

Investigaciones em Ensino de Ciências – V2(2), pp. 105-121, 1997

UN MODELO CIENTÍFICO DE INSTRUCCIÓN, PARA ENSEÑANZA DE FÍSICA, BASADO EN UNA TEORÍA COMPENSIBLE DEL APRENDIZAJE HUMANO Y EN EXPERIENCIAS DE CLASE

**(An instructional model for the teaching of physics, based on a meaningful learning theory
and class experiences)**

Ricardo Chrobak

Universidad Nacional del Comahue

Facultad de Ingeniería

Departamento de Física

Buenos Aires 1400

8300 - Neuquén - Prov. de Neuquén

Argentina

Resumen

La mayor parte de las investigaciones relacionadas con la enseñanza de la Física a nivel universitario, indican que los modelos de instrucción utilizados, no consiguen satisfacer los objetivos que se proponen. Muchos intentos se han realizado para mejorar esta situación, frecuentemente con resultados desalentadores. Este trabajo, que constituye la etapa final de un proyecto de investigación, denominado Aprendiendo a Enseñar Física (AEF), intenta cambiar hacia un modelo de instrucción científico, basado en la teoría cognitiva del aprendizaje humano, conocida como de Ausubel-Novak-Gowin, y en la aplicación, en las experiencias de clase, de las herramientas metacognitivas que surgen de la misma. Los datos obtenidos en experiencias de clase, dictadas en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Comahue, señalan que los alumnos responden positivamente a los objetivos del modelo, mostrando un entendimiento sustancial de la Mecánica Newtoniana y una importante reducción en el tiempo de estudio necesario para promocionar la asignatura (es decir, para cursar y aprobar).

Palabras-clave: Modelo instruccional, aprendizaje, Física.

Abstract

Practically all research studies concerning the teaching of Physics point out the fact that conventional instructional models fail to achieve their objectives. Many attempts have been done to change this situation, frequently with disappointing results. This work, which is the experimental stage in a research project of a greater scope, represents an effort to change to a model based on a cognitive learning theory, known as the Ausubel-Novak-Gowin theory, making use of the metacognitive tools that emerge from this theory. The results of this work indicate that the students react positively to the goals of meaningful learning, showing substantial understanding of Newtonian Mechanics. An important reduction in the study time required to pass the course has also been reported.

Key-words: Instructional model, learning, physics.

Introducción

Ningún profesor de Física desconoce que la educación requiere importantes cambios; para lograr esos cambios es necesario en primer lugar efectuar mediciones y documentar los problemas que afrontan los educadores. Por supuesto que las reformas no surgirán solamente de la documentación de los problemas, pero es obvio que sin entender apropiadamente a los problemas que presenta la enseñanza, es imposible lograr las reformas que muchas veces y con justificada

razón reclamamos enfáticamente. En este trabajo aceptaremos el concepto de la educación como un *evento social en el que se comparten significados*. Los eventos que hacen posible a la educación no son del tipo de los naturales, sino que son provocados por seres humanos en forma intencional, para transmitir la cultura de las viejas a las nuevas generaciones. Es por este motivo que los fenómenos educativos no son fáciles de estudiar, ya que carecen de las regularidades percibidas en los objetos o eventos naturales. No obstante es necesario buscar regularidades en la educación, pero considerándola en su conjunto, es decir buscar la simplicidad pero preservando su naturaleza de complejidad. A tal efecto es útil en principio aceptar la propuesta de J. J. Schwab en cuanto a los elementos comunes de la educación: enseñanza, aprendizaje, curriculum y contexto social, elementos que deben ser tratados en forma conjunta durante el estudio de este tipo de fenómenos. Esto significa que no es posible en esta clase de trabajos, apuntar al estudio de uno solo de estos elementos, como ocurre en la mayoría de los casos, especialmente cuando se concentran en el estudio del aprendizaje, con la creencia que una vez conocido a fondo la forma en que se adquieren los conocimientos, es posible diseñar también la enseñanza.

En cuanto al curriculum también suele ser un objeto de estudio por separado. Es importante señalar que las consideraciones epistemológicas son un factor de gran ayuda para interpretar tanto el curriculum como la generación de conocimientos. Si bien hay muchas formas de entender al curriculum, aquí lo consideramos como un conjunto de interrelaciones lógicas de afirmaciones de conocimiento y de valor, pedagógica y conceptualmente analizadas, en el sentido de tomar en consideración eventos previos o conocidos, para programar eventos futuros (de aprendizaje y enseñanza).

Por ultimo, el contexto social constituye un poderoso conjunto de fuerzas que influyen en la educación, como las consideraciones de ética, justicia social, cosmovisión, libertades, autoridades, poder etc. Merecen mención especial el conjunto de funcionarios que gobiernan, como elementos de control social y responsables de hacer posible los eventos educativos.

En resumen diremos que estos cuatro elementos pueden requerir análisis específicos, pero siempre teniendo en cuenta la importancia de considerar las interacciones que existen entre ellos, factor que ha sido especialmente considerado en el diseño experimental cuya propuesta se detalla a continuación

Propuesta del presente trabajo

Hoy en día es incuestionable la gran influencia que ejercen las ideas y procedimientos de la Física en el estudio de las demás ciencias. Por este motivo, gran parte de las carreras científicas cuyo tema central no es la Física, incluyen al menos un curso de esta materia. Resulta obvia, entonces, la importancia que reviste la comprensión de los conceptos físicos por parte de los estudiantes, no sólo de Física, sino también de otras disciplinas. Sin embargo, esto se logra sólo en parte o, al menos, no en la medida en que sería conveniente.

También es conocido el hecho de que los estudiantes no son advertidos de la importancia que tiene el reflexionar sobre sus propios saberes y la forma en que se producen los conocimientos. Es decir que por lo general, en los cursos de ciencias del ciclo básico, suelen ignorarse los factores epistemológicos que intervienen en la formación de las estructuras cognitivas de los estudiantes, factores primordiales cuando se trata de lograr un cambio en los alumnos, que vaya desde las concepciones espontáneas o alternativas, hacia las concepciones científicas. Este hecho lleva a la necesidad de considerar los elementos del meta-aprendizaje (aprender a aprender) que fueron la principal guía de acción en la investigación que aquí se presenta.

