
PROBLEMAS ACTUALES EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA

RAMIRO TOBON R. y ALVARO PEREA

Departamento de Física y
Multitaller de Materiales Didácticos
Cali - Colombia

1. *Introducción*

El presente artículo tiene por objeto hacer una revisión, no exhaustiva, de una serie de investigaciones que se han hecho en los últimos años, sobre la enseñanza de la Física, en diversos países del mundo.

Estas investigaciones muestran que la enseñanza de la Física presenta graves fallas, que parecen ser independientes del estado de desarrollo de los países, del nivel cultural promedio de la población, del currículo, de los programas de los cursos y de la preparación de los profesores que enseñan la disciplina.

Después de hacer una referencia breve a estas investigaciones, se hará un recuento de algunos intentos para enfrentar esta situación, que utilizan enfoques diferentes. También se discutirá la relación que puede darse entre los problemas actuales de la enseñanza de la Física y la Historia de la Física, para concluir con algunos planteamientos sobre la necesidad de prestar mayor atención a los problemas planteados y a la búsqueda de soluciones en nuestro país.

2. *¿Por qué no se entiende la Física que enseñamos?*

La Física aparece en los planes de los últimos años de estudio en la escuela secundaria y en los de Ingeniería, Ciencias y Educación en la Universidad. El espectro de temas que se cubre en estos programas hace suponer que el estudiante debe haber adquirido una información tal, que le permitiera rebasar conceptos, que en un momento de la historia de las ciencias han prevalecido, hasta que una evidencia experimental o una profunda reflexión teórica,

han echado por tierra esos conceptos y los han reemplazado por otros. Parecería entonces obvio que los cursos desarrollados deberían permitir al estudiante ganar comprensión de los temas, esto es, interiorizarlos, apropiárselos y hacerlos parte de su comportamiento cotidiano. Las investigaciones realizadas en este campo muestran que "los alumnos no entienden la Física que les enseñamos en la escuela secundaria ni en la universidad". Quizás se considere esta afirmación como aventurada, aún temeraria. Vamos a tratar de demostrar que es correcta.

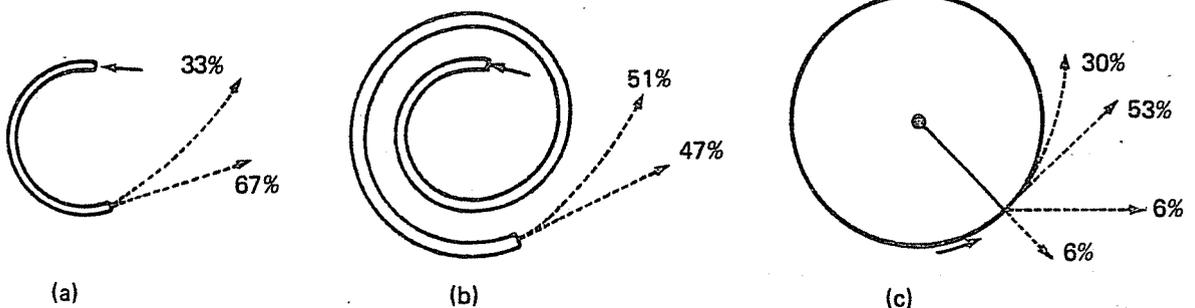
En numerosos artículos publicados en muchas revistas, durante los últimos 10 ó 12 años, se reportan los resultados de investigaciones realizadas en muchas partes del mundo, tales como: Inglaterra, Italia, Francia, Estados Unidos, Venezuela, Colombia, Israel, etc. Los investigadores han buscado identificar las concepciones erróneas que muchas veces —la mayoría por cierto— da el sentido común y que permanecen inalteradas en los alumnos después de haber terminado los cursos de Física. No se hará aquí un recuento detallado de todos los artículos relevantes para este tema, nos limitaremos a dar algunos ejemplos y a dar, al final del artículo, una serie de referencias que se pueden consultar.

Los métodos de investigación utilizados en este campo son generalmente de dos tipos. Algunos investigadores han utilizado entrevistas al estilo de las de Piaget. Otros han usado cuestionarios con preguntas abiertas que permiten al estudiante expresarse en forma libre y no limitarse a dar respuestas escuetas, sino a dar también las razones que lo llevan a escoger una solución determinada a cada

pregunta. Un análisis de los trabajos realizados muestra que, independientemente del método utilizado, los resultados son similares: los alumnos muestran un razonamiento de sentido común, que no se ha logrado reemplazar por un esquema de razonamiento científico, después de una exposición a las leyes o principios fundamentales de la Física.

