

# ¿Qué podemos hacer para lograr un aprendizaje significativo de la física?



**Michel Picquart**

Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, Apdo. postal 55-534, Col. Vicentina, 09340 México DF, México.

**E-mail:** mp@xanum.uam.mx

(Recibido el 9 de Octubre de 2007; aceptado el 22 de Diciembre de 2007)

## Resumen

Con base en cómo llegan los estudiantes a la División de Ciencias Básicas e Ingeniería (CBI) de la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa (México, D. F.) y la necesidad que tenemos de formar buenos profesionales, proponemos un cambio en los cursos de física del Tronco General (TG). Este cambio incorpora la detección de las ideas previas de los alumnos y la puesta en marcha de estrategias didácticas específicas para lograr el cambio conceptual adecuado. Se sugiere, en particular, la resolución de problemas abiertos propuestos como pequeños proyectos de investigación para que los resuelvan en equipos. Se enfatiza también sobre la necesidad de una formación pedagógica del profesorado.

**Palabras clave:** Ideas previas, problemas como investigación y trabajo en equipo, formación docente.

## Abstract

On basis to how come the students to the CBI division of the UAM-I and the necessity to form good professionals, we propose a change in the introductory courses of physics. This change takes into account the student's misconceptions detection and new didactic strategies. It is suggested the resolution of problems as investigation and collaborative work. We also insist on the necessity of a pedagogical formation of the professors.

**Keywords:** Previous ideas, problems as investigation and work team, training teachers.

**PACS:** 01.40.Fk, 01.40.gb, 01.40.J-.

**ISSN 1870-9095**

## I. INTRODUCCIÓN

León M. Lederman, premio Nóbel de física en 1988 por sus experimentos sobre los neutrinos, Georges Charpak, premio Nóbel de física en 1992 por sus trabajos sobre detectores para la física de partículas, en especial por la construcción de la primera cámara proporcional de hilos y Carl E. Wieman, premio Nóbel de física en 2002 por la síntesis del primer condensado de Bose-Einstein en gases enrarecidos de átomos alcalinos, a parte del premio Nóbel, tienen en común una característica más. Después de haber recibido este premio se dedicaron a atender problemas de enseñanza – aprendizaje.

León Lederman empezó en 1990 un programa llamado "Hands on" en las escuelas de los suburbios pobres de Chicago. Planteaba que en un mundo dominado por la ciencia y la tecnología poca gente era capaz de entender la ciencia. Además, dijo que se podía enseñar ciencia a niños de seis años siempre y cuando se utilizaran los medios adecuados y empezó un plan de formación de maestros, la elaboración del material didáctico y de un programa.

George Charpak, que conoció a Lederman en el CERN<sup>1</sup> años atrás, visitó estas escuelas y se convenció de la necesidad de hacer algo parecido en Francia. Fue el principio del programa "La main à la pâte" en 1996 con la ayuda del Ministerio de Educación y la generalización de la enseñanza de las ciencias en las escuelas primarias francesas desde el año 2000 [1, 2]. Añadiré que este programa se ha internacionalizado ya que varios países en el mundo lo han adaptado a su respectiva situación. Este programa fue la traslación en el ámbito escolar de una petición de la sociedad: ¿Cuál educación científica y para cuál sociedad? [3,4].

Para el iniciador de este programa, George Charpak, uno de los objetivos de la enseñanza de las ciencias, es también formar la personalidad del niño y que sea un ciudadano. En uno de sus libros [5] escribió: "[. . .] Para algunas elites, la ciencia amplía el campo de los conocimientos y suscita una admiración siempre renovada, pero están sorprendidos y apurados cuando descubren que nace en la sociedad un profundo desencanto por la ciencia. Este desencanto se ha acompañado por otra parte de un crecimiento en número y

<sup>1</sup> Centro Europeo de Investigación Nuclear.

*en influencia de sectas que difunden doctrinas que parecen, a veces, salidas de los siglos más negros de nuestra historia [ . . . ]. En la enseñanza primaria, el aprendizaje de la lectura y de la escritura se apoya generalmente sobre el relato. En la secundaria, los alumnos son más bien juzgados sobre su capacidad de argumentar sobre textos que ofrecen alternativas y opciones contradictorias. Es en esta ocasión que a menudo se opera la selección social [ . . . ]. El razonamiento científico ofrece un medio potente de aumentar las capacidades de reflexión, de argumentación y de juicio de los niños. Una formación científica desde la edad más temprana será entonces un potente antídoto a esta llaque que hace que en lugar de escoger nuestras élites dirigentes dentro de los 58 millones de franceses, se escogen dentro de un país reducido a 10 millones de habitantes.” G. Charpak hablaba para Francia pero desafortunadamente esta frase se puede adaptar a muchos países.*