Debido a las numerosas dificultades en la enseñanza de la Física (Chrobak, Ricardo 1992) urge, tanto a profesores como a los alumnos, lograr una mayor "efectividad" del modelo de enseñanza-aprendizaje de la Física. También a esta urgencia intenta responder el presente trabajo, proponiendo el desarrollo de un modelo científico de instrucción que está fuertemente apoyado por fundamentaciones teóricas sobre el aprendizaje humano y las experiencias de clase. Las mismas han sido realizadas en cuatro cursos introductorios de Física I dictados en la Universidad Nacional del Comahue, se encuentran publicadas detalladamente en el trabajo "Experiencia piloto para el desarrollo de un nuevo modelo instruccional" dicho trabajo sirvió como base para diseñar el modelo que se propone.

Los objetivos y contenidos

Los objetivos de esta propuesta pueden resumirse de la siguiente manera:

- ? Desarrollar un modelo científico de instrucción, que permita un movimiento hacia el aprendizaje significativo.
- ? Favorecer el surgimiento de nuevos elementos que acentúen el cambio hacia el aprendizaje significativo.
- ? Destacar la planificación como punto de partida esencial para toda acción educativa.

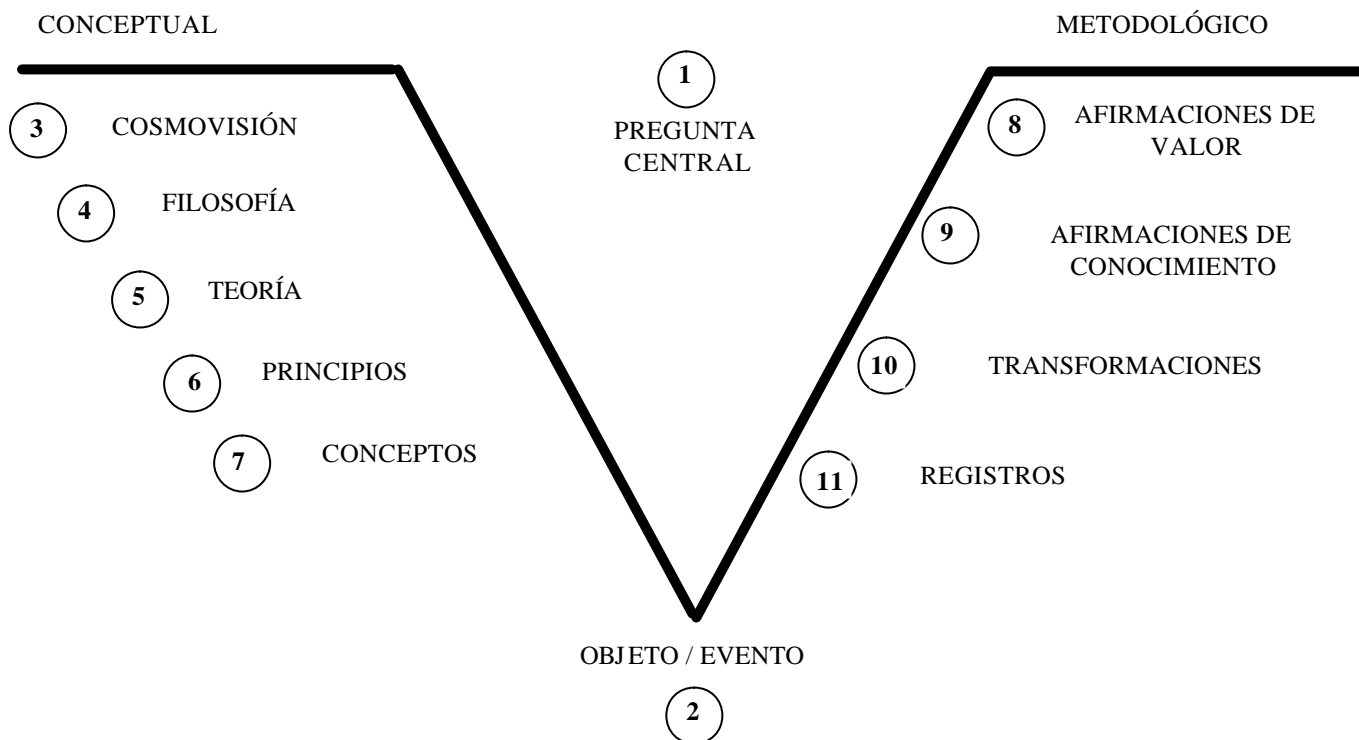
Los contenidos mínimos de la asignatura, que se desarrollaron en forma cuatrimestral, con carga horaria de 12 horas semanales, son los siguientes:

- ? Leyes y Magnitudes de la Física. Mediciones
- ? Leyes de Conservación
- ? Descripción del movimiento y sus causas
- ? Hidrostática
- ? Aplicaciones.

Aspiramos a que el conocimiento de este modelo metodológico haga nacer la inquietud en docentes e investigadores, y los anime a intentar la aplicación de enfoques similares al propuesto.

ESTRUCTURA DEL PROYECTO

En el siguiente diagrama UVE se resume la estructura del proyecto de investigación en que se basa este trabajo:



1- Pregunta Central: Se refiere a como puede un modelo científico de instrucción ayudar a los alumnos y profesores de los cursos de Física a lograr un aprendizaje significativo de Mecánica General.

2- Objeto/Evento: Actividades realizadas por docentes y alumnos involucrados en la enseñanza y aprendizaje de la mecánica general, en el marco del proyecto de investigación sobre el tema: Aprendiendo a Enseñar Física.

3- Cosmovisión: La enseñanza de Física puede ser considerablemente mejorada, mediante la aplicación de un modelo de instrucción relevante, que incluya conceptos, principios, teorías y metodologías basadas en un marco teórico comprensible sobre el aprendizaje humano y en experiencias de clase.

El aprendizaje, cuando es significativo, potencia al ser humano porque lo hace “dueño” de sus conocimientos

4- Filosofía: Los estudiantes de Física, ayudados por un modelo de instrucción, pueden aprender a construir sus propios conocimientos de Mecánica General.

5- Teoría: Ausubel-Novak-Gowin

6- Principios: Principios relevantes de la teoría A-N-G para este trabajo:

- ? La educación lleva a un cambio en el significado de la experiencia.
- ? Los conceptos son percibidos como regularidades en eventos u objetos, o registros de eventos u objetos, representados por un rótulo.
- ? El conocimiento previo influencia todo nuevo aprendizaje

? El aprendizaje significativo requiere: 1) la predisposición a aprender significativamente, 2) materiales de aprendizaje significativos y 3) algún conocimiento previo que sea relevante para el contenido a impartir.

