

## **Anexo 7.1**

### ***La inclusión de temas actuales de Física en el Polimodal.***

#### ***Algo más que una ampliación de contenidos***

***Patricia E. Fernández - Eduardo González - Jordi Solbes Matarredona***

#### **Resumen**

La actualización de la currícula de ciencias mediante la inclusión de temas relacionados con los desarrollos y descubrimientos más recientes, es una demanda impostergable sobre la que existe gran consenso entre docentes, investigadores y planificadores educativos. Muy recientemente la misma ha sido tenida en cuenta en los Contenidos Básicos Comunes propuestos a partir de la Reforma Educativa en marcha en Argentina.

Naturalmente, este proceso requiere de una adecuada capacitación de los docentes que deberán instalar esos temas en el aula. Ello ha dado lugar a diversas líneas de acción: Red Federal, Formadores de Formadores, etc.

Ahora bien, más allá de la ampliación de contenidos que esto supone, la formación de profesores y la actualización de docentes en ejercicio plantea como necesaria la investigación de estrategias adecuadas para lograr una buena comprensión del mundo natural a la luz de los modelos propuestos por las nuevas teorías y, consecuentemente, el desarrollo de didácticas específicas para lograr este propósito.

La investigación que proponemos intenta avanzar en este sentido, buscando caracterizar

las concepciones iniciales sobre la Física Cuántica de los profesores de nivel medio. A tal fin, se consideran algunas de las exigencias que emergen de experiencias y resultados obtenidos al respecto por la investigación educativa en diversos contextos. Finalmente, se plantea la necesidad de realizar estudios en profundidad que permitan la elaboración de propuestas adecuadas de capacitación y transferencia al aula.

#### **Introducción**

A lo largo de este siglo hemos experimentado un ritmo vertiginoso de producción de nuevos conocimientos que no siempre ha podido ser asimilado en su totalidad desde la educación. Incluso la investigación didáctica, surgida recientemente con expresos fines de mejora de la calidad de la enseñanza, no ha indagado lo suficiente en los problemas que surgen, por ejemplo, de la presentación en los distintos niveles del sistema educativo, de las nuevas concepciones del mundo elaboradas por la ciencia. Este es el caso de la Física Moderna nacida a principios del siglo XX y en particular de la Física Cuántica.

La diversidad de temas relacionados con la Física actual,

es decir, los desarrollos científicos que van desde la concepción cuántica y la relatividad a las modernas teorías del caos y la superconductividad, han ido creciendo en forma exponencial. La introducción de cuestiones como éstas no siempre ha sido bien vista por los maestros y profesores. Esta es una de las razones por las que la cultura científica escolar no suele acompañar el desarrollo de la ciencia, ni sus avances tecnológicos y se distancia de ellos cada día más.

La Reforma Educativa iniciada con la sanción de la Ley Federal de Educación Nro. 24195, el 14 de abril de 1993 intenta atender a estos reclamos, introduciendo profundas transformaciones en los diseños curriculares y en la propia estructura de la escuela argentina. Se pretende dar a través de la enseñanza, una visión de fundamento más actualizada y a la vez práctica del mundo en que vive el estudiante, con la intención de capacitarlo para un desempeño social autónomo y reflexivo, el ejercicio de sus derechos y el cumplimiento de los deberes propios de ciudadanos/as protagonistas en una sociedad moderna y democrática. Se incorpora además la noción de contenido en un sentido más amplio (conceptuales, actitudinales y procedimentales)

atendiendo al desarrollo de capacidades que favorezcan la indagación, la experimentación y el desarrollo de metodologías propias de cada área de conocimiento. En este sentido, la Resolución 30/93 del Consejo Federal de Cultura y Educación cita entre sus finalidades "...la incorporación de los avances científicos y tecnológicos que son imprescindibles hoy para una formación actualizada y para un eficiente desempeño productivo..."

