

Enseñanza de la física: aprendizaje significativo, aprendizaje mecánico y criticidad¹

Marco Antonio Moreira¹

¹Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul
91501-970 Porto Alegre, RS, Brasil

REVISTA
DE
ENSEÑANZA
DE LA
FÍSICA

E-mail: moreira@if.ufrgs.br

Resumen

La enseñanza de la Física es presentada desde una perspectiva crítica a la luz de varias teorías de aprendizaje y de los grandes desafíos enfrentados por la enseñanza de las ciencias discutidos en la revista *Science* en 2013. Al final, son identificadas varias implicancias para la enseñanza de la Física en la educación contemporánea.

Palabras clave: Enseñanza de la Física, Educación contemporánea, Grandes desafíos.

Abstract

The teaching of physics is presented from a critical perspective in the light of several learning theories and of the great challenges for science education discussed in the journal *Science*, in 2013. At the end, several implications are identified for the teaching of physics in contemporary education.

Keywords: Physics teaching, Contemporary education, Great challenges.

I. INTRODUCCIÓN

Además de la falta y/o falencia en la preparación de los profesores, de sus malas condiciones de trabajo, del reducido número de clases en secundaria y de la progresiva pérdida de identidad de la Física en el currículum de ese nivel, *la enseñanza de la Física en la educación contemporánea estimula el aprendizaje mecánico de contenidos desactualizados.*

Estamos en el siglo XXI, pero la Física enseñada en nivel medio no supera la del siglo XIX. Se sigue enseñando las palancas, el plano inclinado, el MRU, y *nada de Cuántica, de Partículas, de Plasma, de Superconductividad.*

Desde los años setenta el discurso educativo destaca la importancia de una enseñanza centrada en el alumno, del aprender a aprender y del aprendizaje significativo, sin embargo, la enseñanza de la Física en la educación contemporánea:

- ✓ está *centrada en el docente*, no en el alumno;
- ✓ sigue el *modelo de la narrativa*;
- ✓ es *monológica, no dialógica*;
- ✓ es *conductista*;
- ✓ es del tipo “*bancario*” (intenta depositar conocimientos en la cabeza del alumno);
- ✓ se ocupa de *conceptos fuera de foco*;
- ✓ no incentiva el *aprendizaje significativo*;
- ✓ no incorpora las *TICs*;
- ✓ no utiliza *situaciones que tengan sentido* para los alumnos;
- ✓ no busca un *aprendizaje significativo crítico*;
- ✓ *entrena para el examen*, enseña respuestas correctas sin cuestionamiento.

¹ Conferencia de apertura de la XI Conferencia Interamericana sobre Enseñanza de la Física. Guayaquil, Ecuador, 1 al 5 de julio de 2013.

Pero ¿qué significa conductismo, aprendizaje significativo, aprendizaje mecánico, educación bancaria, educación dialógica, situación que tenga sentido, concepto fuera de foco, modelo de la narrativa, aprendizaje significativo crítico?

A continuación cada uno de estos conceptos es presentado en término de sus significados y proposiciones claves.

A. El conductismo de Skinner²

El conductismo, comportamentalismo, o behaviorismo, es una corriente psicológica que intenta dar a la psicología un enfoque científico. James Watson (1878-1958) es considerado el fundador del conductismo y ha acuñado ese término para dejar claro que su objeto de estudio eran aspectos *observables* de la conducta humana o animal. No obstante, el conductismo que llegó a la escuela y la dominó completamente fue el de B.F. Skinner (1904-1990).

La idea clave del conductismo skinneriano es que *el comportamiento es controlado por las consecuencias*. Cuando la consecuencia que sigue a la respuesta dada por un sujeto a un cierto estímulo es buena para ese sujeto, él o ella tenderá a dar la misma respuesta cuando el mismo estímulo le sea presentado otra vez. Cuando aumenta la frecuencia de una respuesta en función de la consecuencia se dice que dicha consecuencia es un reforzador positivo y que el sujeto está condicionado.