Prácticamente en todos los artículos de la bibliografía que el lector encontrará al final de este ensayo, hay ejemplos de la afirmación que se ha hecho. Conviene, sin embargo, citar algunos casos concretos y comentar un poco sobre los resultados. Michael McCloskey, Alfonso Caramazza y Bert Green³ de la Universidad John Hopkins de los Estados Unidos utilizaron preguntas sencillas con estudiantes de esa prestigiosa Universidad, que ya habían cursado Física. Tres de sus preguntas, con sus resultados porcentuales, se muestran en la figura 1. Las preguntas se referían a las trayectorias que debería seguir una esfera dura, cuando abandonaba un tubo espiral a través del cual era disparada. En la figura 1 (a) se puede ver que el 33% de los alumnos indicaba una trayectoria curva, en desacuerdo

Figura 1



con la primera ley de Newton o principio de la inercia. La situación se hacía más preocupante, cuando el 51% respondía erróneamente a la pregunta cuyo resultado se muestra en la figura 1 (b). Aparantemente mientras más espirales se ponen al tubo, más se aparta el resultado de los cánones de la mecánica newtoniana. En la pregunta ilustrada en la figura 1 (c), un cuerpo unido a una cuerda y que se mueve en un círculo horizontal, rompe la cuerda cuando el cuerpo está en la posición indicada y se pedía a los encuestados indicar la trayectoria que seguiría el cuerpo después de romperse la cuerda. Un 53% de los alumnos respondieron correctamente, pero este es un porcentaje muy bajo para una

pregunta sencilla. Las respuestas eran consistentes, en el sentido de que quien contestaba mal a una pregunta determinada, también se equivocaba en preguntas similares, o sea, no se podrían atribuir estos resultados a mala interpretación de alguna pregunta.

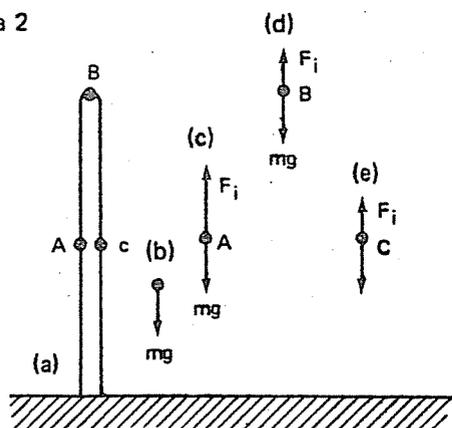
Vale la pena citar la conclusión de McCloskey et al. "Nuestros resultados, así como los de otros investigadores, sugieren que los profesores de ciencias no deberían tratar a los alumnos como si simplemente carecieran de la información correcta. Por el contrario, los educadores deberían tener en cuenta que muchos alumnos tienen fuertes pre-conceptos y conceptos erróneos y utilizan estrategias para analizar problemas, que son diferentes de las utilizadas por los expertos. Cuando las creencias ingenuas del alumno no son tenidas en cuenta, la instrucción puede servir sólo para proveer al alumno con nueva terminología para expresar sus erróneas creencias".

La figura 2 ilustra otro caso que nos sirve para ilustrar la afirmación hecha al principio de la sección, en el sentido de que la Física que enseñamos no es interiorizada por los

alumnos. La pregunta se refiere al lanzamiento vertical (hacia arriba) de una piedra; se especifica que puede desprejarse la resistencia del aire y se pide dibujar las fuerzas que actúan sobre la piedra cuando asciende (punto A), en el punto más alto (posición B) y cuando desciende (punto C). La figura 2 (b) muestra la respuesta correcta: sólo actúa el peso (mg) del cuerpo y las figuras 2 (c, d y e) muestran las respuestas incorrectas típicas, en las cuales se muestra una fuerza impulsiva (F_i) hacia arriba que va disminuyendo cuando el cuerpo asciende y cuando desciende. En B se considera que la fuerza impulsiva es igual al peso y por esta razón el cuerpo está instantáneamente en reposo.

Esta pregunta fue usada por John Clement⁵ en la Universidad de Massachusetts, con alumnos que ya habían tomado dos semestres de Física; ha sido utilizada por Juan Wesphal (resultados no publicados) en Venezuela, con diversos grupos de alumnos de secundaria y universitarios y por nosotros¹⁴ en el Valle del Cauca con profesores de secundaria y alumnos de los últimos años

Figura 2



de Universidad, tanto de Licenciatura como de la carrera de Física. En todos estos casos se ha encontrado que porcentajes grandes de alumnos contestan incorrectamente esta pregunta y preguntas similares. En nuestro medio los porcentajes de respuestas correctas van desde un 8% hasta un 67%, siendo este último porcentaje el de los alumnos de la carrera de Física.

