

Fundamentos de un modelo para la enseñanza práctica de la física*

Xiomara Arrieta

Centro de Estudios Matemáticos, Doctorado en Ciencias Humanas, Facultad de Humanidades y Educación, La Universidad del Zulia

Resumen

El modelo tradicional de enseñanza, unilateral, donde el docente es quien decide, organiza y evalúa los contenidos objeto de enseñanza y cuya finalidad sea sólo transmitir los contenidos ya elaborados de una determinada asignatura; donde el alumno es un ser pasivo, acrítico, limitándose a copiar lo que el docente escribe en la pizarra, sin ningún tipo de retroalimentación a la información dada por éste; constituye un paradigma de enseñanza con muchas deficiencias y anomalías, con significantes carentes de significados, que en muchos casos conllevan a aprendizajes memorísticos e irreflexivos.

En el presente trabajo se presentan algunos fundamentos de un modelo para la enseñanza práctica de la Física por descubrimiento dirigido con características constructivistas y constituye un avance del marco teórico de un proyecto de investigación que tiene por finalidad generar un modelo de prácticas que fomente el aprendizaje procedimental de la Física.

Palabras clave: Aprendizaje procedimental, enseñanza práctica, física, constructivismo, descubrimiento.

Recibido: 28-09-99 • Aceptado: 28-03-00

* Este trabajo forma parte del Proyecto de Investigación PPU Nº 0994-99 financiado por el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CONDES) y asesorado por la Dra. Migdalia Pineda.

Basis of a Model for the Practical Teaching of Physics

Abstract

The traditional one-way teaching model, where the teacher is the one to decide, organize and evaluate the contents of teaching, and which purpose is only the transmission of the ready-made contents of a determined subject. Here, the student is a passive and non-critic being who limits himself to write down whatever the teacher writes on the board, having no feedback on the information received. This establishes a very deficient and anomalous teaching paradigm with signifiers lacking significance which leads, in many cases, to mnemonic and thoughtless learning.

In the current research paper, some requirements of a model for the practical teaching of Physics through directed discovery are presented. They have constructivist characteristics and they constitute and advance of the theoretical framework of a research project which has as the main purpose to generate a practical to foment procedent learning of Physics.

Key words: Procedent learning, Practical teaching, Physics, Constructivism, Discovery.

Introducción

La enseñanza práctica de las ciencias experimentales, y en particular de la Física, se ha venido impartiendo, salvo ciertas excepciones, de manera unidireccional, en el sentido de que es el docente quien decide, organiza y prepara las guías de trabajo, da las explicaciones preliminares para que posteriormente los alumnos se limiten a realizar una serie de pasos, muchas veces mecánicos, que conducen en la mayoría de los casos a comprobar leyes establecidas. Gil y otros (1991) hacen un análisis crítico

de este estilo de prácticas de laboratorio, señalando el carácter de simple "receta manipulativa" de éstas, que no proporcionan a los alumnos la ocasión de emitir hipótesis, de concebir posibles diseños experimentales, de analizar críticamente los resultados, etc. Por otro lado, se evidencia en muchos casos, que el docente no promueve la retroalimentación en sus alumnos, para constatar si el mensaje transmitido ha surtido un efecto en ellos.

Con frecuencia, los programas de Ciencias siguen directrices de la tecnología educativa cuya principal

base teórica es la teoría conductista. Los contenidos declarativos y procedimentales se presentan en forma de objetivos numerosos muy específicos, que corresponden a fragmentos de conocimiento sin indicación de las relaciones que guardan entre sí. El docente se encuentra casi obligado a reducir su función a "pasar objetivos" en clases expositivas, con muy poca participación de los estudiantes y donde los trabajos prácticos se reducen a sencillas demostraciones (Pino, 1995).

Giordan (1985) expresa que la enseñanza de la ciencia es insatisfactoria; así lo atestiguan los numerosos proyectos de renovación, realizados tanto en Francia como en otros países. El espíritu científico es simplemente un buen deseo. Nuestros alumnos salen de educación media con una idea deformada y poco estimulante de la ciencia, tienen una imagen estereotipada, vaga. Almacenan en la memoria un cúmulo de hechos sin perspectiva, una serie de recetas y de fórmulas adquiridas por mecanismos repetitivos. Es hora de proclamar que la enseñanza de la ciencia no cumple la función que pretendía cumplir y que debería ser la suya. ¿Cómo se pretende formar el pensamiento científico con métodos repetitivos o imitativos donde se hace del alumno un simple ejecutor o un espectador, por no decir un simple creyente? ¿Cómo podemos pretender formar el pensamiento científico cuando los profesores de ciencias se contentan con repetir un conocimiento sin plantearse la más mínima pre-

gunta? Cada día aumenta el desfase entre la ciencia que se hace y la ciencia que se transmite.

Hodson (1994) señala que el trabajo de laboratorio ha sido periódicamente desacreditado y en ocasiones calificado como "una pérdida de tiempo" aún cuando se ha establecido en los programas educativos que la enseñanza de los alumnos en materias científicas se debe llevar a cabo principalmente con experimentos.

En las clases prácticas de física los estudiantes a menudo llevan a cabo actividades teniendo sólo una ligera idea de lo que están haciendo, sin apenas comprender el objetivo del experimento o las razones que han llevado a escoger tal o cuál práctica, y con escaso entendimiento de los conceptos subyacentes. Parece que están haciendo poco más que "seguir una receta". En algunos casos, estas actividades son una pérdida de tiempo; y lo más probable es que causen confusión y resulten contraproducentes (Moreira, 1980).

De las consideraciones anteriores se observa que con frecuencia las prácticas no juegan un papel relevante en el aprendizaje de ciencias del alumno; esto debería llevar a una revisión del desarrollo de éstas, apoyándose en las nuevas tendencias sobre aprendizaje de contenidos procedimentales y declarativos.