Carl Wieman está más preocupado por la enseñanza de la física universitaria y en este artículo me dedicaré principalmente a este aspecto ya que en trabajos anteriores habíamos hablado de lo otro [1, 2]. Wiemann formó un grupo de investigación en enseñanza de la física en la Universidad de Colorado en Boulder [6] y a principio 2007 fue contratado por la Universidad de Columbia Británica en Canadá para desarrollar un proyecto destinado a remplazar el curso tradicional en el cual los estudiantes son llenados de información frecuentemente sin entenderla y sustituirlo por una forma más interactiva de enseñanza que permita una construcción sólida de los conceptos. Para Wieman, la línea de fondo es que *“la enseñanza debe de ser más ‘científica’ en el sentido que las teorías sobre los procesos de aprendizaje, y lo mejor que pueden aportar debe de basarse en mediciones cuantitativas”*. Dice que *“muchos profesores adoptan la actitud opuesta, justificando su estilo de enseñanza en base a uno o dos comentarios positivos que reciben de estudiantes. Estos colegas deberían de pensarlo bien ya que todos los resultados de la investigación en ciencia de la educación van en la misma dirección: los estudiantes aprenden muy poco en cursos tradicionales”* [6].

Se puede añadir que los trabajos de investigación didáctica de los últimos veinticinco años [7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14] muestran que la enseñanza tradicional, por lo esencial la clase magistral, que considera que los alumnos son vasos vacíos que el profesor tienen que llenar, ha fallado en todos los países del mundo en particular en los primeros años de la universidad. Uno de los problemas que detecta Wieman es que los alumnos, aun los que no siguen una carrera científica, necesitan y pueden pensar más como “expertos”. Los expertos, es decir los científicos profesionales, ven la física como un grupo coherente de conceptos generales validados por el experimento a la diferencia de los “novatos” quienes ven la física como una colección de pedazos aislados de información entregada por una autoridad y totalmente cortada del mundo real. Wieman añade que *“entrevistando miles de alumnos, muestran que piensan más como novatos aun después de haber tomado un curso introductorio de física”*.

Anteriormente a estos tres físicos, otros premios Nóbel como Piotr Kapitza y Richard Feynman mostraron también, en otras condiciones y otra época, un fuerte interés por la docencia.

No es objeto de este trabajo analizar los cambios que se produjeron en el estudiantado. Pero en la universidad, hemos pasado de una enseñanza destinada a una cierta elite a una masificación del acceso a la universidad. En los países desarrollados, me parece que el cambio tuvo lugar inmediatamente después del sesenta y ocho. Por razones diversas, en particular políticas, estos mismos cambios ocurrieron más tarde, en algunos países europeos, y en los países latinoamericanos. Este cambio de la población universitaria, más numerosa, más diversa por sus orígenes culturales y socio-económicas no ha sido seguido de cambios en el profesorado que muy frecuentemente ha continuado con los métodos que ellos mismos conocieron como alumnos en el periodo anterior. ¿Estos métodos, destinados anteriormente a una elite, siguen válidos para esta nueva situación? Por lo menos, pienso que la pregunta merece de ser planteada. ¿Los cambios en la formación del profesorado que ocurrieron en varios países de Europa en los últimos veinte años no merecen de ser tomados en cuenta? ¿Las experiencias que estos colegas vivieron no nos pueden ser útiles?

Es muy frecuente oír a nuestros colegas quejarse de la falta de madurez, falta de métodos de estudio, de la pobrísima preparación anterior de los alumnos, que no tienen el nivel, etc. Todo esto puede ser cierto, pero culpar implícitamente a los colegas de los niveles anteriores de educación no resuelve nada, y a lo mejor sirve de justificación de algunos colegas para no hacer nada y sobre todo no cuestionarse sobre su propia actuación en clase: “Hago lo que puedo con lo que me dan”, “que se salve quién pueda”. Las graves deficiencias de la educación secundaria y preparatoria en México con una enseñanza demasiado enfocada hacia la memorización en detrimento del razonamiento, cuestionan nuestro propio desempeño, y el modelo de enseñanza centrada en la clase magistral del profesor, y más aun la actitud de quien se opone al cambio. Este artículo concierne a los que están directamente implicados en la relación educativa y que cuestionan la idea según la cual los aprendizajes provienen directamente de la confrontación de un sistema cognitivo aislado (él del alumno) y de un saber experto (él del profesor). En lo que sigue, trataré de presentar algunos problemas que los alumnos enfrentan y propuestas de cambios, en particular didácticos. Uno de los problemas importantes es el de las ideas previas de los alumnos. En una primera parte regresaré sobre este tema. En una segunda parte, se abordaran los cambios necesarios que se podrían emprender para lograr un aprendizaje significativo de los alumnos. Finalmente, se abordará el problema preocupante de la falta de formación profesional de los profesores universitarios.

**TABLA I.** Resultados a dos de las preguntas de la encuesta realizada en el 2006 a los alumnos de primer, segundo y tercer trimestre, respectivamente del Tronco General de la división CBI de la UAM-I.