Una alfabetización científica que atienda estas necesidades, no puede dissociarse de un enfoque de la ciencia en constante evolución, en un medio social y tecnológico que no sólo condiciona su avance, sino que, a su vez, se ve permanentemente afectado por ella.

En el área de ciencias naturales en particular, la necesidad de sentar en los alumnos las bases de principios físicos que rigen las nuevas tecnologías, como así también de las teorías científicas actuales, constituye una de las expectativas de logro de la Reforma Curricular en marcha. Se plantea de este modo, una escuela más integrada a los intereses de los alumnos y al mundo cotidiano en continuo cambio y evolución. A la vez, se intenta aprovechar la fuerte motivación que algunas cuestiones de la Física actual generan en los estudiantes, tanto para la discusión de temas específicos, como de aspectos relacionados con la repercusión social e histórica de la ciencia (Solbes, 1992).

### **Algo más que ampliación de contenidos**

Ahora bien, la incorporación de nuevos contenidos plantea diversas dificultades que de-

ben ser abordadas específicamente.

Por un lado, tal como se señaló anteriormente, existe cierta resistencia entre los docentes a esta ampliación de contenidos. A. Oñorbe (1996), destaca entre las razones que suelen esgrimirse en contra de la introducción de nuevos conceptos en los currículos, las siguientes:

- las nuevas teorías son muy complicadas,
- se necesitan muchos conocimientos previos para poder comprenderlas,
- los programas son muy extensos,
- es preferible enseñar los fundamentos clásicos en un orden histórico,
- los profesores no tienen la formación específica adecuada,
- los profesores no disponen de mecanismos para adaptar los nuevos conocimientos a la comprensión de los alumnos.

Solbes (1996), comenta que *todo tema nuevo* suele ser considerado difícil y no apto para la enseñanza. Algo similar ya ha sucedido con tópicos de otras ramas de la Física hoy tradicionales pero controvertidos en su momento, como lo fueron la teoría electromagnética, los campos y ondas, etc. Otras veces, se atribuyen las dificultades a la matemática y se considera que debe reservarse el tratamiento del tema para la universidad. Tal suele ser el caso de la Física Moderna.

Estas cuestiones forman parte de una problemática muy vasta e importante que va más allá del tema específico de que se trate: las concepciones o visiones de los docentes sobre la ciencia y su enseñan-

za. En tal sentido, la investigación educativa ha puesto de manifiesto la importancia de considerar dichas preconcepciones docentes (ideas, comportamientos y actitudes) como un factor decisivo para el éxito de una verdadera transformación. Se trata en muchos casos de visiones de "sentido común" de los profesores, adquiridas de manera empírica a lo largo de su formación. Estas visiones, condicionan el proceso educativo, limitándolo a una transmisión simplista de conocimientos terminados (Gil y Pessoa, 1994; Gené y Gil 1987).

Lo anteriormente expuesto, plantea la necesidad de profundizar la transformación educativa en marcha, generando estrategias tendientes a :

- sentar las bases en los docentes de la necesidad de un verdadero proceso de cambio didáctico y metodológico,
- transformar sus concepciones respecto de la capacitación y enseñanza tradicionales,
- investigar y desarrollar estrategias específicas que aporten herramientas facilitadoras de la trasposición didáctica,
- establecer modos de relación entre investigadores y maestros, profesores, formadores de formadores, etc., de forma tal de complementar esfuerzos para llevar adelante la transformación.
- 

### **Dificultades propias de la Física Cuántica**

En el caso de contenidos de Física Cuántica, se presentan nuevos conceptos que suelen

ofrecer especial atractivo. Relaciones entre masa y energía, comportamiento dual de la luz y de la materia, modelos atómicos y fuerzas nucleares, transportan a los jóvenes a cuestiones que han originado discusiones epistemológicas de trascendencia en la historia de la ciencia, algunas de las cuales sentaron la piedra fundamental del desarrollo tecnológico actual.