Se pretende generar un modelo de enseñanza práctica que conjugue una serie de fundamentos, como la comunicación y el lenguaje a ser utilizados, los conocimientos previos y los intereses de los alumnos, las es-

trategias de actuación, entre otros, que interrelacionados adecuadamente, promuevan en los educandos un aprendizaje de contenidos procedimentales y su interrelación con los contenidos declarativos, que de cabida a la reflexión, al análisis, al descubrimiento, ya que "una práctica de laboratorio que pretenda aproximarse a una investigación ha de dejar de ser un trabajo exclusivamente experimental e integrar muchos otros aspectos de la actividad científica igualmente esenciales" (Gil y Valdés, 1996).

La metodología utilizada en la presente investigación es del tipo documental, basada en el análisis de datos obtenidos de diferentes fuentes de información.

El modelo tradicional

En la actualidad, la enseñanza práctica de la Física ha seguido y sigue predominantemente un modelo tradicional que se encuentra organizado siguiendo una estructura específica (Arrieta, 1999a, 1999b), en el cual se consideran los siguientes aspectos: el número de práctica a realizar, nombre de dicha práctica, objetivos que se pretenden alcanzar, los materiales a utilizar, la teoría que deben leer los alumnos antes de realizar la misma, aunque no la hayan visto antes, el procedimiento a seguir y algunas actividades propuestas para realizar posteriormente.

En este modelo, después de realizada la actividad, es frecuente exigir

a los alumnos un informe que debe estar estructurado de la siguiente manera:

- 1) Carátula, donde se especifique datos de la institución, número del informe, nombre del experimento, fecha en que se realizó el experimento, nombre de los integrantes del equipo,
- 2) Objetivos del experimento,
- 3) Material utilizado,
- 4) Basamento teórico o teoría correspondiente a la práctica realizada,
- 5) Procedimiento o resumen, donde se describen los pasos seguidos y su relación con la teoría a aplicar,
- 6) Hoja de datos ubicadas sobre cuadros,
- 7) Cálculos, incluyendo errores, despejes, reemplazo de fórmulas,
- 8) Gráficos en papel especial,
- 9) Conclusiones donde se hará el análisis de los resultados obtenidos,
- 10) Bibliografía utilizada, todo esto llevando una secuencia ordenada.

Este modelo, tan difundido como criticado por un buen número de autores, (Moreira, 1980; Payá, 1990; Gil y otros, 1991, Hodson, 1994; Marín, 1997) es el que se pretende revisar y contrastar con uno estructurado por estrategias de descubrimiento dirigido, y fundamentado en una visión constructivista piagetiana y neopiagetiana del aprendizaje.

Estos autores plantean las carencias que tienen las prácticas habituales y la visión deformada con que se trasmite, donde se evidencia la escasa familiarización de los alumnos con aspectos básicos de la metodología científica; el desarrollo mecánico de este tipo de prácticas lleva usualmente a unos resultados decepcionantes

ya que se constata que el aprendizaje es nimio.

Muchos estudiantes, al realizar este tipo de actividad asumen alguna de las siguientes posiciones: adoptar un "enfoque de receta", siguiendo, simplemente las instrucciones paso a paso; concentrarse en un único aspecto del experimento, con la virtual exclusión del resto; mostrar un comportamiento aleatorio que les hace "estar muy ocupados sin tener nada que hacer"; mirar a su alrededor para copiar lo que están haciendo los demás; convertirse en "ayudantes" de un grupo organizado y dirigido por otros compañeros (Hodson, 1994).

Se ha podido evidenciar, en muchos casos, que el docente se limita a indicarle a los alumnos la práctica que realizarán, sin establecer ni permitir una interacción comunicativa entre él y sus alumnos y, por lo tanto, sin considerar los conocimientos previos que éstos traen y mucho menos sus necesidades e intereses. Finalizada la actividad se les pide a los alumnos que dejen sus resultados anotados en una hoja de papel, sin ningún tipo de comentarios y reflexión para determinar si los objetivos propuestos fueron logrados.

La intención no es rechazar la componente experimental que representan las prácticas en la enseñanza de la Ciencia, ya que de alguna manera promueve la inquietud de los alumnos hacia el trabajo experimental y en ciertos casos, dependiendo de la dinámica utilizada por el profesor, puede producir resultados favorables. Peor si-

tuación es aquella en la que los docentes no realizan ningún tipo de actividad práctica aduciendo un sin número de excusas... no hay materiales de laboratorio, los que existen están dañados, el ambiente no es adecuado para dictarlas, existen materiales pero las prácticas no están diseñadas o no saben utilizar los equipos, entre otras, todo esto aunado a la apatía y falta de interés de los alumnos, así como a las dificultades de aprendizaje de los contenidos procedimentales que éstos deben adquirir. Lo importante es que, profesores y alumnos deben tener claro que esta actividad práctica es la base del desarrollo tecnológico de un país.

Un nuevo modelo

Ante las limitaciones del modelo tradicional expuesto anteriormente, en este artículo se expone una serie de fundamentos en los cuales se debería apoyar un modelo de prácticas por descubrimiento dirigido, que fomente la interrelación entre los contenidos declarativos y procedimentales que deben adquirir los alumnos:

1) La comunicación y el lenguaje en la enseñanza

Existe un sin fin de definiciones de lo que significa la comunicación, desde la humana (cara a cara, colectiva, masiva, sensorial), la artificial, animal, etc. hasta las diferentes intenciones de ésta, transmitir, entender, compartir, influir.