Pregunta	Respuestas	Pregunta	Respuestas
<p>Se lanza una piedra verticalmente hacia arriba alcanzando una altura de 6 m sobre el suelo.</p> <p>Considerando nulo el rozamiento con el aire ¿qué altura alcanzará otra piedra lanzada con la misma velocidad pero cuya masa es la mitad que la de la primera?</p> <p>a) 3 m, b) 6 m, c) 12 m, d) No sé.</p>	<p>Trimestre 1</p>	<p>Se lanza un objeto verticalmente desde el suelo hacia arriba.</p> <p>Considerando nulo el rozamiento con el aire, señale cuál de los esquemas representa correctamente las fuerzas que actúan sobre el objeto que sube, poco antes de que éste alcance su máxima altura.</p>	<p>Trimestre 1</p>
	<p>Trimestre 2</p>		<p>Trimestre 2</p>
	<p>Trimestre 3</p>		<p>Trimestre 3</p>
<p>Respuesta correcta: b)</p>		<p>Respuesta correcta: c)</p>	

## II. IDEAS PREVIAS DE LOS ALUMNOS

No se trata aquí de entrar en un debate estéril sobre el nombre. Son llamadas también preconceptos, ciencia de los niños, errores conceptuales, representaciones alternativas, razonamiento espontáneo, etc. Puede haber algunos matices entre estos nombres ya que cada uno lleva consigo algunas implicaciones teóricas, pero se refieren al mismo planteamiento.

Varios investigadores [15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23] han estudiado las ideas previas o los preconceptos de los alumnos en diferentes ramas de la física o de otras disciplinas. Muchos trabajos en didáctica de las ciencias [24], en particular de la física, y en particular el primero en el tiempo, la tesis de Laurence Viennot [16], han mostrado que estas ideas previas, además de traducir una incomprensión de conceptos básicos de física enseñados de manera repetitiva durante mucho tiempo, persisten durante muchos años y, por lo tanto, no permiten que el alumno adquiera un aprendizaje significativo. En un trabajo reciente [25], hemos presentado los resultados de una encuesta realizada durante los tres trimestres del año 2006 sobre ideas previas de mecánica en los alumnos del Tronco General (TG), es decir del primer año de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería (DCBI) de la Universidad Autónoma Metropolitana Izatapalapa (UAM-I). Nuestra universidad funciona por trimestre y tiene dos ingresos por

año: uno en el trimestre de primavera (mayo) y otro en el trimestre de otoño (septiembre). Para el TG, todas las Unidades de Enseñanza Aprendizaje (UEA) se abren en cada trimestre. Además, desde 2004 cuenta con un trimestre propedéutico para los alumnos que lo desean o que tuvieron bajo puntaje en el examen de ingreso. Las encuestas analizadas en los tres trimestres representaban 50, 21 y 31% de los alumnos, respectivamente.

En la tabla I, se presentan las respuestas a dos preguntas características de esta encuesta reflejando ideas previas aristotélicas en los alumnos. Lo notable es que la proporción de respuestas incorrectas es más o menos la misma de un trimestre a otro mostrando el carácter duradero de estas ideas si no se actúa para combatir las y que los alumnos adquieran los conceptos correctos. No basta la insistencia del profesor al respecto. Aun, el alumno puede adaptarse a la voluntad del profesor pero al poco tiempo recupera sus ideas erróneas. Y ¿qué pensar de lo siguiente? La misma encuesta fue realizada a catorce candidatos a plazas de profesor ayudante de física. Estos candidatos tienen un mínimo de 75% de créditos de la licenciatura de física: solamente nueve contestaron bien. Estos, como los que contestaron mal, venían de la UAM o de la UNAM, es decir que no es un problema de tal o tal universidad, es de todas.

Haré una citación larga del trabajo ya mencionado de L. Viennot [15] por ser el primero que puso en evidencia este

tipo de problemas por medio de preguntas de papel y lápiz: “La idea de partida es que la manera de razonar de cada uno, en particular en física, no es solamente un efecto de la enseñanza previa. Hay una forma ‘espontánea’ de razonar que no es cualquiera y que no traduce solamente una ausencia o una deformación de conocimientos escolares. Hemos trabajado esencialmente en dos temas de mecánica: los cambios de referenciales y las relaciones entre fuerza, energía y movimiento. Este campo de investigación es muy adecuado ya que:

- Las relaciones entre fuerza, energía y movimiento se encuentran en la base de la física y determinan sin duda una gran parte del comportamiento posterior de los alumnos.

- Son objeto de un modelo sencillo (del punto de vista formal): la dinámica newtoniana establece una relación lineal  $\vec{F} = m\vec{a}$ , entre el vector fuerza ejercida sobre una masa puntual y una característica del movimiento, el vector aceleración, que es la tasa temporal de variación de la velocidad.

- Finalmente, es evidente que este modelo formal coincide muy parcialmente con el enfoque intuitivo general, según el cual un movimiento supone una fuerza actuando en el mismo sentido y la inmovilidad, aun pasajera, supone la ausencia de fuerza. Es entre fuerza y velocidad, más que entre fuerza y aceleración, que espontáneamente se establecería una relación lineal.

[...] Por ejemplo, el razonamiento espontáneo hace intervenir nociones que pueden encontrarse en un estudiante bajo el mismo vocablo: fuerza, energía y que tienen propiedades diferentes.

[...] Este tipo de tendencia espontánea sobrevive a la enseñanza. No nos compete observar lo que pasa realmente en la cabeza de un alumno, ni tampoco saber de qué se habla diciendo esto. Pero, podemos hacer aparecer conjuntos de preguntas-respuestas que se encuentran frecuentemente y que son difícilmente causados por la sola enseñanza. El problema que viene después es superar el mero catálogo y por lo tanto hacer una hipótesis sobre la manera de razonar de los estudiantes cuando van de la pregunta a la respuesta del tipo ‘todo pasa como si’.