En un estudio sobre circuitos eléctricos sencillos, realizado recientemente por Cohen, Eylon y Ganiel¹¹ en Israel, se han encontrado resultados igualmente preocupantes, pues muchas personas (profesores de enseñanza primaria y secundaria) creen que la corriente eléctrica es la causa de la diferencia potencial. En Italia, Matilde Vicentini-Missoni (resultados inéditos) y sus colaboradores han encontrado que muchos jóvenes atribuyen la fuerza gravitacional a la presión del aire que está por encima del objeto.

Y podríamos seguir citando ejemplos tomados de publicaciones recientes de muchos países del mundo. Todos esos ejemplos ponen de manifiesto que la aprobación de los cursos de Física no es garantía para afirmar la comprensión de los temas. La mayoría de nuestros cursos atiende a la manipulación matemática de algunas ecuaciones, que los estudiantes utilizan para resolver ejercicios de libros de

texto, pero que no interiorizan ni transfieren a situaciones de la vida diaria. Todas estas investigaciones ponen de presente que este es un mal generalizado y que inclusive el tema inicial del primer curso de Física sobre el movimiento, no logra transpasar la barrera del "sentido común", de la necesidad de una fuerza para mantener un cuerpo en movimiento. Las ideas de Aristóteles sobre el movimiento y el concepto medioeval del "ímpetus" permanecen vivos después de trabajar las leyes de Newton en varios cursos.

Pero, ¿por qué será que los alumnos no entienden la Física newtoniana? Si las causas fuesen los malos programas del Ministerio de Educación Nacional de Colombia, la falta de laboratorios y tantos otros males que aquejan a nuestro sistema educativo, si estas fuesen las causas, entonces en países que no tienen esos problemas, los estudiantes deberían mostrar una mayor comprensión de las ideas y conceptos fundamentales de la Física. Ello no es así y por tanto las causas tienen que ser otras.

¿Por qué muestran los alumnos y muchos profesores, una serie de ideas erróneas? No pretendemos tener respuestas definitivas a esta pregunta, pero si podemos aventurar algunas conjeturas. Quizás es debido a que la naturaleza parece operar en forma no-newtoniana. Los alumnos tienen la experiencia de que se requiere una fuerza para que un objeto cambie de posición, lo cual coincide con las ideas de Aristóteles. Si tratamos de empujar un objeto pesado, como un piano, cuando dejamos de empujar el piano deja de moverse. No podemos experimentar la persistencia del movimiento que se había logrado imprimir al piano.

La inevitable fricción, en las experiencias de la vida diaria, hace que los objetos comunes y corrientes no sigan las predicciones de Newton, en cuanto a los efectos de una fuerza que les aplicamos. Con mucho esfuerzo empujamos el piano y este empieza a rodar, pero no parece acelerar a pesar de nuestros grandes esfuerzos. Esto hace que las explicaciones del profesor de Física sobre las fuerzas y sus efectos, parezcan estar colocadas en una categoría especial de ideas poco útiles, de cosas poco probables, que deben ser aprendidas sólo para un curso particular, pero que no tienen aplicación en la vida diaria.

El no prestar atención a los preconceptos o concepciones de sentido común de los alumnos, como han puntualizado McCloskey et al. en la cita que hicimos atrás, es seguramente una de las causas de la situación que se encuentra en tantos países. Los cursos generalmente no procuran producir una confrontación entre las ideas y preconceptos que el estudiante trae y las ideas y conceptos de la ciencia. Basta mirar la mayoría de los textos de Física, para ver que se hacen muy pocos esfuerzos por producir un enfrentamiento o un conflicto entre Aristóteles de un lado y Galileo y Newton del otro lado.