Esta avidez por conocer no siempre ha sido satisfecha desde la escolaridad. La falta de una adecuada formación docente, sumada a la extensión y a veces excesiva rigidez de las currículas, colaboran para que la información sobre ciertos temas quede reservada exclusivamente a fuentes extraescolares como revistas de divulgación, programas televisivos, multimedia, etc. (Utges G. et al, 1996 y 1997), favoreciéndose la desintegración con el conocimiento adquirido en la escuela.

En el caso de los fenómenos cuánticos, los conceptos y modelos involucrados lejos de ser intuitivos, están aún más alejados de las percepciones cotidianas que muchos tópicos de la Física Clásica. Sin embargo, incluso en la enseñanza superior, no puede negarse la necesidad de una presentación "inicial" que parta de niveles concretos de razonamiento y en los que usualmente se recurre a la búsqueda de "analogías", "imágenes" o "modelos intuitivos" tomados de contextos que poco tienen que ver con el mundo de las micropartículas. Esta contradicción, genera representaciones que no siempre facilitan una comprensión significativa en acuerdo con la concepción científica de la Mecánica Cuántica y que por el contrario, funcionan como obstaculizadores del aprendizaje.

A esta dificultad, se suman preconcepciones adquiridas en forma extraescolar a través de revistas de divulgación, material informativo diverso, videos documentales, interacción entre pares, etc., y la resistencia natural a abandonar la seguridad de concepciones intuitivas por modelos de carácter más axiomático, propios de esta área (M.J.Martín Díaz y P.Bacas, 1996). Los modelos de la Física Cuántica, naturalmente alejados de la experiencia cotidiana, no son fáciles de asimilar. Por el contrario, según muchos autores, su plausibilidad y su potencialidad explicativa recién pueden apreciarse cuando se ha adquirido un buen manejo del formalismo (Fischler, 1992). No obstante, una presentación de la Física Cuántica, prescindiendo del formalismo que la caracteriza, pero que no incurra en errores conceptuales ni epistemológicos, es necesaria al menos para el nivel medio.

Por otro lado, estas dificultades de comprensión no son exclusivas de los adolescentes sino que también se plantean en el nivel de formación docente (Solbes, Bernabeu, Navarro y Vento, 1988).

Las currículas de los profesores deberán prever las dificultades antes señaladas. En este sentido, es nuestro interés aportar sugerencias para una formación amplia y coherente de los futuros docentes, que les facilite arbitrar estrategias didácticas para una presentación sencilla pero significativa de los tópicos de la Física Cuántica. En esta investigación nos proponemos analizar los modelos de los profesores en formación en temas de Física Cuántica, como punto de partida para el diseño de una propuesta curricular en el tema.

## ***La enseñanza de la Física Moderna en otros países***

En el caso del tratamiento didáctico de la Física Cuántica, la escasa bibliografía publicada en esta área es un índice más de la postergación de que ha sido objeto, desde una óptica que atiende a las dificultades específicas que aparecen en la presentación de una disciplina que dista considerablemente de ser intuitiva.

Algunos autores, preocupados por el poco interés de los alumnos hacia la ciencia y en un intento de transformar los contenidos en algo atractivo, recomiendan modernizar los cursos introductorios de Física en la universidad mediante la presentación de las ideas cuánticas y relativistas en los primeros años de la instrucción universitaria (Holbrow et al, 1995).

Neressian (1992), resalta la importancia de recurrir al uso de analogías en el planteo inicial de una nueva teoría. Su propuesta se basa en la investigación del modo en que razonaban los grandes científicos de la historia, para quienes los modelos de teorías ya vigentes eran el punto de partida para la explicación de nuevos fenómenos.

Por el contrario, Fischler (1992) plantea lo perjudicial de la presencia de analogías en la presentación de la Física Cuántica, ya que no puede explicarse mediante el uso de modelos clásicos aquellos conceptos que motivaron la ruptura de las nuevas ideas con la Física Clásica.

