that has taken this science currently shows a road well delineated and thus itself expresses train in the development of this work.

Keys Words: Teaching of physics, didactics of physics.

INTRODUCCIÓN

El tránsito de momentos significativos en el tiempo: un año, una década, un siglo o un milenio a otro, siempre ha estimulado la reflexión y la fantasía de la humanidad, incluyendo a veces la expectativa por la ocurrencia de eventos relevantes o extraordinarios.

Si viéramos el caso de la Física, en el paso del siglo XIX al XX, esta ciencia atravesaba una etapa de aparente "crisis", según algunos lo han calificado; otros como Lord Kelvin, veía solamente dos nubes oscureciendo el firmamento de la Física: la falta de coordinación con el problema del éter y las dificultades en la teoría de la radiación (Daniushenkov y Corona, 1991). Estas nubes o "crisis", condujeron a la aparición de dos nuevas teorías: La Física Cuántica y La Teoría de la Relatividad que han delineado la frontera de la Física entre ambos siglos.

Los problemas a los que se enfrenta el desarrollo de la Física al arribar a los albores del siglo XXI, no pueden circunscribirse a un reducido número, si bien es cierto que hay asuntos de relevante importancia, tanto en el mundo de lo muy pequeño, como en el de lo muy grande, que esperan una respuesta capital por parte de los físicos.

El profesor de Física debe estar consciente de hacia dónde se dirige la investigación en la Física, para poder poner en contacto a sus alumnos, al menos al nivel de la conciencia común, es decir, como un divulgador de la ciencia, con las perspectivas del desarrollo de la Física, tratando de incorporar a la docencia los resultados más recientes que se anuncien, aún cuando estos sean discutibles, pues no se debe perder de vista que a la vez que debemos preparar a nuestros estudiantes con un grado de actualización que les permita vivir acorde con su época, es necesario

fomentar en ellos el espíritu crítico y valorativo ante la realidad que se les presenta. Si esto último es necesario, resulta imprescindible para un profesor de Física, conocer los problemas a los que se enfrenta la Enseñanza de la Física y los resultados que en esta esfera se van logrando, con miras a hacer más eficiente su actividad docente.

Por otra parte, es necesario aclarar, dado que estamos tratando los avances de la Física, no se hará referencia al impacto de las nuevas tecnologías (software educativo y equipamiento novedoso) ya que esto requiere la atención de otro trabajo.

La Enseñanza de la Física

Si repasamos las temáticas que se enseñan actualmente en Física, como asignatura de formación general, podemos asegurar sin temor a equivocarnos, que el mayor peso recae en el período anterior al siglo XIX, llegándose a abordar ciertos asuntos relativos a la primera mitad del siglo XX. Si esta presentación de la Física va acompañada de los tradicionales ejemplos y problemas, podemos decir que nos hemos quedado detenidos en el tiempo y el estudiante o hasta el profesional recién graduado, no físico, se queda atónito ante las imágenes televisivas o noticias periodísticas, relacionadas con la Física contemporánea y que nunca se le han mencionado en el colegio. Otra arista de este mismo asunto es el bajo interés y motivación por el estudio de la Física en los estudiantes, dada la falta de conexión que los relaciona con la vida diaria y por lo que les resulta inactiva.

El panorama descrito en el párrafo anterior no es absoluto, pues la última mitad del siglo pasado ha visto un torrente de reformas curriculares, una de cuyas fuerzas motrices ha sido la actualización [1]. La puesta en órbita en 1957 del primer satélite artificial de la tierra resultó algo así como un *shock* para el mundo occidental y lo puso a reflexionar, entre otras cosas, sobre los métodos de Enseñanza de las Ciencias, apareciendo fundamentalmente en el mundo anglosajón, diferentes proyectos en los niveles no universitarios [2].

Debemos reconocer también los esfuerzos, entre otros, de autores como Halliday-Resnick-Walker quienes en su libro *Fundamentals of Physics*, quinta edición ampliada [3], introducen muchos aspectos de la más cercana contemporaneidad, como en aquél momento resultaba la demostrada existencia del *quark top* en el Tevatron del Fermilab en abril de 1995. Se debe señalar que aunque el proceso editorial en los momentos actuales se ha visto significativamente reducido en tiempo, la aparición de un libro no puede reflejar el estado del arte en los días en que es comercializado.