? Los mapas conceptuales pueden ser una representación válida de la estructura conceptual o proposicional de un individuo.

? Las entrevistas clínicas pueden ser una prueba confiable de las estructuras de un conocimiento específico de un individuo.

? La UVE Heurística puede resultar de utilidad para comprender el conocimiento y la producción de ese conocimiento.

? Prestar atención celosamente a una epistemología y a principios de aprendizaje válidos pueden conducir a mejorar las prácticas de evaluación.

? La supervivencia de la vida humana sobre la Tierra probablemente dependa del perfeccionamiento substancial de las prácticas educativas.

7- Conceptos: Modelo. Aprendizaje significativo. Planificación de la enseñanza. Meta-aprendizaje. Diferenciación progresiva. Reconciliación integradora. Organización jerárquica. Mapas conceptuales. UVE. Entrevista clínica. Evaluación. Concepciones espontáneas. Principales conceptos físicos.

8- Registros: Grabaciones de entrevistas clínicas con los estudiantes.

Resultados de las evaluaciones sumativas y formativas.

Encuestas a los estudiantes al finalizar el cursado.

9- Transformaciones: Análisis estadísticos de los resultados e interpretación de las entrevistas y encuestas.

10- Afirmaciones de conocimiento: Han sido expresadas en el esquema del modelo obtenido y en las conclusiones.

No obstante señalaremos que, para lograr una mayor eficiencia en el aprendizaje significativo, el modelo instruccional debe:

? Tomar como base fundamental el conocimiento previo de los estudiantes, es decir su estructura cognitiva y las concepciones alternativas.

? Identificar y enfatizar los conceptos centrales y unificadores de la asignatura y organizarlos jerárquicamente. En otras palabras, considerar la diferenciación progresiva.

? Reconocer las diferencias y similitudes entre los conceptos relacionados. En otras palabras, considerar la reconciliación integradora.

? Preparar las evaluaciones para obtener reales evidencias de aprendizaje significativo.

? Desarrollar una metodología sistemática para la resolución de problemas. Usar la evaluación como herramienta de enseñanza aprendizaje.

11- Afirmaciones de valor: La teoría del aprendizaje significativo de Ausubel-Novak-Gowin provee un excelente referencial teórico para impulsar investigaciones basadas en una teoría y no en un método.

Los principios del aprendizaje significativo deben ser tenidos en cuenta para cualquier intento serio de diseñar un modelo científico de instrucción.

Resulta imprescindible el desarrollo de metodologías para mejorar el aprendizaje conceptual de los estudiantes. Como resultado de ese aprendizaje, ellos podrán mejorar su capacidad para enfrentar con éxito problemas novedosos y tomar decisiones trascendentales.

Las evaluaciones bien diseñadas son una excelente ayuda para el proceso de enseñanza aprendizaje cuando se busca aprendizaje significativo.

Las herramientas metacognitivas son de gran utilidad para el proceso de enseñanza aprendizaje y como alternativas de evaluación, cuando se buscan evidencias de aprendizaje significativo.

Marco teórico del proyecto

El marco teórico de este trabajo se halla en la Teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel, Novak, y Gowin, en la actualidad ampliamente difundida (Ausubel et al., 1978, 1983; Novak, 1977, 1982, Gowin, 1981; Novak y Gowin, 1986, 1988; Moreira, 1993). Esta teoría enfatiza el punto de vista cognitivo de la psicología educativa y su relación con el aprendizaje significativo. Concuere además con una epistemología constructivista, en la medida en que sostiene que el conocimiento es una producción del ser humano, con las búsquedas, intuiciones, aciertos, desaciertos y rectificaciones que esto implica. Como resultado de los trabajos de Novak y Gowin, se han producido las así llamadas "herramientas metacognitivas", por ejemplo los Mapas Conceptuales (Novak, y Gowin, 1984) y los Diagramas Uve (Ibid.), también llamada "V" de Gowin (Moreira y Buchweitz, 1993), que permiten mejorar el aprendizaje y facilitan la investigación educativa.

Una descripción del uso de las herramientas metacognitivas, aplicadas a la enseñanza de Física introductoria (mecánica newtoniana) se puede encontrar en el artículo "Uso de estrategias facilitadoras del aprendizaje significativo en los cursos de Física introductoria" (Chrobak, 1995).

¿Por qué un modelo instruccional?

La palabra modelo tiene en el uso cotidiano ciertas acepciones que no la hacen especialmente feliz para designar claramente a qué nos estamos refiriendo cuando hablamos de modelo instruccional. Solemos utilizarla para significar que los jóvenes no encuentran en su entorno comportamientos dignos de emulación cuando aseveramos que "no tienen modelos", hablamos del "modelo en escala" de un puente o una nueva planta productiva, estrenamos un "modelo" exclusivo para una fiesta, tenemos un auto "modelo '96" o vemos a la "modelo" recorriendo la pasarela.

En el campo de la construcción de conocimientos, el modelo no es visto como un objeto propiamente dicho. Por la naturaleza de su estructura de relaciones, el modelo resulta un constructo de la mente humana, incluso cuando somos capaces de "materializarlo" en un objeto: opera de hecho como una instancia intermedia en la que delegamos parte de nuestras funciones de conocimiento. En efecto, cuando comenzamos a separar un objeto, evento o situación de la realidad en que aparece en la naturaleza y comenzamos a agregar rasgos hipotéticos o "regularidades" que permitan identificarlo, obtenemos lo que se llama: un modelo conceptual. Así surgen por ejemplo los modelos atómicos, como el muy conocido del núcleo como "punto central" con los electrones girando a su alrededor, El sol, la tierra y los demás planetas, representados por una "masa puntual". Si el fenómeno puede describirse con funciones o fórmulas el modelo es "matemático" etc.

Cuando este modelo surge como resultado de un proceso de investigación firmemente guiado por una teoría y puede describirse en detalle en función de leyes generales ya conocidas, hablamos de un "modelo científico".