Cada pregunta-respuesta puede dar lugar a una gran cantidad de hipótesis: ‘el texto es irrealista’, ‘los alumnos no han entendido la pregunta’, ‘tal error está inducida por la enseñanza...’, ‘por el lenguaje corriente...’, ‘la dificultad es de orden matemático’, ‘han confundido esto y esto’, etc. ¿Qué permite escoger y decidir que tal interpretación vale más que otra?

[...] Estos razonamientos espontáneos se manifiestan también en el desarrollo histórico de las ideas, en los niños y en muchas partes del entorno cultural actual<sup>2</sup>, y a final de cuentas todo el mundo razona o ha razonado más o menos de esta forma. Los profesores mismos, cuando contestan rápidamente hacen errores del mismo tipo.

[...] Una tal tenacidad proviene sin duda, en gran parte, de la relativa coherencia de este sistema explicativo.

[...] Para superar estos razonamientos espontáneos se necesita una intervención de la enseñanza. Pero no basta

llegar a yuxtaponer conocimientos escolares al sistema intuitivo sin ningún cuestionamiento. Hay que meter los alumnos en situación de explicitar estos razonamientos y situarlos con respecto a lo que se enseña. Esta toma de conciencia y esta confrontación son dos caminos personales en donde el alumno toma un papel activo en el proceso de abstracción.

El profesor puede solamente estimular a sus alumnos en este camino si:

- él mismo tiene un conocimiento seguro del razonamiento espontáneo iniciado por tal o tal situación física,  
- dispone de instrumentos sencillos para advertir a los estudiantes.”

Aquí termina la citación. Hace treinta años que sabemos de estos problemas ¿cuándo vamos a considerar la experiencia pasada para tomarla en cuenta en nuestro propio desempeño?

Antes de empezar una clase, cualquier profesor debe de preguntarse ¿qué saben mis alumnos? Parece indispensable hacer un examen diagnóstico para saber si llegan con errores conceptuales o no, y actuar para que estas vayan desapareciendo. ¿Cómo? Es lo que veremos a continuación.

### III. PROBLEMAS COMO INVESTIGACIÓN

Los conocimientos se construyen en el aula y fuera del aula pero cuando un maestro prepara su clase de ciencias tiene que tomar decisiones de orden pedagógico o didáctico. Siempre lo hace con respecto a ideas a priori: ideas sobre la manera de aprender del alumno, sobre la construcción del conocimiento. Estas ideas se pueden resumir en un esquema tradicional del funcionamiento de la ciencia y que fue trasladado a la enseñanza desde sus orígenes.

En un excelente artículo [26], D. Gil Pérez de la Universidad de Valencia, hace un balance de la situación y un estudio crítico de las innovaciones que existieron en el pasado cercano y de las nuevas ideas que se vinieron desarrollando. Lo citaré: “Queremos llamar la atención, en primer lugar, contra cualquier tentación de ver en los planteamientos constructivistas hoy en auge, “la solución” a los problemas de enseñanza / aprendizaje de las ciencias. Se corre, efectivamente, el peligro de que se conviertan en un nuevo eslogan superficial e ineficaz, por tanto, para la mejora del aprendizaje. Si algo comienza a estar claro hoy, precisamente, es la necesidad de romper con la idea ingenua – pero extraordinariamente extendida – de que enseñar es fácil: cuestión de personalidad, de sentido común o... de encontrar la receta adecuada para acabar con la “enseñanza tradicional”. Más aún, resulta necesario comprender que tras la idea vaga de enseñanza tradicional existe un modelo coherente de enseñanza / aprendizaje por transmisión / recepción de conocimientos ya elaborados [27, 28] y que la renovación de la enseñanza no puede ser cuestión de simples retoques, sino que presenta las características y dificultades de un cambio de paradigma.”

Una idea que se ha desarrollado en los últimos años, es la de un paralelo entre el aprendizaje y la investigación, “la importancia de las concepciones alternativas de los alumnos y la necesidad de orientar el aprendizaje como un cambio conceptual y no como una adquisición *ex nihilo*

<sup>2</sup> El artículo es de 1978.

puede basarse en la existencia de un cierto isomorfismo entre el aprendizaje (es decir, la construcción de conocimientos por los alumnos a partir – y en ocasiones en contra – de sus preconcepciones) y la investigación (es decir, la construcción de conocimientos por la comunidad científica a partir – y en ocasiones en contra – del paradigma vigente)” dice D. Gil. Esto significa que no basta tomar en cuenta las ideas previas de los alumnos sino que es necesario también un cambio de metodología como el que ocurrió entre la física pre-clásica y la física actual. Propone entonces, “incluir explícitamente actividades que asocien el cambio conceptual con la práctica de aspectos claves de la metodología científica, tal como ocurrió históricamente”. De ahí, la idea del aprendizaje como investigación. Es decir, el tratamiento de situaciones problemáticas de interés.