Colina (1996) establece que la comunicación humana es un proceso complejo, donde existe una impresionante cantidad de opiniones que se entrecruzan, se distancian, se contradicen y se enfrentan, en el que aparecen las voces de sociólogos, psicólogos, cibernéticos, biólogos, orgánicos, mecanicistas, cada una deslindando parcelas que hacen ausente lo global.

Para Sfez (1995), abundan las definiciones de comunicación: Comunicación entre el hombre y la naturaleza (biotecnología), entre los hombres en sociedad (audiovisual y publicidad), entre un hombre y su doble (inteligencia artificial), comunicación que predica convivencia o incluso la relación de amistad con la computadora. Nunca se ha hablado tanto de la comunicación como en una sociedad que no sabe comunicarse con ella misma, cuya cohesión está cuestionada, cuyos valores se descomponen, cuyos símbolos demasiado usados ya no logran unificarse.

Conociendo algunas de las diversas opiniones con relación a la comunicación, nos preguntamos, ¿Qué papel tiene la comunicación en un evento tan importante como lo es el acto educativo?

La acción educativa no es sólo la información de conocimientos específicos de alguna asignatura (mensaje), de manera unilateral por parte del docente (emisor) hacia sus alumnos (receptor), debe haber una respuesta de éstos últimos, un mensaje de retorno (retroalimentación) para que se dé realmente una comunicación que

conlleve a la consolidación del proceso enseñanza-aprendizaje.

Un intento por dar una definición de comunicación, desde un punto de vista didáctico, sería: el proceso donde se transmiten conocimientos con la esperanza alentadora de que será retroalimentado; es un compartir de opiniones, ideas, sentimientos; es comprender actitudes y posiciones, es sentir la satisfacción de que lo que se está informando está llegando al estudiante ... sin ruidos... sin perturbaciones, sin cejas entrecruzadas, sin caras desalentadas o de fastidio, es estar (usando un término físico) a la misma frecuencia, en fase con los alumnos.

La comunicación didáctica (Escudero, 1977), es una forma particular del proceso de la comunicación, que se realiza entre el profesor y el alumno la cual puede efectuarse cara a cara, mediante un texto o usando como vehículos a los medios audiovisuales.

La importancia creciente de la comunicación y de sus medios, así como de su incidencia en el ámbito educativo, obliga a considerar la necesidad de establecer una especialidad de estudios que puede denominarse Pedagogía de la comunicación, es decir, un conjunto de estudios con aplicación a los diferentes campos educativos, desde el aula a la familia, a las profesiones, a los centros culturales y recreativos, a los servicios sociales, a los grupos de esparcimiento y agencias de divulgación, a la formación ecológica y ambiental, a los animadores de la expre-

sividad y, en definitiva, a los medios técnicos de comunicación. Comunicación y enseñanza son parte de una misma realidad. Una realidad que supone la inclusión del concepto de enseñanza en el más amplio de comunicación. En otras palabras, enseñar siempre es comunicar. Pero no siempre la comunicación es enseñanza (Rodríguez, 1988).

Medina (1992) plantea que en la medida en que la enseñanza-aprendizaje, sea un fenómeno de comunicación, se debe estudiar este proceso para comprenderlo y gobernarlo.

Para Heinemann (1980), los procesos de transmisión y aprendizaje son primordialmente procesos de comunicación. La relación entre comunicación y enseñanza es doble: de una parte, la enseñanza en un proceso comunicativo y, de otra, es una función de la enseñanza el transmitir facultades comunicativas.

Considerando estos aspectos, y teniendo en cuenta la relación docente - alumno, que es en sí una relación de comunicación, se hace necesario que el docente conozca los elementos fundamentales de la teoría de la comunicación (emisor, receptor, mensaje, canal o medio, retroalimentación, interferencia o ruido, campo de experiencia del emisor y del receptor, medios audiovisuales, nuevas tecnologías de la información, etc.) para poner de manifiesto la gran importancia que tienen estos elementos en la comunicación de la enseñanza- aprendizaje de algún contenido específico, ya sea conceptual, procedimental o actitudinal; además

debe considerar los procesos comunicativos que se desarrollan entre los mismos alumnos, sobre todo en las actividades prácticas, propiciando dinámicas grupales que favorezcan la motivación y el interés.

El docente se comunica con sus alumnos en el aula por medio de palabras, por lo que se hace necesario el desarrollo de un lenguaje cognitivo que sea utilizado como herramienta para promover el aprendizaje en el estudiante. Teniendo presente que el lenguaje se adquiere en la comunicación y en el diálogo con los demás y si se quiere que los alumnos manejen el lenguaje técnico de la Física, éste se debe usar de manera natural. Es común en el argot cotidiano, y aún en los salones de clase, escuchar expresiones tales como: bicho, cosa, perol, en vez de, instrumento, dispositivo, equipo. El lenguaje técnico de la Física debe ser universal, como el de cualquier otra ciencia, debe ser claro y preciso, y muchas veces no se corresponde con el lenguaje cotidiano.

El uso de términos científicos, como trabajo, fuerza y energía, en el lenguaje ordinario tiene significados diferentes y ambiguos. Por ejemplo, en el hogar y en los medios de comunicación se insiste en la necesidad de no gastar energía, de ahorrarla, mientras que en las clases de Física se explica que la energía se conserva. También nos encontramos que términos como energía eléctrica, corriente, electricidad, potencia, suelen ser considerados habitualmente como sinónimos, por que los adquirimos mucho antes de que se introduz-

can en la educación formal y su uso dentro del lenguaje ordinario no permite llegar a diferenciarlos (Solbes y otros, 1997).

La lengua se encuentra estructurada en términos de signos lingüísticos, entendiéndose éstos como el total resultante de la asociación de un significante (imagen acústica) y de un significado (concepto). Este sistema de signos y símbolos permite a una persona comunicarse con otras y la hace partícipe en el proceso de interacción social y de transmisión de una cultura.