Según Arcà, M. y Guidoni, P. (1989) *“El objetivo general de un modelo es reducir (restringir) la cantidad de lo que es aún desconocido en un campo no del todo conocido y permitir a los elementos de lo que se conoce coagular en una forma determinada y compleja. En todo caso, un modelo es un poderoso instrumento mental, especialmente apto para la construcción de estructuras de la realidad, cuando su complejidad no nos permite alcanzar y representar directamente sus múltiples relaciones de conexión, y también para lograr un control directo del significado de los hechos.”*

Así concebido, el modelo permite, a partir de lo conocido, incorporar nuevas experiencias y observaciones de la realidad a fin de ajustar nuestra interpretación de la misma. Al mismo tiempo que un modelo aparta la atención (abstrae) de muchas características de la realidad, también aporta a la reconstrucción organizadora muchos rasgos nuevos, que pueden no encontrar correspondencia directa con la realidad a partir de la cual comenzó la actividad de modelado. De esta manera, un modelo siempre comporta su propia originalidad, en cuanto añade a la selección esquemática de los hechos observados otros trazos peculiares pertenecientes a su propia naturaleza de modelo.

Por lo expuesto, consideramos de fundamental importancia para ayudar en sus trabajos a los docentes y estudiantes, el desarrollo de modelos instruccionales, siempre que se tengan en cuenta las salvedades en cuanto a dos factores: validez y aplicabilidad a los distintos casos.

Queda claro, en fin, que cuando hablamos de modelo estamos lejos de referirnos simplemente a un conjunto de "recetas" para que el profesor las utilice en su trabajo en forma mecánica. Más bien, se trata de desarrollar conjuntamente, los docentes, alumnos, autoridades, investigadores de la educación etc., las acciones necesarias para lograr excelentes resultados al final del proceso enseñanza-aprendizaje.

En este trabajo, el modelo se concentra principalmente en los cursos de física básica, ámbito que ha proporcionado los datos experimentales que permitieron el diseño del modelo, pero se ha tratado en todo lo posible de tomar en cuenta consideraciones generales que permitan la fácil transferencia a otros campos de la enseñanza.

Diseño de la investigación

El diseño de los cursos utilizados para ensayar las nuevas metodologías, permitió la elaboración del nuevo modelo instruccional que trata de privilegiar el aprendizaje significativo sobre el tradicional aprendizaje memorístico, que caracteriza a la enseñanza actualmente en vigencia en la mayoría de nuestras instituciones. Quizás sea procedente aclarar aquí, que de ninguna manera, estamos diciendo que el aprendizaje memorístico sea desechable, ya que todos sabemos de la gran utilidad que constituye tener una buena memoria (por ejemplo si debemos hacer un llamado telefónico); de lo que se trata es de dar significado a los conceptos existentes en la estructura cognitiva de forma tal que vayan "creciendo" más y más en proposiciones significativas, a medida que el proceso instruccional avanza, lo que resultará en una mayor eficiencia del aprendizaje, como ha sido determinado en los trabajos de tipo piloto, sobre cuyos datos se elabora el presente modelo (Chrobak R. y Herrera C. 1996) y del trabajo definitivo que se resume a continuación.

La investigación fue diseñada para ser aplicada en situaciones reales de clase, con cursos reales, es decir, sin suposiciones de condiciones experimentales artificiales. Se seleccionaron dos grupos de estudiantes de los cursos regulares de Física I de las carreras de Ingeniería de la Universidad Nacional del Comahue. Uno de estos grupos constituyó el grupo *experimental* y el

otro el grupo *control*. Este último estuvo a cargo de un experimentado profesor del Departamento de Física, que aplicó una metodología que aquí denominaremos “tradicional”.

Con el grupo experimental trabajó un equipo de investigadores participantes del Proyecto de Investigación, utilizando la metodología aquí propuesta.

Los grupos de estudiantes no fueron seleccionados al azar, debido a que los alumnos podían elegir el módulo al cual asistir, principalmente de acuerdo a sus disponibilidades horarias, ya que no conocían de antemano ni los profesores ni las metodologías que se aplicarían.

La investigación fue llevada a cabo durante un cuatrimestre regular y las diferencias en los resultados fueron determinadas por diversas evaluaciones de los cursos, por ejemplo : pre-test, parciales y finales.

Respecto a los contenidos, podemos decir que en el módulo experimental fue posible desarrollar el programa en su totalidad, mientras que en módulo control no se contó con tiempo suficiente para dictar los temas Teoría de la medición e Hidrostática.

Con el objeto de validar la experiencia, en cuanto a la equivalencia inicial de ambos grupos, se controlaron estadísticamente las siguientes variables : a) resultados del pre-test y del post-test, b) si el alumno trabaja o no trabaja, c) cantidad de horas trabajadas por semana, d) número total de horas trabajadas por semana, e) número total de asignaturas que cursa cada alumno, f) cantidad de alumno repitientes y g) año de ingreso a la carrera.

El esquema de análisis estadístico de los datos obtenidos referentes a estas variables escapa a los fines de este trabajo, por lo que sólo presentaremos las características fundamentales del modelo instruccional aplicado durante la investigación.

En los resultados del pre-test, si bien el puntaje favoreció al grupo control, no existe diferencia estadísticamente significativa en cuanto al nivel de conocimientos de Mecánica entre ambos grupos, siendo de destacar que comienzan el cursado de la materia con muy escasos conocimientos previos sobre los temas requeridos.

Para determinar el logro de los estudiantes luego de finalizado el cuatrimestre, se les solicitó responder otro cuestionario, de nivel similar al pre-test, pero con mayor profundidad y extensión.

Logros de los estudiantes al final de la experiencia

El logro de cada alumno, considerando la importancia crucial del conocimiento previo en la adquisición de nuevos conocimientos, se midió mediante el cociente entre el avance obtenidos desde el pre-test al post-test y los resultados obtenidos en el post-test, es decir :

$$\text{Logros} = \frac{\text{Notas del post-test} - \text{Notas del pre-test}}{\text{Notas del pre-test}}$$

Otro factor importante tenido en cuenta para el análisis de la efectividad del modelo es el tiempo de estudio que cada estudiante le dedicó a la asignatura en cuestión.

En base a estas consideraciones se confeccionaron los resultados de logros para ambos grupos, se efectuaron los t-test para logros y horas trabajadas, pudiéndose observar que con respecto a los logros no existe diferencia significativa (a un nivel alfa 0,05), entre los grupos experimental y control. No obstante, es de destacar que el promedio de logros para el grupo experimental es mayor que el del grupo control. Con respecto a las horas de estudio, se obtuvo que la cantidad de horas de estudio del grupo control es significativamente mayor que las del grupo experimental, (a un nivel alfa = 0,01), lo que habla a las claras, de una mayor eficiencia originada en la aplicación del modelo que aquí se propone.