Pero ¿cuál es la definición de problemas? En la práctica común los “problemas” no lo son realmente en el sentido que son explicados como algo que se sabe resolver, en donde no hay dudas y que el profesor resuelve claramente de manera lineal, transformando la solución en un ejemplo que hay que aprender y saber repetir en situaciones idénticas. Según la definición de Krulik y Rudnick [29]: “Un problema es una situación, cuantitativa o no, que pide una solución para la cual los individuos implicados no conocen medios o caminos evidentes para obtenerla”. Y ¿qué hace un científico cuando se encuentra con un verdadero problema? Se comporta como un investigador.

Una de las mayores críticas a la resolución de problemas “tradicionales” es el hecho de incluir desde un principio datos numéricos de algunas magnitudes. Esta inclusión hace que el alumno tratará de encontrar las formulas adecuadas en donde puedan aparecer estas magnitudes y así “resolver” el problema sin hacer ninguna hipótesis ni tampoco ninguna reflexión previa. Una solución fácil es no incluir datos numéricos, pero se necesita entonces orientar a los alumnos para abordar estas situaciones. Estas orientaciones se pueden resumir en las propuestas siguientes, coherentes con un modelo de resolución de problemas como investigación [26, 30]:

- Considerar cuál puede ser el interés de la situación problemática abordada.
- Comenzar por un estudio cualitativo de la situación, intentando acotar y definir de manera precisa el problema, explicitando las condiciones que se consideran reinantes, etc.
- Emitir hipótesis fundadas sobre los factores de los que puede depender la magnitud buscada y sobre la forma de esta dependencia, imaginando, en particular, casos límite de fácil interpretación física.
- Elaborar y explicitar posibles estrategias de resolución antes de proceder a ésta, evitando el puro ensayo y error. Buscar distintas vías de resolución para posibilitar la contrastación de los resultados obtenidos y mostrar la coherencia del cuerpo de conocimientos del que se dispone.
- Realizar la resolución verbalizando al máximo, fundamentando lo que se hace y evitando, una vez más, operativismos carentes de significación física.
- Analizar cuidadosamente los resultados a la luz de las hipótesis elaboradas y, en particular, de los casos límite considerados.

Este último punto es equivalente a lo que Reif [31] denomina “verificación de la consistencia interna”.

Es interesante hacer notar que las indicaciones anteriores están más relacionadas con las actividades experimentales habituales y que ahora se pueden generalizar a todas las actividades de aprendizaje de las ciencias.

#### **IV. TRABAJO COOPERATIVO**

La experiencia prueba [32] que para salir del modelo por transmisión estándar, para tratar de diferenciar la pedagogía y que los alumnos sean actores de sus aprendizajes, es necesario entrar a la problemática del trabajo en equipo. Hay que intentar modificar el ordenamiento mismo de la clase y construir un espacio a geometría variable. No para pasar del todo magistral al todo equipo, ya que no se diferencia la enseñanza pasando de un modelo único a otro modelo único, de un integrismo metodológico a otro.

Desde hace más de treinta años, muchos trabajos en psicología social han mostrado que el trabajo en equipo puede constituir un entorno socio-cognitivo susceptible de generar progresos individuales. El principio fundador está constituido por los trabajos que se reclaman de las tesis de Vygotski [33] y se encuentra también en trabajos de Piaget [34, 35, 36] y Freinet [37, 38].

Para explicar esto existen dos tesis (no exclusivas): la teoría del conflicto socio-cognitivo interindividual, y la de la transformación de la función comunicativa (interindividual) en función cognitiva (intra-individual). La primera se conoce desde mucho tiempo: cuando los intercambios interactivos son ocasión de conflictos (en el sentido de confrontaciones contradictorias) por el hecho de puntos de vista diferentes de los sujetos para resolver un problema, se instala conjuntamente entre ellos un doble conflicto cognitivo, el primero intra-individual ya que cada sujeto toma conciencia de respuestas diferentes de las suyas; y interindividual ya que las respuestas son diferentes; y un conflicto social ya que los sujetos necesitan coordinar los puntos de vista para llegar a un acuerdo y dar una respuesta común.

La filosofía de fondo es que el aula es un lugar que acoge a todo el mundo y considera que todo el mundo es un miembro valioso de la comunidad y que por ello es digno de ser ayudado si lo necesita. Detrás de ello está la noción de que las diferencias individuales son valiosas, y de que a través del diálogo, la cooperación, la convivencia, el respecto por las diferencias y la solidaridad, se aprende mejor. Los equipos de aprendizaje cooperativo tienen una doble finalidad: aprender los contenidos y aprender a trabajar juntos, como un contenido escolar más.

Finalmente, se trata de favorecer en el aula un “trabajo colectivo de investigación dirigida” [26] en algo parecido al trabajo científico de los expertos, en donde la confrontación de ideas entre equipos (aquí los alumnos) y con los especialistas o la comunidad científica (el profesor) es la base para la aceptación de nuevas ideas.

## V. FORMACIÓN DOCENTE

Aceptar nuevas ideas debería ser también el pan cotidiano de los profesores en cuanto a la docencia como lo es generalmente en cuanto a la investigación. Tal vez es sobre este aspecto particular que la falta de formación profesional y la falta de apertura se hacen sentir más.