El enfoque skinneriano *se limita al estudio de comportamientos (objetivos conductistas) manifiestos y mensurables*. No toma en consideración lo que ocurre en la mente del sujeto durante el proceso de aprendizaje. No entra en la cuestión del significado; se ocupa del comportamiento, no de acciones (comportamientos más significados). En la práctica, estimula un aprendizaje netamente memorístico, sin significados, de corto plazo, que sirve para reproducir respuestas predeterminadas. Ese tipo de aprendizaje, conocido como *aprendizaje mecánico*, es muy común en la escuela y un resultado muy común de la enseñanza de la Física. Los alumnos simplemente memorizan fórmulas, definiciones y respuestas correctas para reproducirlas mecánicamente en las pruebas.

B. El aprendizaje significativo de Ausubel³

David Ausubel (1918-2008) ya decía en 1963 que si fuera posible reducir toda la psicología educativa a un solo principio, éste sería el siguiente: *De todos los factores que influyen en el aprendizaje, el más importante es lo que el alumno ya sabe. Averíguese eso y enséñese en consecuencia*.

En otras palabras, aprendemos desde lo que ya sabemos. Sin embargo, en la enseñanza este principio es ampliamente ignorado.

La interacción cognitiva entre conocimientos nuevos y previos es la característica clave del aprendizaje significativo. En dicha interacción el nuevo conocimiento debe relacionarse de manera no arbitraria y no literal con aquello que el aprendiz ya sabe.

Por ejemplo, para dar significado al concepto de potencial eléctrico como una función que describe escalarmente un campo eléctrico la interacción fuerte es con el concepto matemático de función, pero no arbitrariamente con cualquier función sino específicamente con una función de punto o función de la posición.

Cuando el sujeto no tiene conocimientos previos adecuados para dar significados a nuevos conocimientos y/o cuando no presenta una predisposición para el aprendizaje, esos conocimientos son almacenados en la estructura cognitiva de modo netamente memorístico, sin significado, sin capacidad para explicar, sin comprensión.

Ese tipo de aprendizaje, conocido como *aprendizaje mecánico*, sirve para reproducir, a corto plazo, respuestas en pruebas cuando la materia es la misma que “fue dada” por el profesor en las clases.

Es el que predomina en la escuela. La Física, por ejemplo, es interpretada por los alumnos como un conglomerado de fórmulas, definiciones y respuestas correctas que deben ser memorizadas y reproducidas en las pruebas o exámenes.

C. La educación bancaria de Freire⁴

²Burrhus Frederic Skinner (1904-1990), inicialmente estudió Biología, pero a lo largo de sus estudios conoció los trabajos de Pavlov y Watson y fue profundamente influenciado por ellos. Obtuvo su doctorado en Psicología por la Universidad de Harvard en 1931, donde fue investigador y profesor.

³ David Paul Ausubel nació en 1918, en Nueva York. Estudió en las Universidades de Pensylvania y Middlesex, graduándose en Psicología y Medicina. Hizo tres residencias en distintos centros de Psiquiatría. Su doctorado fue en Psicología del Desarrollo en la Universidad de Columbia, donde fue profesor por muchos años en el *Teachers College*. Fue profesor también en las Universidades de Illinois, Toronto, Berna, Munique y Salesiana de Roma. Al retirarse volvió a la Psiquiatría. En los últimos años de su vida se dedicó a escribir una nueva versión de su obra básica *Psicología de la Educación: una visión cognitivista*. Falleció en 2008.

- ✓ Es aquella que anula el poder creador de los educandos o lo minimiza, estimulando su ingenuidad y no su criticidad.
- ✓ En la *concepción bancaria*, la educación es el acto de depositar, de transferir, transmitir valores y conocimientos. En esa concepción, el saber es una donación de los que se juzgan sabios a los que se juzga nada saben (Freire, 1988, pp.58-59).

La dialogicidad problematizadora

- ✓ Contrariamente a la *educación bancaria* la criticidad, la consciencia crítica, es fundamental para la liberación. Para eso, según Freire, la dialogicidad – esencia de la educación como práctica de la libertad (p.77) – es imprescindible. Diálogo, sin embargo, no es palabrería, verbalismo, “blablablá”. Tampoco es la discusión guerrera, polémica, entre sujetos que buscan imponer su verdad.
- ✓ En esa perspectiva la educación auténtica no se hace desde el educador hacia el educando o del educador sobre el educando, sino del educador con el educando.
- ✓ En la concepción bancaria corresponde a la educación tornar aún más pasivos a sujetos ya pasivos de por sí, adaptándolos al mundo. Cuanto más adaptados, tanto más educados (p.63).
- ✓ En los días de hoy en que el discurso pedagógico y político es el *aprender a aprender* y la *enseñanza centrada en el alumno*, la concepción de educación bancaria de Freire, como mínimo, lleva a una reflexión sobre lo que es la escuela y sobre lo que debería ser para ser coherente con ese discurso.