Reacción de los estudiantes

Para evaluar la reacción de los estudiantes ante el empleo del nuevo modelo, se elaboró una encuesta que fue contestada al finalizar el cuatrimestre por los estudiantes del grupo experimental, en forma anónima, y después de tomar conocimiento del resultado de sus exámenes parciales, lo que aseguró plenamente que las respuestas no tendrían incidencia en cuanto a las condiciones de notas obtenidas para la promoción del cursado. Sucintamente, diremos que la reacción de los alumnos fue altamente positiva.

Características del modelo

Sin la pretensión de ser completa, la figura 1 resume en un diagrama, enmarcado en una teoría de la educación, con sus correspondiente teoría de aprendizaje, los conceptos principales de una teoría de la enseñanza, a ser considerados para planificar la instrucción de acuerdo al modelo que aquí se recomienda. La descripción detallada de cada uno de los conceptos que en ella figuran, más allá de las descripciones ya consideradas escapa a la finalidad de este trabajo, siendo la bibliografía muy completa al respecto.

Aclarados los aspectos metodológicos pasaremos a describir las características del modelo, que trata de responder a la pregunta que muchos instructores se hacen: ¿cómo enseñar física básica?

a) los conocimientos previos : Ausubel (Ibid.) dejó claramente establecida la importancia del conocimiento previo de los estudiantes para la adquisición de nuevos conocimientos, tema ampliamente aceptado y difundido en la bibliografía y por los investigadores de la educación. Por este motivo se hace imprescindible, como paso siguiente para planificar la instrucción, la determinación del conocimiento previo de los estudiantes. A tal fin es de gran utilidad el empleo de la entrevista clínica (Novak, J. D., 1986 ; Moreira, M.A. & Silveira, F. L., 1993) que se ha revelado un instrumento de particular importancia y utilidad para los docentes, tanto en el área de la investigación, como para determinación de estructuras cognitivas y la detección de concepciones alternativas o espontáneas.

Tal vez, resulte útil dedicar un párrafo a la aclaración de lo que aquí entendemos por *concepto espontáneo*. Nos referimos así para designar a aquellas concepciones que traen los estudiantes en su estructura cognoscitiva y que son derivadas de su contacto diario con el "mundo real", es decir con su experiencia cotidiana. Estos conceptos (también se los suele llamar: conceptos pre-científicos, conceptos erróneos, conceptos alternativos, o conceptos equivocados)* se derivan de experiencias y observaciones de la vida diaria, del uso del lenguaje y del refuerzo de la cultura. Además, estas concepciones espontáneas se caracterizan por formar parte de las estructuras mentales de los alumnos, y son construcciones personales que tienen cierto grado de validez, son

* En idioma inglés se los llama "Misconceptions" o también: LIPHS (Limited or Inappropriate Propositional Hierarchies)

muy difíciles de cambiar o erradicar y, por último, recuerdan los conceptos mantenidos por científicos en etapas anteriores.

b) la planificación: El plan de enseñanza debe ser elaborado por el docente responsable de la asignatura, tomando como base las metas establecidas en el diseño curricular que, naturalmente, no son elaboradas por el docente, sino por las respectivas comisiones curriculares, que dan como conclusión lo que, en términos de Johnson constituyen la "Serie estructurada de resultados previstos de aprendizaje" (Johnson M. 1967), de donde surgen los objetivos generales y los contenidos mínimos. A partir de ellos, el docente elaborará los contenidos analíticos y los objetivos específicos.

Para elaborar los contenidos analíticos (comúnmente conocidos como "el programa" de la asignatura), es importante comenzar con lo que Ausubel denomina una matriz de conceptos y/o proposiciones y destrezas. Para esto es necesario tener en cuenta los principios de la diferenciación progresiva y la reconciliación integradora. Según el primero, las ideas más generales e inclusivas de la disciplina deben presentarse al inicio y luego ir diferenciándolas en función de los detalles y la especificidad. Este orden corresponde a la secuencia natural en que el ser humano adquiere conciencia cognoscitiva sobre un nuevo cuerpo de conocimientos, cuando lo hace espontáneamente. Aunque este principio parece tan evidente, rara vez se lo tiene en cuenta al organizar el material de los libros de texto o los procedimientos de enseñanza, con gran desmedro para el aprendizaje significativo y forzando la memorización.

Tener en cuenta el principio de la reconciliación integradora al programar la enseñanza, implica la realización de esfuerzos serios y explícitos para explorar las múltiples relaciones entre conceptos parecidos, señalando las semejanzas y diferencias importantes, de manera tal que puedan aclararse las inconsistencias reales o aparentes. Esto, evidentemente es ignorado por los autores de textos que tratan por separado conceptos que en realidad tienen muchas relaciones entre sí, o emplean términos múltiples para identificar conceptos intrínsecamente equivalentes, generando incontables tensiones y/o confusiones cognitivas en los estudiantes.

c) la elaboración de objetivos: La importancia de una buena elaboración de los objetivos estriba principalmente en la claridad con que permiten encarar la tarea docente y la posibilidad de una evaluación rápida y continua de la evolución del proceso enseñanza-aprendizaje. Por otra parte, el hecho de tener que elaborar objetivos de aprendizaje válidos, supone para el docente una profunda reflexión sobre qué va a enseñar y cómo lo hará.

Pero ¿qué entendemos por objetivo? En el marco teórico de este trabajo diremos que los objetivos de aprendizaje son un conjunto de declaraciones, preferencias y/o ejemplos que se necesitan para describir el aprendizaje deseado en los alumnos. Los objetivos siempre se refieren a un *resultado* a obtener en el alumno como consecuencia de la acción del proceso de enseñanza-aprendizaje. Esto último es de crucial importancia ya que en todo proceso educativo una vez formulados los objetivos, se hace posible la creación de actividades y procedimientos encaminados a alcanzar esos objetivos, finalizando con la evaluación del aprendizaje final adquirido por el alumno. Vemos aquí, que la evaluación esta íntimamente ligada a los objetivos, o lo que es más, no es posible hablar de evaluación de los resultados sin tener en claro a que objetivos estamos apuntando.

Por lo común, los objetivos que más interesan al docente al frente de una asignatura, son los denominados objetivos específicos o conductuales o comportamentales o concretos, que se hicieron muy populares en la década del sesenta luego de la publicación de Mager para la preparación de objetivos para la instrucción programada (Mager, R. F., 1962). En breve, podemos decir que estos

objetivos son los que muestran en sus enunciados, la conducta observable y evaluable (medible) que deben adquirir los alumnos una vez concluido su paso por la asignatura.