Para Marín (1997), desde un punto de vista formal, en la mayoría de los contenidos de ciencias se pueden distinguir dos componentes: - el significante, que puede identificarse como la descripción estrictamente verbal o escrita del contenido, y cuya asimilación requiere la utilización exclusiva de procesos nemotécnicos, p.e. "la velocidad es igual al espacio dividido por el tiempo" es un mero significante que puede ser aprendido si repetimos la frase un buen número de veces. La importancia de considerar en la enseñanza el significante reside en que permite el ordenamiento e interrelación interna de conocimientos, así como su comunicación externa; - el significado, que por estar ligado a las interacciones del sujeto con su medio natural y social y, por tanto, a su experiencia acumulada ante una gran diversidad de situaciones físicas, se encuentra formando parte de la matriz de transformaciones de la estructura cognoscitiva. Su adquisición es más laboriosa y re-

quiere una mayor atención en el proceso de aprendizaje.

La importancia del significado de un contenido es de mayor peso que la del significante, en tanto que una vez adquiridos por algún esquema del alumno, permite mejorar sus respuestas frente a problemas que le plantea el medio y transferir sus conocimientos a nuevas situaciones. Este es uno de los principales obstáculos que se debe enfrentar en el nuevo modelo de enseñanza, ya que se evidencia que los educandos, aún los mejores, han acumulado significantes, pero carentes de significado, lo cual le impide hacer la transferencia señalada anteriormente. Es imprescindible que el docente utilice un lenguaje técnico y lo haga conocer a sus alumnos, ya que si éstos no conocen los signos utilizados por él, harán una representación fenoménica de una situación, muy distinta, con significantes muy diferentes, a los que trata de explicar.

2) Aspectos de filosofía, epistemología e historia de la ciencia.

Siendo la filosofía y la epistemología de la ciencia las que se ocupan de estudiar cómo se desarrollan, evalúan y cambian las teorías científicas y del conocimiento, y de cómo estas pueden ser consideradas como intento de comprender lo no conocido en términos de lo conocido, es indispensable para todo docente no estar ajeno a los aportes que nos ofrecen estas disciplinas para un mejor desa-

rrollo de la acción docente manteniendo la conexión entre la que administra y los fundamentos filosóficos y epistemológicos de ella.

La Física, al igual que otras ciencias no es una disciplina estática, sus teorías científicas han cambiando y seguirán cambiando con el devenir de los años.

Así, la enseñanza de esta ciencia basada, en metodologías y conocimientos de validez universal, mantiene una confrontación, desde el punto de vista epistemológico, con la concepción de ciencia, con conocimientos y teorías cambiantes... una teoría científica considerada "cierta" hoy, puede ser cuestionada en cualquier momento, y dejar de tener validez.

La historia de la ciencia muestra que la utilización de la metodología científica permite desarrollar conocimientos que explican y prevén satisfactoriamente un número extenso de fenómenos físico-naturales (Bunge, 1981).

Parece lógico pensar que una enseñanza de las Ciencias que se haga eco de la actividad científica, permitiría al alumno obtener resultados académicos importantes, al igual que lo obtienen los científicos y estos resultados deberían mejorar en la medida que los diseños de enseñanza se hagan más sensibles a posturas epistemológicas más acertadas para interpretar la producción científica. Esta vía didáctica posibilita al alumno la adquisición de conocimientos y procedimientos de forma interrelaciona-

da, así como aplicarlos fuera del contexto de enseñanza en el que lo aprendió (Marín, 1997).

La historia de la física juega un papel muy importante en la enseñanza de la misma. No se trata de encontrar la historia de los temas tratados porque el desarrollo de las ciencias es un proceso extraordinariamente complejo. Se trata, más bien de extraer de los obstáculos y resistencias históricas información de las dificultades de los estudiantes (Solbes y otros, 1997).

Las carencias y deficiencias epistemológicas de las estrategias de transmisión verbal empleadas en la enseñanza habitual de algunos conceptos de física han sido investigadas por Furió y Guisasola (1997), así como Gil (1993) ha realizado investigaciones sobre las contribuciones de la historia y la filosofía de la ciencia a un modelo de enseñanza-aprendizaje.

Manterola (1998) defiende la idea según la cual es imposible mejorar la enseñanza si no existe un enriquecimiento del pensamiento epistemológico. Si se concibe el conocimiento científico bajo una visión empirista y ateorica, rígida, aproblemática y ahistórica, acumulativa y lineal, individualista, descontextualizada, inductivista, verdadera y objetiva, entonces la enseñanza será transmisiva, no promoverá la discusión, llevará a aceptar el conocimiento científico como indiscutible y, habrá que memorizarlo porque es la verdad, demostrada por los científicos objetivos.

3) Conocimiento previo de los alumnos y estrategias de actuación

En las últimas décadas se ha insistido, en el dominio de la didáctica de las ciencias, a una progresiva convergencia para desarrollar el trabajo educativo y de investigación bajo la concepción constructivista del aprendizaje. Desde este punto de vista, los alumnos construyen los nuevos conocimientos a partir de sus ideas o concepciones previas, de forma que la enseñanza de la ciencia consistiría fundamentalmente en promover el cambio de dichas ideas con el fin de acercarlas progresivamente al entramado conceptual académicamente aceptado. Parece existir un acuerdo generalizado alrededor de la idea de que, para conseguir una asimilación (en un contexto piagetiano) de un contenido de enseñanza concreto, es necesario presentar una estrategia didáctica donde se tenga en cuenta lo que el alumno sabe sobre dicho contenido a enseñar (Marín, Jiménez y Benarroch, 1997).