La universidad tiene que enfrentar cambios. Hay, por ejemplo, una necesidad de formación a lo largo de la vida, esta demanda social es muy fuerte en Europa desde algunos años y, ya lo es, y lo será necesariamente más y más en México; hay nuevos públicos que van a entrar y que entran ya a la universidad y que no siempre tienen las mismas expectativas ni las mismas necesidades de formación que los alumnos de formación inicial; se puede pensar también en nuevos dispositivos que permiten diversificar la oferta de formación, etc. Los cambios que afectan a la universidad conciernen de la misma manera las misiones de los docentes-investigadores que son más y más numerosas y diversificadas. Estas nuevas misiones llevan a menudo a nuevas prácticas, a las cuales los profesores no son siempre preparados y no pueden prepararse a ellas por el hecho, en particular, de una formación continua institucionalizada casi inexistente. Es necesario plantear la necesidad imperativa de una formación pedagógica inicial y continua.

En los próximos diez años se puede pensar que alrededor de 50% de los docentes-investigadores se jubilarán. Los que van a remplazarlos ejercerán funciones que han evolucionado en algunos decenios y que van a evolucionar más. En Francia, por ejemplo, estas funciones son la enseñanza, la investigación y la administración, cada una con un valor diferente, en particular en el reconocimiento institucional, interno o no a la universidad. Estas tres funciones pueden ser clasificadas de la manera siguiente: la más valorizada es la investigación, después la docencia y la administración. En la UAM es muy parecido nada más que la administración se sustituye por la “difusión de la cultura”.

El docente-investigador aprende actualmente su profesión esencialmente por la auto-formación o la práctica en situación, con todos los riesgos (para los alumnos) que esto puede representar. Podemos listar las funciones que ejerce en el desorden y de manera no exhaustiva: enseñar a diferentes públicos, en clases de laboratorio, en talleres de resolución de problemas, en clases magistrales, evaluar a los alumnos, coordinar grupos de profesores a diferentes niveles, coordinar actividades de investigación, etc. La mayoría de estas competencias ligadas a estas actividades están desarrolladas por la práctica, el intercambio con otros docentes, por lecturas, conferencias, etc. Rara vez, en particular, en el aspecto pedagógico, el profesor-investigador beneficia de un acompañamiento o de formaciones específicas respondiendo a sus necesidades.

En una encuesta realizada en nuestra división en 2004 [39] a estudiantes (751 es decir 27% del total de alumnos) y profesores (99 es decir 34% de la planta académica titular) aparecen algunos indicadores. En general, los alumnos califican de buena a excelente (84.4%) la preparación de los profesores y consideran que tienen las habilidades pedagógicas para enseñar (71.7%). Al mismo tiempo, mencionan que la exposición de clase por el profesor es el

medio más utilizado (92.4%), y en segundo la resolución de problemas (36.4%) son las técnicas de enseñanza de los profesores. Según los alumnos, 39% ensayan nuevas y diferentes formas de enseñanza. Dentro de las causas importantes o muy importantes de reprobación, consideran que tienen una formación previa deficiente (79.4%) y que les falta una preparación de la materia (77.8%), pero 77.9% consideran también que hay una falta de claridad en la exposición del profesor y 75.4% que hay una falta de correspondencia entre lo que se enseña y lo que se evalúa.

Ahora bien, solamente 21% de los profesores encuestados consideran que sus estrategias educativas relativas al contenido de sus cursos son adecuadas y más de 77% consideran que no siempre esto es así. De la misma manera 76% opinan que no siempre sus estrategias educativas estimulan el interés por los contenidos de sus cursos y menos de la mitad (39.4%) de los profesores está convencido que sus técnicas didácticas coinciden con sus estrategias educativas. Los profesores estiman que las principales causas de los problemas de desempeño de los alumnos son, en este orden, la falta de motivación e interés; la insuficiencia de la formación previa; la insuficiencia del tiempo que dedican al estudio y los hábitos de estudio. Para terminar, en términos generales, la mayoría de los profesores (69.7%) tiene poca comunicación con sus colegas para analizar los problemas educativos de los alumnos y proponer mejoras.

Como lo podemos ver, estudiantes y profesores no tienen siempre la misma opinión sobre los diferentes problemas ilustrados en esta encuesta. Si bien todos mencionan la formación previa deficiente es preocupante que casi 78% de los alumnos consideran que hay una falta de claridad del profesor y que más de tres alumnos de cuatro señalan que no se evalúa lo que se enseña. Tal vez esta cifra se puede relacionar con los más de 75% de profesores que consideran que sus estrategias educativas relativas al contenido del curso no siempre son las adecuadas y que no estimulan el interés por los contenidos de sus cursos. ¿Por qué? Probablemente, que no conocen otras y que realmente “hacen lo que pueden”. Se podría pensar que entonces estos mismos profesores buscarían modificar estas mismas, por lo menos hablando con sus colegas, pero ellos mismos reconocen que casi 70% tiene poca comunicación con sus colegas para analizar los problemas educativos.