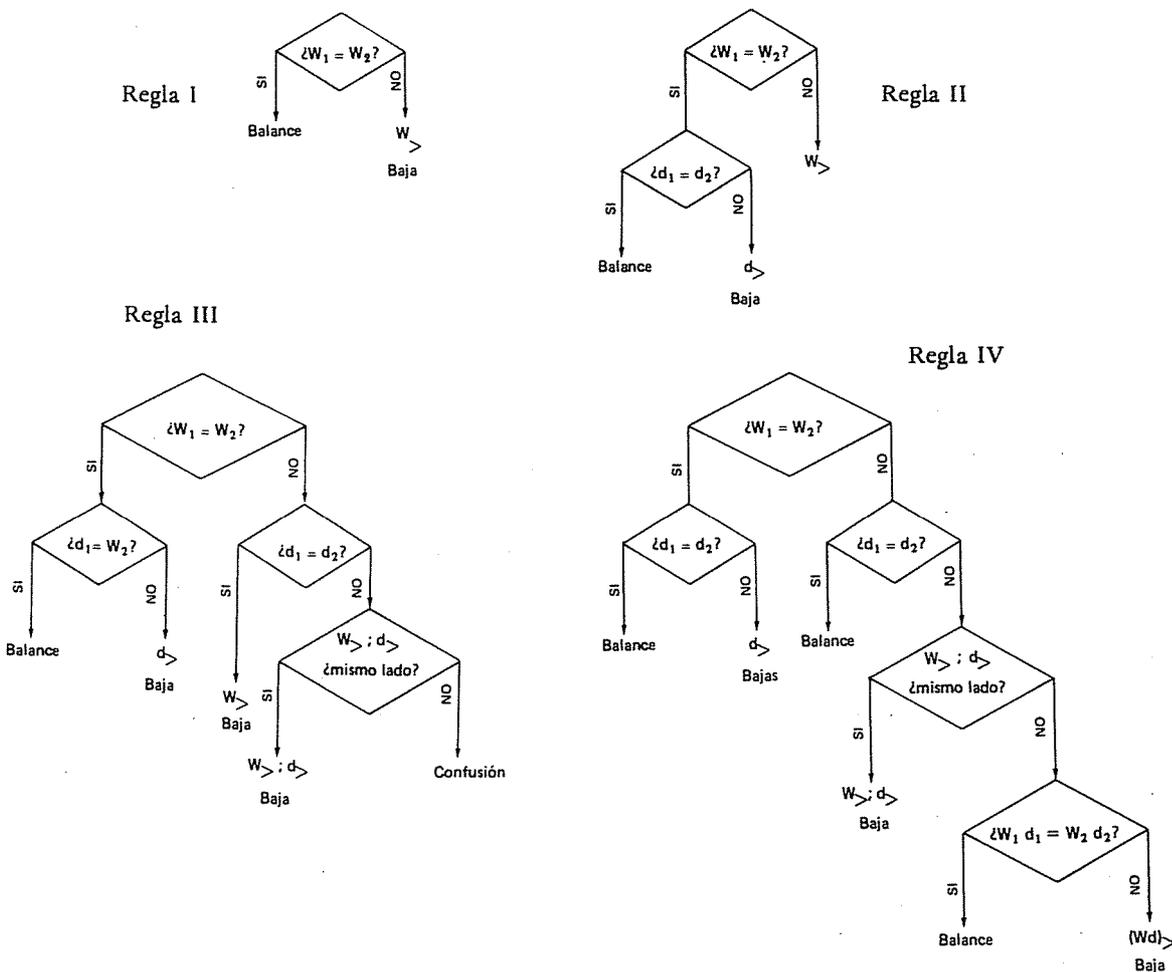
Arnold Arons ⁹, quien ha aparecido varias veces en la carátula de la revista Time, como uno de los mejores profesores de los Estados Unidos, ha insistido mucho en que el reemplazo de las ideas de sentido común por una interiorización de las concepciones científicas, sólo se logra después de repetidas y pa-

cientes confrontaciones de las ideas o preconceptos de los alumnos con las ideas científicas. Veamos ahora algunas de las cosas que se han tratado de hacer, para comprender mejor el problema diagnosticado a través de los numerosos estudios que se han mencionado. Hay dos escuelas diferentes de investigadores que han estudiado el razonamiento y las estrategias utilizadas para resolver problemas: procesamiento de información y constructivismo. En las secciones siguientes se hará un resumen apretado de lo que estas dos escuelas pretenden.

3. Procesamiento de información

En términos muy generales, la escuela de procesamiento de información, ha tratado de describir la forma en que las personas se enfrentan a la solución de problemas particulares y limitados. Este enfoque ha hecho dos contribuciones importantes, que pueden ayudar a

Figura 3



entender lo que sucede cuando se enfrenta la solución de un problema. En primer lugar algunos investigadores han mostrado una gran habilidad en el análisis detallado de tareas o problemas. En segundo lugar han comparado en forma fructífera los enfoques utilizados por expertos y novatos en el arte de enfrentar y resolver problemas de Física.