Estos objetivos deben describir lo que debe poder hacer el alumno en tres campos: cognoscitivo, afectivo y psicomotriz. El primero abarca las conductas que ponen en primer plano los procesos mentales del sujeto que aprende, las variables que debe manejar el docente al formular los objetivos referidos a este campo son: conocimiento, comprensión, aplicación, análisis, síntesis y evaluación. El campo afectivo abarca las variables relacionadas con actividades y emociones del sujeto: recepción, respuesta, valoración, organización y valores. En el campo psicomotriz encontraremos en primer plano las actividades neuromusculares y físicas, siendo las variables: frecuencia, energía y duración.

Además, para que el objetivo resulte bien formulado, debe tenerse en cuenta otros aspectos del proceso de aprendizaje, como ser: la enseñanza, la institución en ésta se imparte y los métodos de evaluación a utilizar.

Sin embargo, es necesario advertir, que si se planifica toda la instrucción en base a los objetivos conductuales en la forma aconsejada por Mager, se corre el riesgo de ignorar cuales son los conceptos centrales que deben aprenderse, su estructura jerárquica y cuales son las interrelaciones entre ellos, con lo que favoreceríamos el aprendizaje memorístico en perjuicio del significativo. En otras palabras estaríamos planificando la instrucción ignorando importantes aspectos del trabajo intelectual necesario para el aprendizaje significativo, que lógicamente deben ser abordados durante la planificación de la instrucción. Es por eso que en este modelo se asigna principal importancia a la organización y jerarquía de los conceptos, para luego, a partir de allí, elaborar los mencionados objetivos que, a pesar de los problemas citados resultan útiles al momento de elaborar las estrategias de evaluación, debido a que son más claros de interpretar por los estudiantes y pueden ser fácilmente convertidos en formatos de evaluación.

d) la evaluación : El tema de la evaluación, tanto de los estudiantes como del método instruccional, debe considerarse muy cuidadosamente, ya que debe disponerse de un modelo confiable para la detección de conceptos básicos, ideas previas, conocimientos luego de la instrucción, control del proceso y de logros alcanzados. Evidentemente no es fácil diseñar un modelo adecuado a todos estos fines, pero ya existen algunas pautas tendientes a su cumplimentación. Por ejemplo, en el caso que nos ocupa, es muy común, que las evaluaciones administradas a los estudiantes, solo se ocupen de verificar sus habilidades para la resolución de problemas, y en el mejor de los casos, se les pide la confección de algún informe de laboratorio (cuando se hacen trabajos de laboratorio, cosa que tampoco es tan frecuente como su importancia para las ciencias fácticas lo recomienda). Es obvio que esta forma de evaluar favorece el aprendizaje de mecanismos de resolución de los famosos "problemas tipo".

Hay gran cantidad de investigaciones educativas que muestran que estudiantes con buenos resultados en este tipo de evaluaciones, cuando son entrevistados con el objeto de comprobar si realmente entendieron los principales conceptos de la asignatura, demuestran graves falencias en el desarrollo de sus estructuras cognoscitivas.

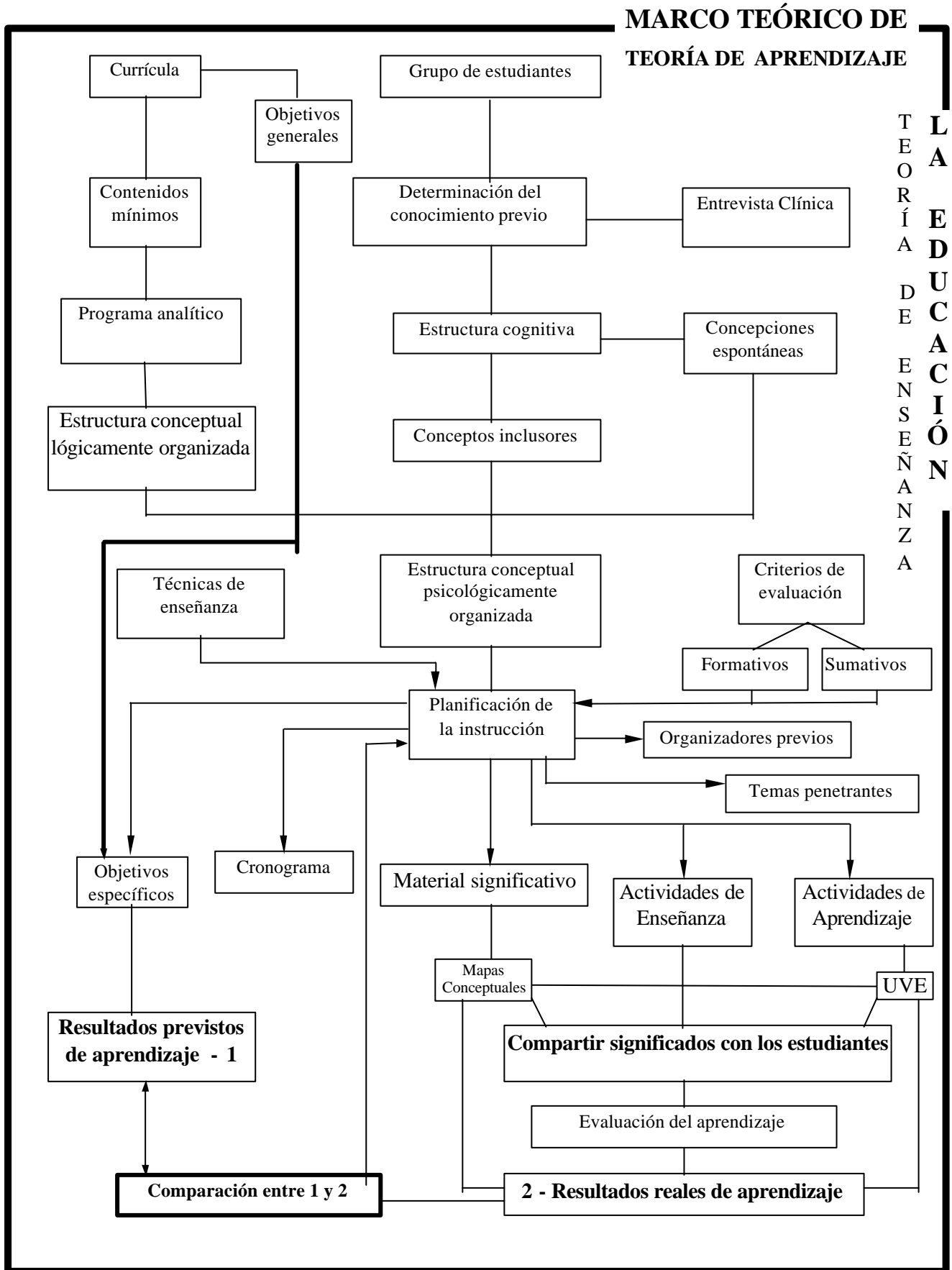


Figura 1 :Esquema que muestra las características del Modelo Instruccional basado en una teoría del aprendizaje y en experiencias de clase.