Desde los años ochenta, existe en Francia una formación mínima para los futuros docentes. En un trabajo presentado en 2004 [40], se mostró que muchos profesores que siguieron una formación continua buscaban “trucos”, “técnicas”, “recetas pedagógicas”, como si pudieran prescindir de una reflexión teórica sobre la pedagogía universitaria y la didáctica de su disciplina.

En la Conferencia Mundial sobre la Educación de la UNESCO [41], se aprobaron documentos que insisten en la necesidad de la formación pedagógica básica y permanente del profesorado universitario. El artículo 10 de la “Declaración mundial sobre la educación superior en el siglo XXI: visión y acción” dice: “*Un elemento esencial para las instituciones de enseñanza superior es una energética política de formación del personal. Se deberían establecer directrices claras sobre los docentes de la*

educación superior, que deberían ocuparse sobre todo, hoy en día, de enseñar a sus alumnos a aprender y a tomar iniciativas, y no a ser, únicamente, pozos de ciencia. Deberían tomarse medidas adecuadas en materia de investigación, así como de actualización y mejora de sus competencias pedagógicas mediante programas adecuados de formación del personal, que estimulen la innovación permanente de los planes de estudio y los métodos de enseñanza aprendizaje”.

Hace cinco años, nuestra universidad ha aprobado las Políticas operacionales de docencia [42] cuya orientación principal es una docencia centrada en el aprendizaje con desarrollo de nuevos métodos didácticos y trabajo colectivo. Aunque se insiste también en “actualización” del personal académico, poco ha sido realizado hasta la fecha en cuanto a la institucionalización por lo menos de una formación permanente.

Enseñar en la universidad es una profesión que se aprende y para la cual existe una necesidad de formación, más o menos expresada, pero que queda por evaluar e implementar.

## VI. CONCLUSIONES

En respuesta a la puesta en evidencia de dificultades específicas de los alumnos en los cursos introductorios [43] varios físicos han tratado de proponer planes de estudio enfocados a una docencia más eficiente, y como el aprendizaje es más eficiente cuando hay una participación activa y una interacción entre los alumnos [26, 44, 45], nuestra propuesta es hacerles trabajar en pequeños equipos de tres o cuatro alumnos para resolver problemas de interés con carácter de pequeñas investigaciones. Una de las ventajas de este planteamiento es que tratando de resolver este tipo de problemas, los alumnos deben formular hipótesis con base a sus ideas previas y las tienen que discutir en el equipo, de modo que juntos, puedan descubrir las contradicciones y, mediante un proceso de retroalimentación llegar a un planteamiento más real y objetivo de la situación problema. El poder presentar sus ideas y comentarlas entre los equipos bajo la dirección del profesor que actúe como un guía y defenderlas para convencer a los demás, en la búsqueda de una solución adecuada al problema, amplía la posibilidad de reconocer los preconceptos y corregir los inadecuados. Se tiene que, por lo menos, mezclar la clase magistral con el trabajo en equipo. Lo que importa es sobre todo facilitar la intervención de los alumnos, no esperar que hagan preguntas sino fomentar y encontrar las formas de funcionamiento en el aula para que su participación sea más efectiva.

Finalmente, es esta estrategia que estamos probando actualmente en algunos grupos del primer trimestre del TG de nuestra división.

## AGRADECIMIENTOS

El autor quiere agradecer al Dr. Luis Montaña Hirose por la relectura de este artículo y por las discusiones fructíferas que hemos tenido.

## REFERENCIAS

- [1] Picquart, M. y Carrasco Morales, I., *La enseñanza científica en las escuelas primeras francesas*, Contactos **48**, 18 (2003)
- [2] Picquart, M. y Carrasco Morales, I., *Hacer ciencias para saber leer y escribir*, Trabajos de la VIII CIAEF, Sociedad Cubana de Física, La Habana, Cuba, ISBN 959-7136-19-8 (2003).
- [3] Astolfi, J. P., *Guide du Maître* (Coll. Gulliver, Nathan, Paris, 1978).
- [4] Astolfi, J. P., Peterfalvi, B. et Verin, A., *Comment les Enfants apprennent les Sciences* (Retz, Paris, 1998).
- [5] Charpak, G., *La Main à la pâte. Les sciences à l'école primaire* (Flammarion, Paris, 1998) p. 6.
- [6] *New formula for science education*, Physics World, January, pp. 10-11 (2007).
- [7] Giordan, A., *La enseñanza de las ciencias* (Siglo XXI, Madrid, 1982).
- [8] Resnick, L. B., *Mathematics and science learning: a new conception*, Science **220**, 477 (1983).
- [9] Novak J. D., Overview of the international seminar on misconceptions in science and mathematics. In Helm, H. and Novak, J. D. (Eds.), *Proceedings of the International Seminar on Misconceptions in Science and Mathematics* (Cornell University, Department of Education, Ithaca, NY, 1983) pp. 1-4.
- [10] Engel Clough, E. and Driver, R., *A study of consistency in the use of students' conceptual frameworks across different task contexts*, Science Education **70**, 473 (1986).
- [11] Driver R., *Students' conceptions and the learning of science*, Int. J. Sci., Educ. **11**, 481 (1989).
- [12] Cubero, R., *Concepciones alternativas, preconcepciones, errores conceptuales... ¿Distinta terminología y un mismo significado?*, Investigación en la escuela **23**, 33 (1994).
- [13] Palmer, D. H., *Exploring the link between students' scientific and nonscientific conceptions*, Issues in Educational Research **8**, 65 (1998).
- [14] Helm, H., *Misconceptions in physics amongst South African students*, Phys. Educ. **15**, 92 (1980).
- [15] Viennot, L., *Le raisonnement spontané en dynamique élémentaire*, Rev. Fr. Pédagogie **45**, 16 (1978).
- [16] Viennot, L., *Le raisonnement Spontané en Dynamique Élémentaire* (Hermann, Paris, 1979).
- [17] Saltiel, E. and Malgrange, J. L., *Spontaneous ways of reasoning in elementary kinematics*, Eur. J. Phys. **1**, 73 (1980).
- [18] Fredette, N. and Lochhead, J., *Student conceptions of simple circuits*, Phys. Teacher **18**, 194 (1981).