La educación dialógica

- ✓ En la educación bancaria, estudiar es memorizar contenidos mecánicamente, sin significados. Lo que se espera del educando es la memorización de los contenidos depositados en él. La comprensión y la significación no son requisitos, la memorización sí.
- ✓ En la *educación dialógica*, estudiar requiere apropiación de la significación de los contenidos, la búsqueda de relaciones entre los contenidos y entre ellos y aspectos históricos, sociales y culturales del conocimiento. *Requiere también que el educando se asuma como sujeto del acto de estudiar y adopte una postura crítica y sistemática.*

Preguntar

- ✓ En ese proceso, la pregunta es esencial: preguntar es la propia esencia del conocer. El acto *de preguntar está ligado al acto de existir, de ser, de estudiar, de investigar de conocer* (op.cit., p.97).
- ✓ En la educación bancaria, el educador es quien pregunta y cobra del educando respuestas memorizadas. Sus preguntas generalmente son preguntas que los educandos no se hacen.
- ✓ En la educación dialógica, el educando es quién debe preguntar, cuestionar. Pero eso no significa que el educador sea un repositorio de respuestas, ni que existan respuestas definitivas.
- ✓ No hay respuestas definitivas, todas son provisorias. Lo importante es el preguntar que lleva al conocer que tampoco es definitivo.

Enseñar no es transferir conocimiento

Un principio general de la pedagogía de la autonomía de Freire es el que afirma que enseñar no es transferir conocimiento, sino crear las posibilidades para su propia producción o su construcción (p.47).

Para él, el educador que, enseñando cualquier materia, ‘castra’ la curiosidad del educando en nombre de la eficacia de la memorización mecánica de los contenidos, quita libertad al educando, su capacidad de aventurarse. No forma, domestica (p.56).

⁴ Brasileño, Paulo Freire (1921-1997) se ha destacado por su trabajo en el área de la educación popular. Siempre ha defendido el diálogo no solamente como método, sino también como un modo de ser democrático. Es considerado uno de los más notables pensadores en la historia de la pedagogía. Desarrolló una pedagogía crítica en contraposición a la educación tradicional, tecnicista, apasivadora.

D. Las situaciones de Vergnaud (1990)⁵

En esta teoría, los aspectos más sobresalientes pueden resumirse en:

- ✓ La conceptualización es el núcleo del desarrollo cognitivo.
- ✓ Son las situaciones las que dan sentido a los conceptos.
- ✓ Para ser aprendidos significativamente los nuevos conocimientos deben cobrar sentido para el aprendiz.
- ✓ Las situaciones deben ser propuestas en niveles crecientes de complejidad.
- ✓ Los esquemas de asimilación no son vacíos, contienen invariantes operatorios que pueden depender de contenidos específicos.

E. Los conceptos fuera de foco de Neil Postman⁶

En el último capítulo de su libro *Teaching as a Subversive Activity*, Postman y Weingartner decían, en 1969, que aunque se debía preparar al alumno para vivir en una sociedad caracterizada por el cambio, cada vez más rápido, de conceptos, valores, tecnologías, la escuela aún se ocupaba de enseñar conceptos fuera de foco, de los cuales los más evidentes eran (op. cit. p. 217):

1. El concepto de “verdad” absoluta, fija, inmutable, en particular desde una perspectiva bipolar del tipo buena o mala.
2. El concepto de certeza. Existe siempre una respuesta “correcta”, y es absolutamente “correcta”.
3. El concepto de entidad aislada, o sea, “A” es simplemente “A”, y punto final, de una vez para siempre.
4. El concepto de causalidad simple, única, mecánica; la idea de que cada efecto es el resultado de una única causa, fácilmente identificable.
5. El concepto de que las diferencias existen solamente en formas paralelas y opuestas: bueno-malo, correcto-errado; si-no, corto-largo, para arriba-para abajo, etc.
6. El concepto de que el conocimiento es “transmitido”, que emana de una autoridad superior, y debe ser aceptado sin ser cuestionado.