Por otra parte, hay problemas muy clásicos, que a pesar del tiempo conservan plena vigencia, pero que enriquecidos por la práctica docente se presentan con aires de contemporaneidad. Mark Lattery [4], en su curso de artes liberales introduce el problema de la Ley de Las Cuerdas de Galileo, que data de 1602, como un problema de investigación para los estudiantes, concordando esto por el método que se ha empleado en su presentación, con la forma más actual de Enseñanza de las Ciencias.

En los últimos cuarenta años, la preocupación por la Enseñanza de las Ciencias ha cobrado gran interés, produciéndose aportes muy importantes en el orden de la Didáctica de la Ciencia. A continuación se expondrán los métodos y modelos que han llamado más la atención de la comunidad de docentes y se harán algunas valoraciones de los mismos, que en ningún modo pretenden desacreditar a alguno de ellos, pues si bien es cierto que pueden señalarse limitaciones, los aportes han sido significativas y podemos decir que nunca antes como en estos últimos cuarenta años de la Didáctica de la Ciencia se ha visto en una situación tan floreciente y eso se debe a que han existido diferentes propuestas de actuación.

A partir de 1960 apareció el modelo de *aprendizaje por descubrimiento* que pretendía poner al estudiante en las condiciones del investigador, como vía que lo llevara a la adquisición del conocimiento, potenciando de este modo la aplicación del método experimental y con ello de las prácticas de laboratorio, actividad que siempre ha despertado gran interés en los docentes de Física. Para caracterizar este modelo podemos citar tres palabras claves, según cómo se entendía que debía producirse la adquisición del conocimiento: *autónomo*, *inductivo*, *incidental*, precisamente estas pueden ser sus limitaciones, el inductivismo extremo, el exceso de autonomía y lo incidental, que se relacionaba con lo disperso y sin guía del aprendizaje. Este modelo parece traer al estrado la vieja disputa entre empirismo y racionalismo y al hiperbolizar el empirismo muestra una concepción deformada del trabajo científico.

El *aprendizaje por recepción significativa*, que de cierto modo sustituye al modelo anterior, es una muestra del rechazo al inductivismo y aparenta ser un regreso a la transmisión-recepción tradicional de conocimientos, aunque no lo es, pues por la atención que presta "a los conocimientos previos de los alumnos y a la integración de los nuevos conocimientos en sus estructuras conceptuales es coherente con el papel que los paradigmas teóricos juegan en todo el proceso de investigación científica" [5]. La dirección del profesor, como guía científico del investigador novel, permite que se obvие el obstáculo del trabajo autónomo o el

descubrimiento incidental. Este modelo tiene en sus bases la asimilación de conceptos por los alumnos, los cuales no participan en su construcción, para lo que necesitarían de un tiempo propio que no se tiene en cuenta y en cuanto a la resolución de problemas se dirige a la comprensión de las soluciones.

Las orientaciones constructivistas han marcado también en los últimos años la Didáctica de la Ciencia y se pueden apreciar en ellas, diferentes tendencias, que Gil [5] ha encontrado que tiene un hilo conductor: la idea de *contemplar el aprendizaje como un cambio conceptual* con las siguientes fases:

- (i) Elicitación: carácter plausible, fructífero del conocimiento.
- (ii) Reestructuración: contradicción para la introducción del nuevo concepto.
- (iii) Aplicación: que funcione en la práctica.

Las llamadas concepciones alternativas, se ha comprobado en la práctica que resultan resistentes al cambio, por lo que parece que contemplar al aprendizaje como cambio conceptual puede traer ciertos riesgos.