Esta línea de investigación en la didáctica de las ciencias experimentales ha sido muy fructífera, tanto por la importancia que tiene para comprender la forma en la que se realiza el aprendizaje como por su aplicación inmediata en las clases. Se trata de analizar cuales son las ideas que utilizan los alumnos para la interpretación de diversos fenómenos antes de recibir enseñanza en la que aprendan la explicación científica. Estas ideas anteriores a la enseñanza tie-

nen una gran relación con los errores conceptuales cometidos por estudiantes de cualquier nivel, en un área cualquiera de la ciencia, a pesar de que hayan recibido enseñanza formal sobre el tema a lo largo de varios años (Hierrezuelo y Montero, 1991).

Sin embargo, es importante hacer notar que existe abundante bibliografía acerca de preconcepciones (o ideas previas) en ciencias, pero no es así en lo referente a procedimientos, aunque se reconozca su importancia (Amat y otros, 1997). Posiblemente la escasa dedicación para enseñar al alumnado a observar, a medir, a controlar variables, a diseñar experiencias, a realizar predicciones, justifique que muchos docentes no se hayan planteado la importancia de los contenidos procedimentales y su interrelación con los conceptuales (Pro, 1997).

Es difícil aprender un solo tipo de contenidos aisladamente, o por lo menos es de poca utilidad. Aprendemos el concepto de ascensor, al mismo tiempo que a utilizarlo y le concedemos el "valor" de ahorrarnos un esfuerzo de subir escaleras o el "respeto" de que puede pararse entre dos pisos. Si aprendemos así, parece lógico que la enseñanza se diseñe y realice de una forma acorde. Para conseguirlo es determinante la estrategia metodológica utilizada, la forma de dirigir la actividad del alumno, la presentación de las tareas, así como el clima de aula. Todo ello es más fácil de conseguir si se seleccionan ya relacionados los tres tipos de contenidos, conceptuales, procedimenta-

les y actitudinales (Carnicer y otros, 1997).

Pero, ¿cómo obtener información de lo que el alumno ya sabe del contenido a enseñar y cómo propiciar una asimilación de contenidos, tanto conceptuales como procedimentales y actitudinales?

La respuesta, quizá no es fácil de responder, ya que depende de muchos factores: de la asignatura, del tema a enseñar, de la homogeneidad del grupo, de la motivación e intereses de los alumnos, de las estrategias utilizadas por el mediador, entre otros; lo que sí es cierto que no debe haber una receta única, simplista, para resolver el problema.

Puesto que es importante conocer el campo de experiencia del receptor para que la comunicación sea más eficaz, se intenta delimitar las capacidades y limitaciones que traen los alumnos al inicio de la actividad práctica a realizar en el laboratorio de Física, a fin de diseñar estrategias específicas sobre los distintos procedimientos utilizados en el laboratorio (medir, clasificar, comprobar leyes, inferir relaciones, controlar variables, formular hipótesis, realizar diseños experimentales, entre otras.) adecuadas para potenciar las deficiencias localizadas en sus habilidades.

Además de los conocimientos específicos sobre los hechos, leyes y conceptos que son necesarios para el buen desarrollo de las prácticas de Física, el docente puede tomar del alumno otra información útil para el desarrollo de la enseñanza práctica, como son:

- Destrezas intelectivas relacionadas con el manejo directo de datos: observación, medición, clasificación, seriación, correspondencias, etc.
- Destrezas intelectivas relacionadas con estrategias hipotético-deductivas: definición de problemas, formalización de variables relevantes del problema, formulación de hipótesis, control de variables, estrategias de verificación experimental, etc.
- Destrezas para realizar inferencias inductivas e hipotético-deductivas.
- Destrezas manipulativas ligadas a los diseños experimentales: manejo de materiales e instrumentos, montaje de experiencias, manipulación adecuada de los elementos que integran una experiencia, etc.

Por tanto, se deben desarrollar estrategias de actuación en las actividades prácticas de Física que permitan desarrollar estas habilidades, ya que para aprender una ciencia, es necesario hacer ciencia, y experimentar ésta como un acto de investigación.

No se trata de que el trabajo práctico sea necesario para que los alumnos adquieran ciertas técnicas de laboratorio, sino de que estas habilidades particulares son necesarias si se quiere que los estudiantes participen con éxito en el trabajo práctico. De esto se desprenden dos puntos: se debería enseñar solo aquellas destrezas que resulten útiles para la enseñanza posterior y, cuando éste fuera el caso, se debería asegurar que esas habilidades sean desarrolladas

a un nivel de competencia satisfactorio. Cuando la buena realización de un experimento exija una habilidad que los alumnos no van a volver a necesitar, o niveles de competencia que no puede alcanzar rápidamente, se deben encontrar procedimientos alternativos, tales como el premontaje de aparatos, la demostración del profesor o la simulación con ordenador; esto con la intención de ser más críticos sobre cuáles han de ser las habilidades que se enseñen, a favor de dejar claro a los estudiantes que algunas técnicas de laboratorio permiten realizar otras actividades de aprendizaje útiles, a favor de asegurarse de que la carencia de determinadas habilidades no constituye una barrera adicional para el aprendizaje (Hodson, 1994).

Es importante hacer notar que aunque los contenidos procedimentales no son nuevos en la enseñanza, casi siempre se han supeditado a los conceptuales. Esto ha provocado muchas veces que su aprendizaje haya sido anecdótico, poco intencionado y descontextualizado pero, sobre todo, que se hayan desaprovechado otros valores formativos que podían haber aportado. Además el estudiante no aprende "por partes"; cuando trabaja los procedimientos o las actitudes no puede desligarlos completamente de los conceptos implicados y viceversa, de forma que, consciente o no, los incluye en un único contexto (Pro, 1995).