Por el contrario, para este educador, las estrategias intelectuales de sobrevivencia en esta época de energía nuclear y de viajes espaciales dependerían de conceptos como relatividad, probabilidad, incertidumbre, función, causalidad múltiple (o no-causalidad), relaciones no simétricas, grados de diferencia e incongruencia

F. Hace más de cuarenta años

Lo reseñado anteriormente se escribió hace más de cuarenta años, cuando la llegada del hombre a la Luna y la llamada era nuclear simbolizaban grandes cambios. Hoy, esos mismos cambios resultan pequeños frente a los que nos atropellan diariamente.

La educación, sin embargo, continúa estimulando varios de los conceptos que Postman y Weingartner (1969) criticaban y clasificaban como fuera de foco.

Aún se enseñan “verdades”, respuestas “correctas”, entidades aisladas, causas simples e identificables, estados y “cosas” fijos, diferencias solamente dicotómicas. Y aún se “transmite” el conocimiento, desestimulando el cuestionamiento.

⁵ Francés, Gérard Vergnaud, psicólogo, fue dirigido por Piaget en su tesis doctoral. Es Profesor Emérito del Centro Nacional de Investigación Científica (CNRS), en París. Es investigador en educación matemática y ha elaborado la teoría de los campos conceptuales. Para él la conceptualización es el núcleo del desarrollo cognoscitivo. Más recientemente su teoría está siendo usada como referente para la investigación en enseñanza de las ciencias.

⁶ Neil Postman (1931 — 2003) fue un crítico y educador. Postman recibió su grado de B.S. en la Universidad de Nueva York en Fredonia y su grado de M.A y Ed. D. de la Universidad de Columbia. Sus intereses académicos y educativos incluyeron la educación y los medios, como puede verse en muchos de sus diecisiete libros, incluyendo *Divirtiéndonos a Muerte* (1985), (*Amusing Ourselves to Death*), *Objeciones con Conciencia* (1988) (*Conscientious, Objections*), *Technopoly: La Rendición de la Cultura a la Tecnología* (1992) (*Technopoly: The Surrender of Culture to Technology*)(1992), y *Fin de la Educación* (1995) (*End of Education*).

El discurso educativo puede ser otro, pero la práctica escolar sigue sin fomentar el “aprender a aprender” que permitirá a la persona lidiar con el cambio de forma fructífera y sobrevivir.

G. El modelo de la narrativa de Don Finkel ⁷

El modelo clásico de enseñanza, consagrado, aceptado sin cuestionamientos por profesores, alumnos y padres, por la sociedad, es aquel en el cual el *profesor enseña, básica y fundamentalmente, hablando, diciendo a los estudiantes lo que se supone que deben saber*. Ese modelo es el que Don Finkel (2008, p. 44) describe como el Modelo de la Narrativa.

En ese modelo, muchas veces basado en un libro de texto, el profesor escribe (una forma de narrar) en la pizarra lo que los alumnos deben copiar en sus cuadernos, estudiar (memorizar) y después reproducir en las evaluaciones. A veces el profesor escribe en la pizarra partes del propio libro de texto y, aún así, los alumnos copian para estudiar más tarde, en general en la noche anterior a las pruebas para no olvidar.

El acto principal de “dar” clase es narrar clara y cuidadosamente a los estudiantes algo que ellos no saben de antemano. El conocimiento se transmite, nos imaginamos, por medio del presente acto narrativo (Finkel, 2008, p. 34).

El modelo de la narración parece natural a los estudiantes, padres, a la sociedad, a todo el mundo, y, por tanto, no se cuestiona. Sin embargo no debería ser así porque transmitir el conocimiento a partir de la cabeza del profesor hasta al cuaderno del alumno, de modo que el alumno transfiera el conocimiento desde el cuaderno hasta su cabeza para aprobar los exámenes es un objetivo inadecuado para la educación, y mucho más para un aprendizaje significativo crítico.

Como dijimos, hoy en día se habla mucho en *enseñanza centrada en el alumno*, en el *profesor como mediador* y en *aprender a aprender*. Si estamos de acuerdo con ese discurso, seguramente estaremos de acuerdo con Finkel en el sentido que narrar no es la mejor manera de enseñar y tendremos que repensar nuestro modelo de buen profesor.