Es de destacar, que con lo antedicho, no queremos significar que la resolución de problemas en cursos de física introductoria no sea importante, al contrario, es cierto que permiten mostrar una amplia variedad de recursos intelectuales y otras habilidades de los estudiantes; pero también ocurre, y son muy frecuentes, como lo comprobamos durante los exámenes finales, que muchos estudiantes son capaces de "resolver" complicadísimos problemas de, por ejemplo, mecánica newtoniana, pero luego de ello, al preguntársele sobre los significados de los conceptos involucrados en tales problemas, por elementales que éstos sean, (trayectoria, desplazamiento, velocidad, rapidez, aceleración etc.) se observa que aparecen enormes dificultades para la explicación de cada uno de ellos. Esto, no es más que otra prueba de la gran capacidad de memorización de los estudiantes, que son capaces de dominar mecanismos que permiten resolver problemas tipo, sin haber realmente entendido el verdadero significado de lo que estaban haciendo.

En otras palabras, fueron obligados, por la insistencia de este tipo de evaluaciones, a aprender mecánicamente, sin reflexionar sobre el cuerpo conceptual de los conocimientos que se les está tratando de enseñar. Resulta entonces indispensable el rediseño de las estrategias de evaluación, en las cuales no deben faltar otros aspectos que hacen al conocimiento acabado de la asignatura, como lo es por ejemplo la inclusión de herramientas tales como los mapas conceptuales y/o la UVE de Gowin como parte de dichas estrategias (Novak J. D. & Gowin D. B., 1984, Moreira M.A., 1993 etc.).

Implementación del modelo

De acuerdo a lo expresado precedentemente, y desde la perspectiva del docente, el modelo aplicado tiende a lograr una "enseñanza constructivista" que en la práctica se puede caracterizar como sigue:

- * Usar el conocimiento previo de los estudiantes como guía para cada clase, antes de compartir con ellos los conceptos del docente. Prestar especial atención a las concepciones alternativas.
- * Estructurar el programa analítico de la asignatura en base a los conceptos centrales de la misma.
- * Guiar a los estudiantes para que elaboren sus propias teorías. Dando asimismo el tiempo necesario para que las elaboren y busquen relaciones significativas entre los conceptos centrales.
- * Usar las propias afirmaciones de conocimiento de los estudiantes para hallar las explicaciones a los objetos o eventos analizados
- * Proveer por parte del docente las situaciones y oportunidades necesarias para que los estudiantes comprueben la veracidad o no de sus teorías
- * Usar herramientas apropiadas de evaluación, principalmente que evalúen el aprendizaje significativo
- * Favorecer el trabajo grupal entre los estudiantes

* Solicitar a los alumno "trabajos especiales" como preparar una unidad y exponerla, ensayos etc.

* Durante el cursado enseñar a los alumnos a usar las ya mencionadas "herramientas metacognitivas" de aprendizaje, basadas en lo que se conoce acerca del conocimiento humano, o en otras palabras, en aprender a aprender.

Las actividades desarrolladas por los alumnos de acuerdo al modelo que aquí se propone se pueden resumir como sigue:

* Participar de la evaluación previa, (incluyendo la utilización de entrevistas clínicas y elaboración de mapas cognitivos) que se administra durante la primer semana de clases.

* Lectura comprensiva de las unidades asignadas, que incluye libros de texto y material especialmente preparado (notas de clase).

* Realización de mapas conceptuales durante el estudio, para favorecer los principios de la diferenciación progresiva y la reconciliación integradora.

* Asistencia a clases teóricas. De acuerdo a nuestro marco teórico, las clases a cargo del docente son efectivas siempre que se cumplan ciertas condiciones (Novak, 1977). Solo mencionamos al respecto la necesidad de que el docente se asegure que el alumno posea la estructura cognitiva adecuada para recibir el material potencialmente significativo que será presentado.

* Asistencia a clases de resolución de problemas, en las que se instruye a los alumnos en el uso de la "UVE de Gowin", aplicada a la resolución de problemas.

* Realización de experiencias e informes de trabajos de laboratorio. Dichos informes también son realizados utilizando la herramienta "UVE", en una forma similar, pero no idéntica al caso de la resolución de problemas.

* Realización de un trabajo de investigación, que incluye su exposición en una clase especial a la que asisten alumnos y docentes.

* Participar de las evaluaciones parciales (sumativas* o acumulativas). Estas evaluaciones permiten determinar como se va desarrollando la estructura de conocimientos del alumno. Por supuesto, los resultados de estas evaluaciones permiten al docente realizar las denominadas evaluaciones formativas, que le permitirán determinar hasta que punto se están logrando los propósitos del programa de instrucción que se está desarrollando.

* Rendir un examen integrador de conocimientos como instancia previa a la promoción de la asignatura, de acuerdo a las pautas de evaluaciones del aprendizaje significativo.

* Registrar todos sus trabajos durante el transcurso del cursado (soluciones a los problemas asignados, apuntes de clase, datos de laboratorio, etc.) en una carpeta, claramente legible tanto para él como para los docentes. Es obvio que la utilidad de este aspecto radica en la importancia de que un buen encabezamiento y comentarios breves y precisos, permiten al

* En inglés "summative". se suele traducir como "sumativa" aunque esta palabra no existe en el español. Por ello es más adecuado "acumulativa" o "aditiva"

alumno y a toda persona que lea el trabajo, la reconstrucción de todo lo realizado, sirviendo como auto control del aprendizaje y evaluación formativa por parte del docente.

* Presentaciones individuales : si bien se alienta el trabajo grupal, las carpetas de presentación de trabajos deben ser individuales, siendo cada alumno el responsable de conocer cada parte de su trabajo, de tener sus propios datos, como así también la fecha de realización y el nombre de sus compañeros de grupo, para evitar todo tipo de ambigüedades.