En cuanto al análisis de tareas o problemas específicos, ilustremos el caso con el problema de la balanza de brazos iguales. La "tarea" asignada es: predecir y explicar el comportamiento de una balanza de brazos iguales, cuando múltiplos de una masa unitaria, se colocan a distancias del punto de apoyo que también son múltiplos de una longitud dada. El experimentador coloca las masas en los sitios indicados por el sujeto, pero las sostiene con sus manos, hasta que éste prediga y explique lo que debe suceder. Contra lo que pudiera creerse, la regla que permite generar soluciones correctas, no se deduce en forma trivial de unas cuantas observaciones casuales, aun cuando es lo suficientemente simple como para poderla aplicar en forma consistente una vez descubierta.

En el curso de estas investigaciones, se han construido modelos o "árboles" de decisión, de un grado de complejidad creciente, como los que se muestran en la figura 3². Presentando a los sujetos diversos arreglos de masas y distancias, los investigadores podían deducir en forma no ambigua, cuál de las cuatro reglas de la figura 3 estaba utilizando el sujeto.

Muchos de nosotros hemos estado analizando y resolviendo problemas y aparentes paradojas, durante tantos años, que hace mucho tiempo no pensamos sistemáticamente sobre las demandas intelectuales que plantean las preguntas o problemas que escogemos para dar a los alumnos en cursos y exámenes. El estudio detenido de la forma en que procede un experto, comparada con la forma en que procede un novato ha permitido arrojar un poco de luz sobre el problema que nos ocupa.

Parece haber dos características importantes de los expertos en resolver problemas de Física. En primer lugar, los expertos se aproximan a la solución a través de un proceso de sucesivos refinamientos. Empiezan con una descripción cruda del problema, en palabras y dibujos y sólo después de esto examinan los

detalles del problema e introducen matemáticas. En segundo lugar los Físicos han organizado su conocimiento en grandes bloques coherentes de información, más accesibles que los principios individuales y las ecuaciones. Al tener el conocimiento organizado en unidades útiles e interconectadas, pueden usar de inmediato una o dos estrategias que tienen muchas probabilidades de éxito. Los alumnos parecen carecer de este tipo de interrelación del conocimiento que los expertos sí poseen. Los alumnos empiezan haciendo una búsqueda de cada principio o ecuación y su aplicabilidad al caso que tienen entre manos.

4. *Construccionismo*

Este término ha sido utilizado por Robert Fuller² y quizás no sea muy apropiado. Se refiere a un tipo de investigaciones realizado por seguidores de la escuela de Jean Piaget. En contraste con el enfoque anterior, centrado en los pasos conscientes de la solución de problemas, los construccionistas se refieren más bien a los procesos mentales internos, por medio de los cuales se construyen las estrategias para resolver problemas y de cómo estas estrategias van cambiando a medida que uno crece y aprende. En otros términos, esta escuela enfatiza la comprensión filosófica de lo que es el conocimiento y de cómo se desarrolla el nuevo conocimiento en la mente del sujeto.

Piaget sugirió un modelo de "asimilación-acomodación-equilibrio" para explicar la forma de construir el conocimiento y las estrategias para resolver problemas. Este modelo ve el desarrollo del conocimiento como un proceso de auto-regulación, en el cual nuestras experiencias de la naturaleza, a través de estímulos sensoriales, se comparan con nuestra comprensión interior de esa misma naturaleza, gracias a las estructuras mentales adquiridas. Cuando nuestras experiencias no son coherentes con nuestra comprensión, ocurre un desequilibrio. Piaget sugirió que los seres humanos se sienten molestos con este tipo de desequilibrio. Los humanos tendemos naturalmente a buscar más evidencia o a reorganizar nuestra comprensión o nuestras estructuras mentales. Evolucionamos a un nuevo estado mental de equilibrio, en el cual nuestros conceptos sean adecuados para entender las cosas que antes nos causaban confusión. Segui-

mos en equilibrio temporalmente, hasta que somos retados nuevamente por experiencias que no encajan en nuestras estructuras mentales

No recibimos nuestras experiencias sensoriales en forma objetiva o imparcial, sino a la luz de las preconcepciones de nuestra estructura mental. Así, en este modelo, la interacción dinámica entre las mentes de las personas y sus experiencias externas, conlleva a que el momento en que estamos más propensos a desarrollar nuevas comprensiones y nuevas estrategias mentales, es cuando nuestras experiencias no son coherentes con nuestras preconcepciones mentales.