En esa línea, Finkel propone la metáfora *Dar clase con la boca cerrada* que él usa para problematizar las suposiciones clásicas sobre la buena docencia.

H. El aprendizaje significativo crítico ⁸

Aprendizaje significativo crítico es aquella perspectiva que permite al sujeto formar parte de su cultura y, al mismo tiempo, estar fuera de ella. Se trata de una perspectiva antropológica en relación a las actividades de su grupo social, que permite al individuo participar de tales actividades, pero, al mismo tiempo, reconocer cuándo la realidad se está alejando tanto que ya no se está captando por parte del grupo.

Para un aprendizaje significativo crítico (subversivo) es preciso (Moreira, 2005):

1. Aprender/enseñar preguntas en lugar de respuestas (*Principio de la interacción social y del cuestionamiento*).
2. Aprender a partir de distintos materiales educativos (*Principio de la no centralidad del libro de texto*).
3. Aprender que somos perceptores y representantes del mundo (*Principio del aprendiz como perceptor/representador*).
4. Aprender que el lenguaje está totalmente involucrado en todos los intentos humanos de percibir la realidad (*Principio del conocimiento como lenguaje*).
5. Aprender que el significado está en las personas, no en las palabras. (*Principio de la conciencia semántica*)
6. Aprender que el ser humano aprende corrigiendo sus errores (*Principio del aprendizaje por el error*).

⁷ Donald Finkel vivió con su familia en Olympia, Washington, y enseñó en el Evergreen State College desde 1976 hasta su muerte en setiembre de 1999. Es coautor, junto a William Ray Arney, de *Educando para la Libertad: la Paradoja de la Pedagogía (Educating for Freedom: The Paradox of Pedagogy)* Rutgers University Press, 1995).

⁸ Marco Antonio Moreira es profesor del Instituto de Física de la Universidad Federal de Rio Grande del Sur, Brasil. Fue Visiting Fellow en el Departamento de Física de la Universidad de Cornell, en Estados Unidos, en 1972. Más adelante, en 1977, obtuvo su Ph.D. en Enseñanza de las Ciencias bajo la dirección de J.D. Novak, D.B. Gowin y D.F. Holcomb en esa misma universidad. Desde esa época se dedica a la enseñanza de las ciencias, particularmente de la Física y al aprendizaje significativo según distintos referentes teóricos. Más recientemente llegó a la visión crítica influenciado por las obras de B.F. Skinner, D.P. Ausubel, Neil Postman, Paulo Freire y Don Finkel.

7. Aprender a desaprender, a no usar conceptos y estrategias irrelevantes para la sobrevivencia (*Principio del desaprendizaje*)
8. Aprender que las preguntas son instrumentos de percepción y que las definiciones y las metáforas son instrumentos para pensar. (*Principio de la incertidumbre del conocimiento*).
9. Aprender a partir de diferentes estrategias de enseñanza. (*Principio de la no utilización de la pizarra. Abandono de la narrativa*)

II. GRANDES DESAFÍOS PARA LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA (adaptado de Grand Challenges in Science Education, Science, vol. 340, 19 April, 2013)

El año pasado la reconocida revista *Science* ha dedicado muchas páginas del vol.340 al tema de los grandes retos de la enseñanza de las ciencias en la educación contemporánea. En la primera página Carl Wieman, físico, ganador del Premio Nobel, afirma:

“La transformación es posible si la universidad realmente quiere. Hay toda una industria consagrada a medir qué tan importante es mi investigación, con factores de impacto de los artículos y cosas por el estilo. Sin embargo, no se recoge ningún dato sobre cómo estoy enseñando. Hay muchos profesores a quienes les parece completamente apropiado dedicar más tiempo a la enseñanza pero no creen que sea eso lo que se espera de ellos.” (Carl Wieman, *Science*, vol. 340, 19 April, 2013, p. 292).

“Tener a Carl Wieman diciendo, de pie, que debemos dejar de hacer selección de talentos en STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics), y empezar a desarrollar talentos en STEM cambia totalmente la naturaleza de la conversación”. (Susan Singer, Directora de Enseñanza Universitaria de la NSF – National Science Foundation – *ibid.*, p. 295).