? Siendo la Física una materia en que la mayor parte del tiempo se emplea en desarrollar los conceptos ya aprendidos, las acciones didácticas deben estar fuertemente orientadas a que los estudiantes profundicen cada tema de las unidades asignadas, antes que estudiar superficialmente muchos temas, y a que traten de resolver *individualmente* problemas novedosos, fueran éstos asignados o no.

Entre las acciones didácticas podemos destacar: exposición de la introducción de cada tema; discusiones de conceptos y sus relaciones, orientadas por los docentes; discusiones acerca de los conceptos involucrados en los trabajos de Laboratorio, y en la resolución de problemas.

Puesto que nuestro marco teórico, enfatiza la relación entre el aprendizaje significativo y los hechos de la vida cotidiana, los trabajos de laboratorio son considerados una experiencia esencial del proceso de enseñanza-aprendizaje, de modo que los alumnos participaron activamente en ellos, presentando un completo informe del trabajo realizado, que en todos los casos incluya: teoría, principios y conceptos en los que se basa el trabajo, una explicación detallada de la experiencia tal como se llevó a cabo, resultados obtenidos, cálculos y transformaciones realizadas, afirmaciones de conocimiento y de valor, según corresponda, conclusiones y comentarios finales.

No se colocan límites estrictos para la finalización y entrega de los trabajos; no obstante, el curso debe estar estructurado para que todos los alumnos puedan avanzar de la misma forma (al mismo ritmo) con un esfuerzo de trabajo razonable.

Se aconseja a los alumnos presentar la carpeta, para su evaluación, a uno de los asistentes de la cátedra, al finalizar cada unidad. Esta evaluación dará al alumno la oportunidad de discutir su trabajo y formular todo tipo de preguntas al docente, quien a su vez puede determinar el nivel de entendimiento de conceptos alcanzado por el alumno, si es capaz de aplicarlos adecuadamente a la resolución de problemas, y ofrecer su ayuda, en caso de ser necesario.

Dado que la Física es una asignatura que acarrea grandes dificultades, se deberá poner especial énfasis en la motivación permanente de los alumnos, favoreciendo de este modo el aprendizaje significativo. Y, en la medida en que aprenda significativamente, el alumno está cada vez más motivado a continuar aprendiendo en esa forma. Un factor importante para poder lograr la motivación del alumno, es que el mismo docente esté motivado permanentemente por lo que enseña, de tal modo que transmita su entusiasmo.

Conclusión

Los resultados de este estudio, basados en las opiniones de los estudiantes y en los resultados de los análisis estadísticos de los tests implementados, pueden interpretarse como muy auspiciosos.

Con respecto a los logros finales reflejados en el post-test, debemos recalcar que no existe diferencia significativa en las notas finales, si bien el promedio general es mayor para el grupo experimental. Lo que sí habla a las claras de la buena eficiencia del modelo, es la gran diferencia en los tiempos de estudio empleados por los alumnos, diferencias estadísticamente significativas a favor del grupo experimental.

Finalmente, podemos decir que las dificultades que tienen los estudiantes con los cursos introductorios de Física, bien pueden deberse a deficiencias en los modelos instruccionales, y, por consiguiente, consideramos absolutamente imprescindible continuar profundizando en este tipo de estudios, basados en teorías de aprendizaje, y más importante aún, en lo que los estudiantes ya conocen.

Bibliografía

- AUSUBEL, D., NOVAK, J.D., and HANESIAN, H. (1978). *Educational Psychology, a cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and Wiston. 2nd Edition.
- AUSUBEL, D., NOVAK, J.D., and HANESIAN, H. (1983). *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas. 2a Edición.
- BLOOM, B.S. (1976) *Human characteristic and school learning*. New York: McGraw Hill.
- CRONBACH, L.J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of the Test *Psychometrika*, 16: 297-334.
- CHROBAK, R. (1992). *Learning how to teach Introductory Physics Courses* Master's Thesis (Cornell University, Ithaca, New York)
- CHROBAK, R. (1993). *Análisis de las opiniones de los estudiantes sobre la Enseñanza de Cursos Introductorios de Física* Actas del Primer Congreso Nacional sobre Problemática de la Enseñanza de la Física en Carreras de Ingeniería, Instancia Final, Paraná, Entre Ríos.
- CHROBAK, R. (1995) Uso de estrategias facilitadoras del aprendizaje significativo en los cursos de Física introductoria. *Revista de Enseñanza de la Física*. Editada por la Asociación de Profesores de Física de la Argentina (APFA) - Volumen 8 - N° 1 - pp. 7-21.
- CHROBAK, R., HERRERA, C. (1996). Experiencia piloto para el desarrollo de un nuevo modelo instruccional en prensa, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 18(2):122-136.
- GOWIN, D.B. (1981). *Educating*. Ithaca, New York: Cornell University Press.

- GLASERFELD, E von (1989). Cognition, construction of knowledge and teaching. *Synthese*, 80, 121-140.
- HESTENES, D., MALCOLM, W., and GREGG, S. (1992). Force Concept Inventory. *The Physics Teacher*, 30(March):141-166
- JOHNSON, M. Jr. (1967). Definitions and Models in Curriculum Theory. *Educational Theory*, 17(2):127-140.
- MAGER, R. F. (1962). *Preparing Objectives for Programmed Instruction*. San Francisco: Fearon.
- MOREIRA, M.A. (1977) *An Ausubelian Approach to Physics Instruction: An Experiment in an Introductory College Course in Electromagnetism*. PhD Thesis, N.Y., Ithaca: Cornell University.
- MOREIRA, M.A. (1983). *Uma abordagem Cognitivista ao Ensino da Física*, Porto Alegre: Editora da Universidade.
- MOREIRA, M.A. e BUCHWEITZ, B. (1993). *Novas estratégias de ensino e aprendizagem*. Lisboa: Gabinete Técnico de Plátano Editora.
- MOREIRA, M. A. e SILVEIRA, F.L. (1993). *Instrumento de Pesquisa em Ensino e Aprendizagem*. Porto Alegre: Edipucrs.
- NOVAK, J. D. (1977). *A Theory of Education*. Ithaca, N.Y.: Cornell University Press. En español: *Teoría y Práctica de la Educación*. (Madrid: Alianza Editorial, 1982)
- NOVAK, J.D. and GOWIN, D.B. (1986). *Learning How to Learn*. N.Y.: Cambridge University Press.
- NOVAK, J.D. and GOWIN, D.B. (1988). *Aprendiendo a aprender*. Barcelona: Martínez Roca.

Recibido en 12.07.96.

Revisión recibida en 26.06.97.

Aceptado en 01.08.97.