Taylor y Zafiratos (1991), destacan la importancia de incluir los principios que rigen la física contemporánea en cursos de estudiantes que no

continuarán con estudios científicos posteriores y presentan un texto en el que intentan desarrollar los tópicos de Física Moderna en un nivel accesible, pero sin perder, por ello, rigor en la presentación.

En España, los temas vinculados con la Física Moderna están desde hace algunos años incluidos en la currícula. Luego de la sanción de la ley general de educación de 1970, se comenzó a introducir a partir de 1976, la física moderna en los últimos cursos de secundaria (3º de BUP y COU). Sin embargo, debido a la falta de formación del profesorado que había de impartirla, se dedicaba muy poco tiempo a su enseñanza, se introducían errores conceptuales y, en consecuencia, los estudiantes tenían una visión deformada no sólo de la física moderna, sino incluso de la clásica (Solbes 1986, Gil, Senent y Solbes 1986, Gil y Solbes, 1993). Atendiendo a estas realidades, Solbes et al (1989), elaboraron una propuesta para profesores, publicada por el Ministerio de Educación y Ciencia de su país. Este aporte intenta superar las dificultades introducidas surgidas a partir de la programación oficial y los libros de textos basados en ella. Según los autores, la introducción de la Física Moderna suele estar caracterizada por una presentación desestructurada de conceptos, en la que se mezclan o yuxtaponen concepciones clásicas y modernas sin poner en evidencia la ruptura entre ambas. Asimismo, afirman que la presentación lineal que se hace de la evolución de la ciencia, proporciona una imagen de la misma que no contribuye a una apropiada caracterización de la metodología científica. En tal sentido, la propuesta toma como punto

de partida las dificultades insuperables que originaron la crisis de la física clásica e intenta mostrar los límites de validez de ésta y las diferencias entre la concepción clásica y moderna del comportamiento de la materia. En forma especial, aborda, además, el problema de la presentación parcializada que se hacía de la relatividad, en la que habitualmente sólo se introducía la ecuación  $E=mc^2$  y se limitaba la dualidad onda corpúsculo a la luz, entre otros ejemplos. El proyecto se concretó en materiales didácticos (Solbes et al. 1992 y 1996), que fueron experimentados con grupos de alumnos que mostraron una notable mejora en el aprendizaje.

La gran diversidad de planteos en distintos países, la falta de opiniones convergentes, y la escasez de alternativas de presentación, ponen en evidencia la especial atención que debe dársele a la Física Moderna, particularmente la Cuántica, y la necesidad de ahondar las investigaciones en este área desde el punto de vista didáctico.

### ***La formación y capacitación de los docentes: una cuestión no trivial.***

Atender la enseñanza de la Física Moderna desde un punto de vista didáctico nos lleva considerar como aspecto prioritario la formación docente (Solbes, 1986).

Diversas opiniones recogidas entre profesores de institutos de formación coinciden en que si bien en la currícula tradicional de los profesores, se incluían temas de Física Moderna, estos han sido muchas veces relativizados en su importancia: se los considera necesarios para la *cultura científica* del profesor pero no

siempre se piensa en abordarlos en la práctica docente en el nivel medio.

La amplitud enciclopédica de las currículas, sumada a la escasez de tiempo y una veloz secuenciación de contenidos se constituyen en obstáculos, no sólo para una formación disciplinar sólida en estos temas, sino para la discusión de la transformación de concepciones que supone la interpretación del mundo natural desde la visión de la ciencia actual.