Algo más reciente es el *aprendizaje como investigación* que propone el tratamiento de problemas generales, a través de los cuales los estudiantes puedan participar en la construcción de los conocimientos. Asocia el cambio conceptual con la práctica de la metodología científica que permita superar, al igual que lo ocurrido en la ciencia, paradigmas establecidos y considera la siguiente estrategia para ello:

- (a) Plantear situaciones problemáticas que generan interés y proporcionen una concepción preliminar de la tarea.
- (b) Proponer a los estudiantes el estudio del problema.
- (c) Orientar el tratamiento científico de los problemas planteados, mediante
 - Formulación de Hipótesis
 - Diseño de Estrategias (diseño de experimentos)
 - Análisis de los resultados y cotejo con otros "investigadores"
- (d) Aplicación de los conocimientos adquiridos a otras situaciones.

Hagamos ahora algunas valoraciones generales.

- 1) Todos estos modelos tienen en común el acercamiento de la Enseñanza de la Ciencia a la forma en que se construye el conocimiento científico, esta característica se ha ido reforzando con el tiempo, y todo parece indicar que es la tendencia más aceptada en estos momentos (contemporánea).
- 2) El papel de la Historia de la Física, por la misma razón anterior, esta cada vez más indisolublemente ligado a la

Enseñanza de la Física, lo cual se puede reconocer en los trabajos de Gil [5] y Matthews [6], de forma tal que la Historia de la Física resulta algo inherente a la Enseñanza de la Física, no para sosegarla, sino como un *componente esencial*, que además puede brindar una visión *holística* a la Enseñanza de la Física, cuestión de alta significación contemporánea.

A esto deben prestarle atención los docentes de Física si quieren estar a la altura de los tiempos que transcurren, aunque lamentablemente los cursos de Historia y Filosofía de la Ciencia no abundan en el *currículum* de formación de profesores, como se reconoce en el "Diagnóstico sobre la formación inicial y permanente del Profesorado de Ciencias y Matemática en los países Iberoamericanos [7].

3) Un análisis de los modelos expuestos hace pensar que en cada uno de ellos hay verdades demostradas que es necesario tener en cuenta y que aunque aparentemente uno supere a otro, ninguno puede negarse rotundamente. Es necesario ante el acto de enseñar, observar una posición ecléctica coherente, sino dialéctica, seleccionando los procederes atendiendo a las situaciones concretas que enfrentamos en un contexto dado. Tengamos en cuenta que demostrados están:

- La existencia de conocimientos previos.
- La persistencia de errores conceptuales.
- Las posibilidades de formar un concepto a partir de un experimento.
- La efectividad de la resolución de problemas de lápiz y papel.
- Las potencialidades del uso de la computación en la enseñanza, Internet, etc.

Al igual que la Física no ha encontrado la teoría del todo, lo cual es dudoso que se pueda obtener, a nuestro juicio y el de otros miembros de la comunidad científica, y por lo que se precisa abordar ciertos problemas con el empleo de la Mecánica Newtoniana, otros con la relatividad de Einstein y otros con la ecuación de Schrödinger, así debemos proceder con la Didáctica de la Ciencia.

Los campos de desarrollo de la Física en la actualidad

Resulta un poco arriesgado referirse al camino por el que transita esta ciencia en la actualidad, no obstante se tratará de ofrecer puntos de referencia que puedan servir de indicadores de las temáticas a las que los físicos prestan su atención, con miras a lograr una ubicación. Uno de estos puntos de referencia nos lo puede dar la forma en que la International Union of Pure and Applied Physics (IUPAP) agrupa sus comisiones de trabajo [1].

Comisión 2: Símbolos, Unidades, Nomenclatura, Masas Atómicas y Constantes Fundamentales. (La comisión 1 tiene que ver con las finanzas).

Comisión 3: Física Estadística.
 Comisión 4: Rayos Cósmicos.
 Comisión 5: Física de las bajas temperaturas (Criogenia).
 Comisión 6: Física Biológica.
 Comisión 7: Acústica.
 Comisión 8: Semiconductores.
 Comisión 9: Magnetismo.
 Comisión 10: Estructura y Dinámica de la Materia Condensada.
 Comisión 11: Partículas y Campos.
 Comisión 12: Física Nuclear.
 Comisión 13: Física para el desarrollo.
 Comisión 14: Enseñanza de la Física.
 Comisión 15: Física atómica, Molecular y Óptica Física.
 Comisión 16: Física del Plasma.
 Comisión 17: Electrónica Cuántica.
 Comisión 18: Física Matemática.
 Comisión 19: Astrofísica.
 Comisión 20: Física Computacional
 Comisión Afiliada 1: Óptica.
 Comisión Afiliada 2: Relatividad General y Gravitación.