Lo que funciona mejor que clases expositivas y problemas para resolver en casa, de acuerdo con numerosos estudios, es tener a los estudiantes trabajando en pequeños grupos con profesores que pueden ayudarlos a aplicar conceptos científicos básicos a situaciones de vida real. Pero ¿cuál es la mejor manera de implementar aprendizaje activo, centrado en el alumno? (C.Wieman, *ibid.*, p. 294).

La respuesta, para Wieman, es fundir el aprendizaje centrado en el alumno con la práctica deliberada. La práctica deliberada supone poner al estudiante en la solución de un conjunto de tareas o problemas que son desafiantes pero factibles y que involucran explícitamente la práctica del pensamiento y del desempeño científico. El rol del profesor es el de ofrecer incentivos apropiados para estimular a los estudiantes a dominar las habilidades necesarias así como una continua realimentación para ayudarlos a permanecer en la tarea. La idea es que el desarrollo de habilidades complejas no es una cuestión de llenar un cerebro, sino de desarrollar un cerebro

A. Grandes Desafíos para la Enseñanza de las Ciencias (*Science Vol.340, April, pp. 290-323*)

- ✓ **Crear ambientes “en línea” que utilicen datos almacenados de estudiantes individuales para guiarlos en experimentos virtuales apropiados para su etapa de comprensión.** De este modo, los ambientes en línea pueden proveer a los estudiantes de orientación personalizada para optimizar resultados.
- ✓ **Determinar el equilibrio ideal entre experimentos virtuales y presenciales para cursos en distintas áreas.** Aunque la mejor combinación puede variar dependiendo de las circunstancias, combinar los dos es probablemente lo mejor.
- ✓ **Identificar habilidades y estrategias que los profesores necesitan para implementar un currículo de ciencias que contemple laboratorios virtuales y reales.** El objetivo es crear un programa de desarrollo profesional que permita a los profesores revisar sus clases basados en informaciones obtenidas de trabajos en línea de los estudiantes.
- ✓ **Ayudar a los estudiantes a explorar la relevancia personal de la ciencia e integrar el conocimiento científico con soluciones prácticas complejas.** Enseñar ciencias de esa manera requiere poner foco en problemas auténticos que frecuentemente no pueden ser definidos en términos netamente científicos.
- ✓ **Desarrollar en los estudiantes la comprensión de la base social e institucional de la credibilidad científica.** La enseñanza de las ciencias debe habilitar a los estudiantes a hacer

juicios sobre la confiabilidad y validez de enunciados científicos, incluso cuando no tienen conocimientos profundos y no sean expertos.

- ✓ **Habilitar a los estudiantes a construir sus propios y perdurables intereses relacionados con la ciencia.** La escuela que estimula el desarrollo de intereses personales, la curiosidad habitual y hobbies relacionados con la ciencia aumentará la motivación y la confianza de los alumnos en futuras experiencias de aprendizaje.

B. Dificultades previsibles

Los calendarios escolares, las expectativas de los padres y la enseñanza para las pruebas juegan en contra de las pedagogías que sacrifican ganancias de conocimientos de corto plazo en beneficio de habilidades complejas, mayores motivaciones y conocimientos más restringidos pero de larga duración. Profesores y gestores deben trabajar juntos para crear programas piloto que pongan a prueba y demuestren el valor de esos abordajes. En esto, los científicos pueden ser aliados o adversarios.

III. LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA EN LA EDUCACIÓN CONTEMPORÁNEA: CÓMO DEBERÍA SER

De lo presentado, resultan claramente las siguientes implicancias para la enseñanza de la Física, en situación formal de enseñanza, presencial o a distancia, en los días de hoy:

- ✓ **El conocimiento previo debe ser siempre considerado.** Es la variable aislada que más influencia tiene sobre el aprendizaje de nuevos conocimientos (Ausubel), funcionando tanto como anclaje cognitivo que ayuda a dar significados a esos conocimientos, en un proceso interactivo, o como obstáculo epistemológico que dificulta la atribución de significados.
- ✓ **No tiene sentido enseñar sin tener en cuenta el conocimiento previo de los alumnos en alguna medida.**
- ✓ Lo aspectos más importantes, más inclusivos, más generales de un cuerpo de conocimientos deben ser presentados en el comienzo de la enseñanza y progresivamente diferenciados en términos de detalles, especificidades, formalismos. **Es más fácil para el alumno captar partes de un todo si ya tiene idea del todo** (Ausubel).
- ✓ Las tecnologías de la información y la comunicación deben ser incorporadas a la enseñanza. **La mediación que lleva a la captación de significados no es más solamente humana y semiótica, incluye también al ordenador** (Moreira).
- ✓ **La interacción personal, la negociación de significados entre alumnos y profesor o entre ellos mismos, es fundamental** (Gowin). El conocimiento previo (la variable más importante) es largamente implícito. Sin crear situaciones para que los alumnos hablen, el docente no tiene idea de cuáles y cómo están siendo captados los significados de la materia de enseñanza.
- ✓ Las primeras situaciones presentadas o propuestas a los alumnos deben corresponder a su mundo, su entorno, su edad, su cultura. **Son las situaciones que dan sentido a los conocimientos** (Vergnaud). Las situaciones fuera del contexto del alumno deben ser trabajadas progresivamente en crecientes niveles de complejidad.
- ✓ **La enseñanza no debe ser monológica, sino dialógica** (Freire). El docente debe hablar menos (narrar menos) y crear más espacios para que los alumnos hablen y externalicen los significados que están captando.
- ✓ **Enseñar no es depositar conocimientos en la cabeza del alumno** (Freire). La adquisición de conocimientos es importante pero con criticidad, con cuestionamiento. Los contenidos físicos no deben ser enseñados como verdades inmutables, sino como construcciones, creaciones del hombre.
- ✓ **Los contenidos curriculares deben ser actualizados, deben incluir la Física Moderna y Contemporánea.**
- ✓ **En la enseñanza se deben utilizar distintos materiales instruccionales y diferentes estrategias didácticas, estimulando la participación del alumno** (Moreira). Basar la

enseñanza en un único manual no es educar, sino entrenar. **El modelo de enseñanza no puede ser únicamente el de la narrativa porque poco queda de él después de algún tiempo.**

- ✓ La evaluación no puede estar basada exclusivamente en pruebas de respuesta correcta. Esta estrategia es conductista, no evalúa, mide. **La evaluación debe buscar evidencias de aprendizaje, debe incluir aspectos formativos y recursivos** (Moreira).
- ✓ Debemos dejar de seleccionar talentos en Física y empezar a desarrollar talentos, mezclando el aprendizaje activo centrado en el alumno con la práctica deliberada. (Wieman). La Enseñanza de la Física no es una cuestión de llenar de conocimientos los cerebros de los estudiantes, sino de desarrollar sus cerebros en Física.

REFERENCIAS

- Ausubel, D. P. (1963). *The psychology of meaningful verbal learning*. New York and London: Grune & Stratton.
- Finkel, D. (2008). *Dar clase con la boca cerrada*. València: Publicacions de la Universitat Valencia.
- Freire, P. (1988). *Pedagogia do oprimido*. São Paulo: Paz e Terra. 18ª edição.
- Freire, P. (2007). *Pedagogia da autonomia*. São Paulo: Paz e Terra. 36ª edição.
- Growin, D.B. (1981). *Educating*. Ithaca and London: Cornell University Press.
- Moreira, M.A. (1999). *Aprendizagem significativa*. Brasília: Editora da UnB.
- Moreira, M.A. (2000). *Aprendizaje significativo: teoría y práctica*. Madrid: Visor.
- Moreira, M.A. (2005). *Aprendizaje significativo crítico*. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS.
- Moreira, M.A. (2006). *A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula*. Brasília: Editora da UnB.
- Moreira, M.A. y Masini, E.A.S. (1982). *Aprendizagem significativa: a teoria de aprendizagem de David Ausubel*. São Paulo: Editora Moraes.
- Moreira, M.A. y Masini, E.A.S. (2006). *Aprendizagem Significativa: a teoria de aprendizagem de David Ausubel*. São Paulo: Centauro. 2ª edição.
- Postman, N. y Weingartner, C. (1969). *Teaching as a subversive activity*. New York: Dell Publishing Co.
- Vergnaud, G. (1990). La Théorie des Champs Conceptuels. *Récherche en Didactique des Mathématiques*, 10 (23), 133-170.