La inclusión de tópicos de Física Moderna exige una revisión urgente de la formación de los futuros profesores. Sin embargo, como advierten diversos autores, un proceso de transformación en este sentido implica tener en cuenta además ciertas cuestiones específicas. Al respecto Mc Dermott (1990), ha señalado la necesidad de superar una concepción de la formación de profesores como una mera suma no integrada de saberes disciplinares y pedagógicos. Briscoe (1991), por otro lado, advierte que a pesar del gran entusiasmo que adquieren los docentes en los programas de capacitación, al cabo de poco tiempo, muchos de ellos se desilusionan y terminan regresando a las prácticas habituales. A su vez, Cronin-Jones (1991) señala como obstáculo las grandes brechas que suelen existir entre los diseños curriculares y lo que efectivamente se implementa en el aula.

El momento actual exige una transformación interna de los institutos de formación docente, para adaptar sus currículas a los nuevos contenidos. La adecuación de la formación de profesores en el área disciplinar específica es una instancia necesaria para el éxito de la transformación educativa en

proceso. Esta tarea ya ha sido ya iniciada por el MCyE de la Argentina y en este momento están siendo elaborando propuestas que difieren según cada jurisdicción. Sin embargo, existe aún gran incertidumbre respecto a la reformulación de los institutos de formación docente.

También las universidades han comenzado a tomar conciencia del rol que les cabe en la formación de los futuros docentes. A través de diversos programas (por ej. el FOMEC - Argentina<sup>1</sup>), para el mejoramiento de la enseñanza de las ciencias se están elaborando proyectos a ser implementados en Profesorados, Licenciaturas y Posgrados en distintos puntos del país.

En este contexto, el proceso de la transformación en marcha, presenta un ámbito sumamente favorable para el desarrollo de la investigación educativa, en particular en las áreas disciplinares innovadoras.

### ***Puntos de partida para una investigación***

El proyecto que se lleva adelante propone e intenta abordar la problemática de la formación de profesores en temas relacionados con la Física Moderna desde dos enfoques relacionados. Por un lado, profundizar la caracterización de las dificultades en la comprensión de esta temática y, paralelamente, plantear alternativas didácticas que faciliten la labor docente. En síntesis, es nuestro interés investigar:

- ¿Cuáles son las concepciones y los modelos de los futuros profesores de Física respecto de la ciencia y particularmente de la Física Cuántica?
- ¿Qué estrategias didácticas podrían sugerirse para facilitar la tarea docente y el acercamiento de los alumnos de profesorado a una mejor comprensión de los modelos de la Física Cuántica (cuantización, relaciones de indeterminación, interpretación probabilista, dualidad onda-corpúsculo, orbitales, etc.).

La caracterización de las concepciones de los profesores (en formación y en activo) debe ser la instancia previa indispensable sobre la cual construir cualquier alternativa didáctica para la formación del profesorado en Física Moderna o en cualquier otro tema. Se intentará lograr este objetivo mediante la aplicación de cuestionarios y la realización de entrevistas (a docentes y formadores), como así también a través del análisis de los textos utilizados en el proceso de formación.

La investigación que nos hemos planteado se propone aportar a la transformación curricular en marcha a través de la propuesta de alternativas didácticas específicas que contemplen el pensamiento del profesor, los antecedentes en el tema en países que ya han pasado por esta experiencia y las contribuciones de las últimas investigaciones en enseñanza de la ciencia. Ello puede servir, a la vez, de nexo entre los diferentes protagonistas del sistema educativo: los docentes en ejercicio, los investigadores y quienes se desempeñan en funciones de conducción o planeamiento.

---

1.Fondo para el Mejoramiento de la Calidad de la Enseñanza Universitaria.