Otra vía para ubicarnos del desarrollo de la Física en la actualidad, es a través de la revisión de las temáticas por las cuales se han otorgado los Premios Nobel de Física en los últimos años.

2000: Zhores I. Alferov y Herbert Kroemer fueron premiados por sus trabajos en heteroestructuras semiconductoras usadas en electrónica de alta velocidad y optoelectrónica. A Jack S. Kilby se le adjudicó por su trabajo en la invención del circuito integrado.

2001: Erick Cornell, Wolfgang Ketterle y Carl Wieman fueron premiados por sus estudios fundamentales de las propiedades de los condensados.

2002: Raymond Davis Jr., Masatoshi Koshiba y Riccardo Giacconi fueron premiados por sus trabajos en el descubrimiento de fuentes de rayos cósmicos (detección de neutrinos cósmicos).

2003: Alexei Abrikosov, Vitaly Ginzburg y Anthony Leggett, por sus contribuciones pioneras a la teoría de los superconductores y superfluidos.

2004: David J. Gross, H. David Politzer y Frank Wilczek, por el descubrimiento de una notable propiedad de la fuerza nuclear fuerte, la que interactúa con los *quarks*.

2005: Roy J. Glauber, John L. Hall y Theodor W. Hänsch, por sus contribuciones al desarrollo de la espectroscopia de precisión basada en láser, incluyendo la técnica del barrido de frecuencia óptica.

Algo que debe acotarse, es que la fecha de otorgamiento del Premio Nobel, generalmente no es

inmediata al año en que se producen los aportes de los científicos.

Una primera lectura de lo expuesto con relación a los Premios Nobel, nos indica que la Física de Partículas, tanto desde el punto de vista teórico como experimental es la que ha hecho merecer los honores de la comunidad científica en los últimos años, sin obviar la justificada atención al desarrollo de la Física del Estado Sólido (Dispositivos Semiconductores) y la Astrofísica

A MANERA DE CONCLUSIONES

La Enseñanza de la Física en todos los niveles del sistema educativo venezolano se encuentra limitada al estudio de los conceptos clásicos de esta ciencia, sin abordar los avances y descubrimientos acaecidos en el último siglo.

Han surgido nuevas teorías del aprendizaje, acompañadas de métodos y estrategias innovadoras que deben ser integradas a la enseñanza de una ciencia experimental como lo es la Física.

Contrario a las tendencias tradicionales en los círculos científicos, se empieza a reconocer a la Enseñanza de la Física como uno de los campos de desarrollo de acuerdo a la reciente clasificación de la IUPAP, lo cual indica la importancia que reviste la divulgación y el aprendizaje del conocimiento científico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BLACK P., DRAKE G., JOSSEM L., *Physics 2000 as it enters a new millennium*, IUPAP, 2000.
- GARCÍA M., SÍPIDO A. *Diagnóstico sobre la formación inicial y permanente del profesorado de Ciencias y Matemática en los países Iberoamericanos*, Madrid (España), 1994.
- GIL D. *Contribución de la Historia y la Filosofía de las Ciencias al desarrollo de un modelo enseñanza/aprendizaje como investigación*. Enseñanza de las Ciencias, 11 (2), 197-212, 1993.
- HALLIDAY D., RESNICK R., WALKER J. *Fundamentals of Physics*: quinta edición ampliada, John Wiley & Sons, Nueva York (EEUU), 2001.
- LATTERY M., *Full immersion into Physics*, The Physics Teacher, No. 3, Vol. 39, 2001.
- MATTHEWS M. R. *Historia, Filosofía y Enseñanza de las Ciencias: la aproximación actual*. Enseñanza de las Ciencias, (2), 255-277 (1994).
- SEGARRA. *La corriente ciencia- tecnología-sociedad en la didáctica de las ciencias*. Revista Mexicana de Física, No. 3, Vol. 34 (1988).