Una de las implicaciones de este modelo piagetiano, es que los profesores de Física (y de ciencias en general) debemos proporcionar experiencias concretas para que los alumnos las analicen y que dichas experiencias deben tener una alta probabilidad de no estar de acuerdo con las preconcepciones de los alumnos sobre el comportamiento de la naturaleza. Para desarrollar comprensión, las personas deben estar intrigadas por sus propias experiencias y no por las explicaciones verbales dadas por un profesor. Debemos pues conocer las preconcepciones de los alumnos y diseñar actividades de laboratorio y ejercicios de clase de tal manera que intriguen a los alumnos, quienes deben confrontar estos rompecabezas en un ambiente en el cual su comprensión haga la diferencia, no sólo para complacer a un profesor, sino para su propia auto-estimación, confianza en sí mismos y su propio equilibrio mental.

Lo que aún no se ve claro es la relación entre estas dos escuelas de investigación. ¿Cómo puede contribuir la escuela constructora a entender o a explicar las preconcepciones que la gente tiene sobre las leyes de la naturaleza? ¿Y cómo puede el análisis de tareas muy específicas, o las diferencias entre el comportamiento de los expertos y los novatos, frente a problemas, relacionarse con el modelo de auto-regulación del desarrollo cognitivo? Aún cuando se pueden encontrar algunas relaciones, este campo todavía espera la llegada de un Newton o de un Maxwell que produzca una gran síntesis. ¿Y, mientras esto sucede - si es que sucede— qué debemos hacer? Antes de intentar una respuesta a esta pregunta, vamos a introducir también la Historia de la Física, ampliando aún más el panorama.

5. El papel de la historia de la Física

Pero, ¿qué tiene que ver la Historia de la Física en particular, o la Historia de la Ciencia en general, con las preconcepciones de los alumnos y con sus dificultades para entender principios fundamentales?

Muchas de las preconcepciones que se mencionaron en la sección 2, detectadas en muchos países diferentes, tuvieron su momento en el desarrollo de la Ciencia: "Aristóteles no ha muerto", como dice el título de algún artículo reciente¹³, ¿pero por qué siguen vigentes las ideas de Aristóteles sobre el movimiento, después de 24 siglos? Ya hemos dado una respuesta tentativa a esta pregunta: en cuanto a la concepción del movimiento, Aristóteles representa el sentido común, la acumulación de experiencias diarias y por tanto no es raro que esté presente en las preconcepciones de los alumnos y de muchos profesores. Los cursos de Física no logran producir ese desequilibrio piagetiano, esa confusión creadora; no logran hacer entrar en conflicto a Newton con Aristóteles, para reemplazar al segundo con el primero.

La concepción de que la gravedad es producida por la presión del aire, se encuentra en la Física de Descartes. La confusión frecuente entre trabajo y energía prevaleció en su momento histórico y la formulación del principio de conservación de la energía fue un proceso lento y penoso que se prolongó por cerca de siglo y medio. La distinción entre corriente eléctrica y diferencia potencial requirió un trabajo arduo y gradual de muchos investigadores y lo mismo se puede decir de la noción de campo eléctrico y magnético.

El estudio del desarrollo de los conceptos, los principios y las teorías de la ciencia, a través de los siglos, incluyendo las concepciones erradas que estuvieron en boga en una u otra época, es algo que nos puede ayudar a mirar con simpatía, y quizás nos ayude a la larga a entender algunos de los problemas de la enseñanza de la Física. En particular, a buscar y a tratar de entender las preconcepciones de los alumnos.

Si se aceptan las ideas de Piaget, una enseñanza histórica por sí misma no resolverá la situación diagnosticada en la sección 2. Es necesario que el conflicto, la confusión, el enfrentamiento de concepciones se produzca

en la mente del alumno y el mostrarle los conflictos, confusiones y enfrentamientos de los siglos precedentes, no sería completamente efectivo. Por eso no estamos proponiendo que se enseñe la Física en una forma histórica, o si se quiere genética; que se sigan los pasos a través de los cuales la humanidad fue desarrollando los conceptos, ideas y teorías fundamentales de la Física. Este es un camino demasiado largo y si se hace en forma narrativa o expositiva, muy probablemente tampoco logrará reemplazar los esquemas de pensamiento de sentido común, por esquemas de pensamiento científico.

Es conveniente aclarar que lo anterior es una opinión de los autores del presente artículo y que no es una actitud generalizada. En una Conferencia Internacional realizada en Pavía (Italia) en Septiembre de 1983, muchos de los participantes abogaron por una enseñanza de la Historia de la Física a nivel secundario¹⁶ pero nosotros no creemos que esto sería lo más acertado.