Un aspecto metodológico a considerar dentro de la teoría constructivista, es aplicar en el modelo de en-

señanza una didáctica centrada en procesos; ésta es una modalidad instruccional que combina el desarrollo de los contenidos curriculares con el entrenamiento de los procesos cognoscitivos y afectivos del estudiante. Es decir, en esta modalidad instruccional, los contenidos a la vez que cumplen un fin impuesto por el currículum, son también utilizados por el docente con el propósito deliberado de desarrollar los procesos internos de los alumnos.

En la didáctica centradas en procesos a diferencia del enfoque tradicional, el docente no sólo presta atención al contenido del objetivo, sino también al proceso implicado en el mismo. En este caso se hace énfasis en discutir el proceso de análisis, entre otros. Tal enfoque, obviamente, se refleja tanto en la selección de los medios para lograr el objetivo, como en la manera de evaluarlo; es decir, atendiendo tanto al contenido del objetivo como al nivel de dominio de los procesos involucrados (Heller y otros, 1990).

Algunas de las estrategias instruccionales aplicables al modelo de la didáctica centrada en procesos, se mencionan a continuación:

- Los mapas conceptuales o representaciones esquemáticas jerarquizadas, donde se puede evidenciar, a grandes rasgos, los conocimientos previos del alumno. Puede resultar muy útil a la hora de comenzar una unidad, digamos, corriente eléctrica. Este tipo de estrategia puede resultar provechoso, considerando las vivencias coti-

dianas que tienen los alumnos en sus hogares.

- La lluvia de ideas, es otra estrategia que nos puede resultar útil, cuando se piensa que el tema no es conocido por todos los alumnos. Por ejemplo, si se sabe que en el grupo hay alumnos que conocen de mecánica automotriz, se les puede pedir información acerca de las características y utilidad del aceite de motor y el aceite del hidromático, las opiniones que den pueden resultar enriquecedora para los demás (estudio de fluidos).
- La representación de roles nos resultaría conveniente, por ejemplo si se van a estudiar los modelos atómicos; se escoge un grupo de alumnos para que representen a Thomson, Rutherford, Bohr, Heissenberg. Cada uno tiene que conocer muy bien su modelo de manera que sea convincente a la hora de exponerlo al resto de los compañeros. Resulta una clase muy amena.
- La dramatización, puede resultar adecuada en aquellos temas donde la historia señale disputa entre investigadores, situaciones conflictivas o enigmáticas, por ejemplo, se puede dramatizar la paradoja de los gemelos, que se señala en la mecánica relativista.
- La presentación de situaciones problemáticas abiertas permite a los alumnos tomar decisiones

para precisarlas y entrenarse en la transformación de situaciones problemáticas abiertas en problemas precisos. Por ejemplo discutir el posible interés que tiene el estudio de la radiación solar, para tratar de precisar el fenómeno de radiación.

- Diseño de actividades prácticas (experimentos) para contrastar hipótesis formuladas durante el planteamiento de situación de una problemática.
- Propiciar situaciones motivadoras, que se puede llevar a cabo mencionando un tema de interés de la actualidad y luego relacionando con el tópico que se va a enseñar. Por ejemplo, si se menciona la elevada temperatura alcanzada en Maracaibo en los últimos días, se puede relacionar con el estudio de formas de propagación del calor. También se puede llevar a cabo con un recorte de periódico, revista o tira cómica.
- La técnica de la pregunta y manejo de la respuesta, la más conocida, pero igualmente útil, que bien orientada, puede ser aplicada en todos los casos.

Como se observa, existen diversas estrategias para propiciar un aprendizaje en los alumnos. Claro está, se presentan inconvenientes como, lo extenso del contenido programático, el tiempo asignado a éste, la actitud cómoda de algunos docentes, el desgano de algunos

alumnos, entre otras cosas, que mantienen la educación con graves deficiencias.

4) La epistemología genética de Piaget

Piaget (1977, 1978) define la inteligencia como una forma de adaptación biológica que tiende al equilibrio y en la que el sujeto participa de forma activa. A través del desarrollo, el sujeto organiza y reorganiza estructuras cognitivas (esquemas) de tal forma que las nuevas superan e integran a las anteriores, siendo cada vez más complejas.

En mucha de sus obras, Piaget se dedicó a conocer los mecanismos internos del sujeto para explicar los diversos fenómenos físicos, estudiando las respuestas de los niños frente a determinadas situaciones físicas.

Según Piaget (1979) el pensamiento físico plantea a la epistemología genética un problema esencial del desarrollo. La renovación prodigiosa de los conceptos provocada por el estudio de los fenómenos en escalas grandes y pequeñas (desde la teoría de la relatividad hasta la microfísica contemporánea) plantea una serie de interrogantes psicogenéticos del mayor interés. El principal es el de las relaciones entre el conocimiento y la acción efectiva, ejercida por el experimentador sobre la realidad.

Las propuestas didácticas que se deducen de su teoría, enfatizan el desarrollo de los esquemas cognoscitivos del alumno, señalando las condi-

ciones para diseñar una enseñanza que lleve a éstos a utilizar los contenidos académicos como esquema asimiladores semejantes a los que se derivan de su interacción con el medio, por lo que la transferencia de conocimiento podría garantizarse; así, la teoría de Piaget ofrece las atenciones más adecuadas para acercarse al alumno evitando riesgos y distorsiones (Marín, 1997).

Shayer y Adey (citados por Marín, pp. 79) siguieron el modelo piagetiano del desarrollo cognoscitivo y desarrollaron estrategias de enseñanza dirigidas a aumentar la metacognición y el nivel cognoscitivo de los alumnos. Un análisis de los efectos tres años después de su aplicación manifestó un aumento en el rendimiento académico y, a la vez, se comprobó que los aprendizajes eran permanentes.