- [19] McDermott, L. C., *Research on conceptual understanding in mechanics*, Physics Today, July, 24 (1984).
- [20] Halloun, I. A. and Hestenes, D., *The initial knowledge state of college physics students*, Am. J. Sci. Educ. **7**, 231 (1985).
- [21] Clement, J., *Students' preconceptions in introductory mechanics*, Am. J. Phys. **50**, 66 (1982).
- [22] Carrascosa, J., *El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (parte 1). Análisis sobre las causas que la originan y/o mantienen*, Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias **2**, 183 (2005).
- [23] Campanario, J. M. y Otero, J. C., *Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias*, Enseñanza de las Ciencias **18**, 155 (2000).
- [24] Campanario, J. M. y Moya A., *¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas*, Enseñanza de las Ciencias **17**, 179 (1999).
- [25] Picquart, M. y Ayala, D., *Lograr el cambio conceptual en física: un desafío mayor*, Memorias del 4º Taller Iberoamericano de Enseñanza de la Física Universitaria, La Habana, Cuba (2007).
- [26] Gil, D., "Ciencias" in *Enseñanza de las ciencias y la matemática: tendencias e innovaciones* (OEI, Ed. Popular Madrid, 1993).
- [27] Gil, D., *Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias*, Enseñanza de las Ciencias **1**, 26 (1983).
- [28] Millar, R. and Driver, R., *Beyond processes*, Studies in Science Education **14**, 33 (1987).
- [29] Krulik, S. and Rudnick, J., *Problem solving in school mathematics* (National Council of Teachers of Mathematics, Reston, Virginia, 1980).
- [30] Gil, D., Carrascosa, J. y Martínez-Torregrosa, J., *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria* (Horsori, Barcelona, 1991).
- [31] Reif, F., Understanding and teaching problem-solving in physics. In Delacote, G., Tiberghien, A. and Schwartz, J. (Eds.), *Research on Physics Education: Proceedings of the First International Workshop* (Éditions du CNRS, Paris, 1983) pp. 15-53.
- [32] Le Travail en groupe, *Cahiers Pédagogiques*, **424**, Paris (2004).
- [33] Vygotski, L. S., *Pensée et langage*, La Dispute, Paris (1997).
- [34] Piaget, J., Discours du directeur du Bureau international d'éducation, in *Dix-septième Conférence internationale de l'instruction publique: procès-verbaux et recommandations* (Bureau international d'éducation, Genève, 1954) pp. 27-28.
- [35] Piaget, J., *Psychologie et Pédagogie* (Denoël, Paris, 1969).
- [36] Piaget, J., *De la pédagogie* (Odile Jacob, Paris, 1988).
- [37] Freinet, C., Travail individualisé et programmation *Bibliothèque de l'Ecole Moderne*, **42-45** (1966).
- [38] Freinet, C., *Cooperative learning and social change: Selected writings of Celestin Freinet* (D. Clandfield and J. Sivell Eds., Toronto, Canada, 1990).
- [39] Montaña Hirose, L., Barba Alvarez A y Ramírez Martínez G., *Análisis de la docencia y de la oficina de atención a alumnos de la división CBI* (Ed. UAM-I, México, 2005).
- [40] Beney, M. et Pentecouteau, H., *La formation des enseignants du supérieur: une réponse à un changement des pratiques?* (Congrès AECSE, Paris, 2004).
- [41] *Declaración mundial sobre la educación superior en el siglo XXI: visión y acción*, UNESCO, Paris (1998), <[www.unesco.org/education/educprog/wche/declaration\\_spa.htm](http://www.unesco.org/education/educprog/wche/declaration_spa.htm)>, Sept. 2007.
- [42] *Políticas operacionales de docencia*, Actas del Colegio Académico, Marzo 2001.
- [43] Braga, L., *Una alternativa para resolver el problema de los bajos rendimientos en los primeros cursos universitarios de física del área de las ciencias físicas y matemáticas*, Rev. Mex. Fis. **30**, 347 (1984).
- [44] Redish, E. F., *Implications of cognitive studies for teaching physics*, Am. J. Phys. **62**, 796 (1994).
- [45] Carrascosa, J., *El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (parte 2). El cambio de concepciones alternativas*, Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias **2**, 388 (2005).