Nos parece sí que la Historia de la Física debe estar presente y con un buen nivel de profundización en la formación de profesores de secundaria y de universidad, para que quienes van a enseñar Física tengan, además de los conocimientos específicos de la disciplina, la perspectiva más amplia que la Historia de la Física debe proveer. Debe ser claro también que el tipo de Historia de la Física de que estamos hablando, no es un simple relato biográfico de los principales Físicos y sus realizaciones. Este tipo de exposición historiográfica no contribuye sino a la erudición de quienes la leen. Se trata más bien de una historia de los conceptos, de las ideas, de las teorías y de las dificultades que la génesis de los conceptos y teorías tuvieron que enfrentar en su momento histórico. Los hechos, las fechas, las anécdotas interesantes sobre los científicos, pueden ayudar a matizar una presentación histórica, pero no son lo esencial.

6. Necesidad de mayor investigación

De lo expuesto en las secciones anteriores se desprenden una serie de necesidades de investigación pedagógica e histórica, campos que han estado casi huérfanos en nuestro país. A continuación se plantean y se discuten algunas de las necesidades que parecen tener mayor urgencia e importancia.

a. Hay que hacer más investigaciones de diagnóstico que permitan detectar las principales preconcepciones que los alumnos tienen cuando inician el estudio de la Física (y de otras ciencias) en la secundaria y en la universidad. Estos diagnósticos son necesarios como base para plantear diversos intentos para superar los problemas detectados ya en muchos países. También se deben explorar las llamadas "malconcepciones" o concepciones erradas que quedan después de la enseñanza y buscar formas cada vez más eficientes y rápidas de detectarlas, con el objeto de tener instrumentos de evaluación confiables, que permitan determinar la efectividad de diversos intentos y enfoques en la enseñanza.

Este tipo de investigaciones debería hacerse en forma conjunta por profesores de secundaria y de la universidad, en una colaboración que se inicie con este tipo de trabajo y que continúe en el desarrollo de materiales y estrategias para enfrentar las preconcepciones detectadas.

b. Se deberían también fomentar las investigaciones interdisciplinarias con participación de psicólogos de la educación, expertos en currículo y profesores de ciencias, que busquen mayor profundización teórica sobre la forma de adquisición de conocimiento, en el caso de las ciencias naturales y particularmente de la Física, que parece presentar los mayores problemas de comprensión para los alumnos.

c. La investigación en Historia de las Ciencias y la formación de personal en esta disciplina, es otra de las prioridades que debería atenderse en forma inmediata. Debe hacerse investigación histórica sobre el desarrollo de los conceptos, ideas y teorías, que sería un campo con facilidad de conexiones internacionales. También debe hacerse investigación tendiente a buscar y rescatar los aportes latinoamericanos al desarrollo de las ciencias y a su difusión en la región.

d. Las actividades anteriores encontrarían su principal soporte en el surgimiento de programas de posgrado en los dos campos: Enseñanza de las Ciencias e Historia de las Ciencias. Aún cuando en el papel algunos de los posgrados de ciencias existentes en el país, permitirían la realización de tesis de grado en temas de tipo didáctico, en la

práctica la investigación pedagógica es deestimulada y muchas veces mirada con abierta hostilidad por las Facultades de Ciencias. Las razones de este comportamiento han sido analizadas ya en otra publicación¹⁷ y no vamos a repetir las aquí

La similitud de los resultados de investigaciones realizadas en muchos países, sobre la cual se ha insistido mucho en este artículo, abre un campo vasto y fecundo para la cooperación internacional en el campo de la enseñanza de la Física. Es razonable hacer la hipótesis de que un enfoque, una estrategia que de resultados favorables en un país, muy probablemente dará resultados buenos en otros países. Pero esto debe mantenerse como una hipótesis de trabajo, que debe ser convalidada con cuidado en la práctica. De lo contrario se volverían a cometer algunos errores que se cometieron en el pasado, cuando se creyó que materiales y métodos desarrollados por grandes equipos científicos, educadores y técnicos, resolverían el problema de la enseñanza de la Física en el todo el mundo, cosa que no ha ocurrido. Este ha sido el caso con el PSSC en los Estados Unidos y con el Proyecto Nuffield en Inglaterra.

7. Actividades a corto plazo

La organización de investigaciones como las sugeridas en la sección anterior; la estructuración y puesta en marcha de programas de posgrado en enseñanza y en historia de las ciencias, son metas que no podrán conseguir-

se en un plazo corto. No sólo por las dificultades inherentes a la iniciación de programas de este tipo, sino por la oposición que ellos encuentran en muchos círculos universitarios y por la falta de liderazgo que últimamente parece ser la característica dominante de nuestros dirigentes académicos. Las discusiones bizantinas sobre si estas son actividades y programas que deben estar en las Facultades de Ciencias o en las de Educación, conspirarán contra el pronto establecimiento de este tipo de programas.