## BIBLIOGRAFIA

1. Briscoe, C. (1991) The dynamic interactions among beliefs, role metaphors and teaching practices. A case study of teacher change. *Sc. Education*. Vol 75 (2), pp. 185-189
2. Cronin-Jones, L.L. (1991) Science teaching beliefs and their influence on curriculum implementation: two cases studies. *J. of Research in Sc. Teaching*. Vol 38 (3), pp. 235-250.
3. Fischler, H.; Lichtfeldt, M. (1992). Modern Physics and Students' Conceptions. *Int. Journal. Sci.* Vol 14 (2) pp. 181-190.
4. Gené, A.; Gil, D. (1987) Tres Principios Básicos en la Formación del Profesorado. *Andecha Pedagógica*. 18,28-30
5. Gil, D., Pessoa, A. M. (1994). Formación del Profesorado de las Ciencias y la Matemática. Tendencias y Experiencias Innovadoras. Parte I. *Enseñanza de las Ciencias*. pp.9-88. Ed. Popular Madrid.
6. Gil, D., Solbes, J. (1993). The introduction of modern physics: overcoming a deformed vision of science. *International Journal of Science Education*. Vol 15, pp. 255-260.
7. Gil, D., Senen, F. y Solbes, J. (1989). Física moderna en la enseñanza secundaria: una propuesta fundamentada y unos resultados. *Revista Española de Física*. Vol 3, pp. 53-58.
8. Gil, D., Senent, F. y Solbes, J., (1986). Análisis crítico de la introducción de la Física moderna. *Revista de Enseñanza de la Física*. Vol 2, pp. 16-21.
9. Holbrow, C.H.; Amato, J.C.; Galvez, E.J. y Lloyd, J.N. (1995). Modernizing Introductory Physics. *Am. J. Phys.* Vol 63 (12), pp. 1078-1090.
10. Martín Díaz, M.J.; Bacas, P. (1996). El currículum actual en ciencias y la incorporación de nuevos temas. *Alambique.Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Vol 10, pp 11-28, octubre 1996.
11. Mc. Dermott, L. (1990). A perspective on teacher preparation in physics and other sciences: The need for special science courses for teachers. *Am. J. Phys.* Vol 58 (8), pp. 734-742. Agosto, 1990.
12. Neressian, N. (1992) Constructing and Instructing: The role of "Abstraction Techniques" in creating and learning Physics. *Philosophy of Sc. Cognitive Psychology, and Educational Theory and Practice*. Cap. 2, pp. 48-67. Ed. Duschl R. & Hamilton R. NY, 1992.
13. Oñorbe, A. (1996). Avance de la ciencia en el currículum. *Alambique.Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Vol 10, pp 7-9, octubre 1996.
14. Solbes, J et al, (1992). Curso de actualización científica y didáctica. Recursos y elementos de actualización científica. *M.E.C.* Madrid.
15. Solbes, J y Tarin, F. (1996). Física 2º Bachillerato. *Ed. Octaedro*, Barcelona.
16. Solbes, J. (1986). La introducción de los conceptos básicos de Física Moderna. *Tesis doctoral*. Universitat de València.
17. Solbes, J. (1996) La Física Moderna y su Enseñanza. *Alambique.Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Vol 10, pp 59-67, octubre 1996.
18. Solbes, J. y Vilches, A. (1992). El modelo constructivista y las relaciones ciencia/ técnica/ sociedad (C/T/S). *Enseñanza de las Ciencias*, , 10, (2), 181-186
19. Solbes, J.; Bernabeu, J.; Navarro, J y Vento, V. (1988). Dificultades en la enseñanza aprendizaje de la física cuántica. *Revista Española de Física*. Vol 2, pp. 22-27.
20. Taylor, J. R.; Zafiratos, C. (1991). Modern Physics for Scientist and Engineers. *Prentice-Hall*. New Jersey
21. Utges, G.; Fernández, P.; Jardón, A. (1996). Los adolescentes, la tecnología y la escuela. Un estudio en Argentina. *Tercer Simposio de Investigadores en Educación en Física (SIEF III)*. octubre de 1996, La Falda, Cba, Arg.
22. Utges, G.; Fernández, P.; Jardón, A. (1997). Qué saben y qué les interesa saber a los chicos sobre el funcionamiento de dispositivos tecnológicos. *Zona Educativa (MCyE)*. Año 2, Nro.10, pp. 55-57, febrero 1997.