A pesar de las críticas realizadas a la epistemología genética de Piaget, ésta continúa siendo una fuente valiosa para un gran número de trabajos en el área de la Didáctica de las Ciencias Experimentales, y ha dado pautas a autores a proponer nuevos enfoques que mejoran y reformulan sus teorías.

Carretero (1983) señala que la concepción piagetiana ha ejercido una influencia enormemente fructífera en el dominio de la Psicología Evolutiva, entre otras razones, porque ha generado posiciones que más que falsarla lo que han tratado es de ampliarla y precisarla, incluyendo en ella nuevos constructos, procedimientos más precisos de análisis de tareas y

aspectos totalmente ignorados hasta la fecha, como es el estudio de las diferencias individuales.

5) Los intereses de los alumnos

La motivación, las necesidades y los incentivos son de suma importancia para comprender la conducta de los individuos, y por ende para el entendimiento del ¿por qué? y ¿cómo? éstos aprenden. Si se acepta que el aprendizaje involucra un cambio de conducta, se debe tener claro que la primera condición para que una conducta se modifique, es la necesidad, bien sea innata o aprendida, porque es la chispa que induce a un individuo a esforzarse por lograr un objetivo. Por tanto, se debe diseñar actividades que propicien la motivación al logro de los alumnos, que éstos disfruten de la actividad que realizan, al mismo tiempo que adquieren un conocimiento específico..

Según estudios realizados por C.R. Snyder y M.Seligman, citados por Goleman (1996) la esperanza y el optimismo predicen el éxito académico. Los alumnos que abrigan mucho esperanza se fijan metas más elevadas y saben cómo trabajar arduamente para alcanzarlas. Cuando se comparan los logros académicos de los alumnos que poseen aptitudes intelectuales equivalente, lo que los distingue es la esperanza ... tener la voluntad para alcanzar los objetivos propuestos. Ser optimista significa tener grandes expectativas de que,

en general, las cosas saldrán bien en la vida a pesar de los contratiempos y las frustraciones; es decir, es el gran motivador.

No se debe de adoctrinar a los alumnos en la ciencia sino de ayudarles a construir una ciencia correspondiente a sus necesidades y a sus intereses. Los métodos tradicionales se basan sobre un sistema repetitivo e imitativo; no se convence, sino que se impone un saber exterior a la experiencia, a las motivaciones y a las representaciones del alumno. Este concibe sólo las cosas que es capaz de hacer por sí mismo o de las que puede elaborar una representación (Giordan, 1985).

Argumentaciones

Los argumentos que apoyan los fundamentos expuestos anteriormente son las siguientes:

- Existe un consenso en afirmar que cualquier tipo de comunicación tiene una notable influencia en el éxito y efectividad de la enseñanza de cualquier ciencia y, puesto que la enseñanza es una comunicación permanente, está condicionada fundamentalmente por reglas y normativas comunicativas (Watzlawick y otros, 1973; Escudero, 1977; Heinemann, 1980; Páez, 1985, Rodríguez, 1988; Escalona y Luque, 1997). Siendo el lenguaje el medio de comunicación entre los hombres, su importancia es vital en el acto educativo, debiéndose atender los usos verbales y no

- verbales que se utilizan en situaciones concretas, así como el uso apropiado de términos científicos, que contribuyan a interiorizar contenidos con un alto porcentaje de significados (Marín, 1997; Solbes y otros, 1997; Ministerio de Educación, 1998).
- Diversas investigaciones reflejan el papel que juega la filosofía, epistemología e historia de la ciencia en aspectos relacionados con su enseñanza-aprendizaje, que permiten establecer las características fundamentales de la naturaleza de la ciencia y el trabajo científico, y que conducen a detectar la visión distorsionada que se da en la enseñanza habitual (Bunge, 1981; Gil, 1993; Furió y Guisasola, 1993 y 1997; Solbes y otros, 1997; Marín, 1997; Manterola, 1998).
 - Lo que da sentido a la enseñanza es su orientación al logro de aprendizajes que debe adquirir el alumno, pero éstos no llegan al salón de clase como una hoja en blanco; de ahí que un gran número de investigaciones en el campo de la didáctica de las ciencias giren sobre las ideas que los alumnos poseen sobre los contenidos a enseñar (ya sean conceptuales, procedimentales o actitudinales), desarrollados primordialmente desde una perspectiva constructivista y usando estrategias de actuación aplicables a este modelo (Heller y otros, 1990; Hierrezuelo y Montero, 1991; Pozo y otros, 1992; Hodson, 1994; Pro, 1995; Marín, 1997; Marín y otros, 1997; Amat y otros, 1997; Pro, 1997; Carnicer y otros, 1997; Manterola, 1998).
 - Diversos autores consideran que la Epistemología Genética de Piaget es el contexto teórico que brinda mejor apoyo al estudio del aprendizaje experimental, ya que ha estudiado con gran extensión y profundidad el pensamiento individual y ha permitido especificar y desarrollar los modos de interacción más efectivos para una toma de datos significativos entre las situaciones físicas y los alumnos; por lo que contiene multitud de claves para crear unas condiciones de aprendizaje adecuadas. Muchos experimentos piagetianos dan pautas para un buen desarrollo de estrategias didácticas (Carretero, 1983; Pozo y otros, 1991; Shayer y Adey, 1992 y 1993 -citados por Marín, 1997-; Marín, 1997).
 - Es claro que si un estudiante no está motivado en el proceso de enseñanza, difícilmente logre el aprendizaje. Distintas teorías psicológicas concuerdan en afirmar que la motivación es la causa por la que un individuo realiza una acción determinada, siendo una de éstas, desde el punto de vista físico, la curiosidad y necesidad de comprender el mundo circundante; por lo que se hace necesario, a la hora de diseñar estrategias de enseñanza, seleccionar actividades que incentiven y promuevan la participación y el interés de los alumnos.