Por tanto es conveniente sugerir algunas actividades que puedan desarrollarse dentro de los estrechos marcos institucionales actuales.

- a. La realización de cursos de capacitación y actualización para profesores de secundaria, que provean oportunidades de que ellos se familiaricen con investigaciones recientes en la enseñanza de la Física. Esta base es indispensable para la realización de investigaciones conjuntas entre profesores de los niveles secundario y terciario.
- b. La estructuración y programación de cursos de actualización sobre Historia de la Física (y de las ciencias en general), en lo posible ligados con los anteriores, para mostrar las conexiones entre los dos tipos de actividades.
- c. La introducción de cursos como los anteriores en los currículos de Licenciaturas en Educación y en las carreras de ciencias, acompañada por modificaciones sustanciales en el enfoque con que se enseñan las ciencias en los primeros años de estos programas.

REFERENCIAS

1. LOCHHEAD, Jack and CLEMENT, John (Edts.): *Cognitive Process Instruction: Research in teaching thinking skills*, The Franklin Institute Press. 1979.
2. FULLER, Robert G.: *Solving Physics problems - How do it?* Physics Today, Vol. 35, Nro. 9 (Sept.) 43, 1982.
3. McCLOSKEY, M.; CARAMAZZA, A.; and GREEN B.: *Curvilinear motion in the absence of external forces: Naive beliefs about the motion of objects*. Science, vol. 210, 1139, 1980.
4. LARKIN, J.; McDERMOTT, J.; SIMON, D. P. and SIMON, H. A.: *Expert and novice performance in solving Physics problems*. Science, vol. 208, 1335, 1980.
5. CLEMENT, John: *Student's preconceptions in introductory Mechanics*. Am. Journal of Phys. vol. 50, 66, 1982.
6. TROWBRIDGE, David E. and McDERMOTT, Lillian: *Investigation of student understanding of the concept of acceleration in one dimension*. Am. Journal of Phys. vol. 49, 242, 1981.
7. REIF, F.: LARKIN, Jill H. and BRACKETT, George C.: *Teaching general learning and problem-solving skills*. Am. Journal of Phys. vol. 44, 212, 1976.
8. FULLER, Robert G.; KARPLUS, Robert and LAWSON Anton E.: *Can Physics develop reasoning?* Physics Today, vol. 30 Nro. 2, 23, 1977.
9. ARONS, Arnold B.: *Phenomenology and logical reasoning in introductory Physics courses*. Am. Journal of Phys. Vol. 49, 242, 1981.
ARONS, A. B.: *Cultivating the capacity for formal reasoning: Objectives and procedures in an introductory physical science course*. Am. Journal of Phys. Vol. 44, 834, 1976.
10. KARPLUS, Robert: *Science teaching and the development of reasoning*. J. of Res. in Sc. Teaching. vol. 14, 169, 1977.
11. COHEN, R.; EYLON, B. and GANIEL U.: *Potential difference and current in simple electric circuit: A study of student's concepts*. Am. Journal of Phys. vol. 51, 407, 1983.
12. van WEERWEN, J. H. P.; de MUL, F. F. M. and PETERS, M. J.: *Teaching problem-solving in Physics: A course in electromagnetism*. Am. Journal of Phys. vol. 50, 725, 1982.
13. WHITAKER, Robert J.: *Aristotle is not dead: Student understanding of trajectory motion*. Am. Journal of Phys. vol. 51, 352, 1983.
14. TOBON, Ramiro y PEREA, Alvaro. *Razonamiento común vs. razonamiento científico - ¿Entienden los estudiantes la Física que enseñamos?* X Congreso Nacional de Física, Pasto, 1983.
15. BROUWER, Wytze and SINGH, Amar: *The historical approach to science teaching*. The Phys. Teacher, vol. 21, 230, 1983.
16. BEVILACQUA, Fabio and KENNEDY, Peter (Edts.): *Proceedings of the International Conference on: Using history of Physics in innovative Physics Education*. Pavia, Italy, 1983.
17. TOBON, Ramiro; DIAZ, Carlos J.; GUTIERREZ, Edmundo; RIVERA, Hernando y PEREA, Alvaro: *Necesidad de una política nacional para la enseñanza de las ciencias exactas y naturales*. Reflexiones Pedagógicas, Nro. 5, 1982.