Conclusiones Preliminares

El aprendizaje de las ciencias experimentales, y en particular de la Física, presenta serios problemas; en muchos casos es memorístico e irreflexivo, con cierto nivel de significantes pero carentes de significados, con poca capacidad de análisis o de síntesis; con muchas debilidades en la transferencia de conocimientos a situaciones problemáticas de la vida cotidiana; con baja carga experimental, de tipo práctico, que nos ha llevado a ser extremadamente dependiente, desde el punto de vista tecnológico, de potencias extranjeras.

El modelo tradicional de enseñanza de las ciencias, que muchas veces da lugar a una comprensión incoherente y distorsionada de la metodología científica, es en gran medida responsable de la problemática que atraviesa el aprendizaje de la Física. Se hace necesario un cambio profundo en las bases teóricas, filosóficas y epistemológicas de este modelo que conlleven a un nuevo modelo de enseñanza, cuyo eje principal sea la construcción del conocimiento, tanto por los alumnos como por los docentes; donde se establezca un verdadero proceso comunicativo en el aula, con un lenguaje apropiado, rico en significados; donde se implementen estrategias didácticas y se utilicen las nuevas tecnologías de la información, que favorezcan la motivación de los alumnos y propicien el desarrollo de destrezas inte-

lectivas y manipulativas, bases fundamentales del desarrollo científico y tecnológico de un país.

Referencias Bibliográficas

- AMAT, A., CANDELA, J. y GIRONA, J. 1997. "Prueba inicial para ver el conocimiento que tiene el alumnado sobre procedimientos". *Alambique Didácticas de las Ciencias Experimentales* N°13, pp. 71-81.
- ARRIETA, X. 1999a. *Prácticas de Laboratorio. Física 9º Grado*. Editorial de la Universidad del Zulia. (Ediluz). Maracaibo. Venezuela
- ARRIETA, X. 1999b. *Prácticas de Laboratorio. Física 2º Año de Ciencias*. Editorial de la Universidad del Zulia. (Ediluz). Maracaibo. Venezuela.
- BUNGE, M. 1981. *La Investigación Científica*. Ariel, Barcelona, España.
- CARNICER, J., MARTÍNEZ, R., CARRASQUER, J., DE LAMA, M., USÓ, F. 1997. "Una secuenciación de contenidos para las ciencias de la naturaleza en la ESO". *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales* N° 14, pp. 73-86.
- CARRETERO, M. 1983. *Las teorías neopitagoricas*, pp. 207-224. En A. Marchesi, M. Carretero y J. Palacios. *Psicología Evolutiva 1. Teorías y Métodos*. Alianza Editorial. Madrid.
- COLINA, I. 1996. *La Comunicación Humana*. Universidad Central de Venezuela Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico, Caracas.
- ESCALONA, M. y LUQUE, R. 1997. "La interacción comunicativa en una clase de matemática". *Encuentro Educativo*, Vol. 4, No.1, pp. 107-114.
- ESCUADERO, M. 1977. *La Comunicación en la Enseñanza*. Trillas, México.

- FURIÓ, C. y GUIASOLA, J. 1993. "¿Puede ayudar la historia de la ciencia a entender por qué los estudiantes no comprenden los conceptos de carga y potencial eléctricos? Revista Española de Física, 7(3), pp. 46-50.
- FURIÓ, C. y GUIASOLA, J. 1997. "Deficiencias epistemológicas en la enseñanza habitual de los conceptos de campo y potencial eléctrico". Enseñanza de las Ciencias, 15(2), pp. 59-271.
- GIL, D. 1993. "Contribuciones de la historia y la filosofía de la ciencia al desarrollo de un modelo de enseñanza-aprendizaje como investigación". Enseñanza de las Ciencias, 11(2), pp.197-212.
- GIL, D., CARRASCOSA, J., FURIÓ, C. y MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. (1991). La Enseñanza de las Ciencias en la Educación Secundaria. Cuadernos de Educación. ICE - Horsori. Universidad de Barcelona, España.
- GIL, D. y VALDÉS, P. 1996. "La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo" Enseñanza de las Ciencias, 14(2), pp. 155-163.
- GIORDAN, A. 1985. La enseñanza de las ciencias. Siglo XXI Editores, S.A. Madrid, España.
- GOLEMAN, D. 1996. La Inteligencia Emocional. Javier Vergara Editor, S.A. Buenos Aires. Argentina.
- HELLER, RUIZ, GARCÍA y CARMONA. 1990. Didáctica Centrada en Procesos. Material mimeografiado, tomado del módulo instruccional: Didáctica Centrada en Procesos. AVEDEC- PDVSA.
- HEINEMANN, P. 1980. Pedagogía de la Comunicación No Verbal. Editorial Herder. Barcelona.
- HIERREZUELO, J. y MONTERO, A. 1991. La ciencia de los alumnos. Editorial Elzevir. España.
- HODSON, D. 1994. "Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio". Enseñanza de las Ciencias, 12(3), pp.299-313.
- MANTEROLA, C. 1998. "¿Qué pensamiento epistemológico usas en tus clases?". Educación. Revista para el Magisterio. Nº 183, pp.41-53.
- MARÍN, N. 1997. Fundamentos de didáctica de las ciencias experimentales. Manuales. Universidad de Almería. Servicio de Publicaciones. España.
- MARÍN, N., JIMÉNEZ, E. y BENARROCH, A. 1997. "Delimitación de << lo que el alumno sabe >> a partir de objetivos y modelos de enseñanza". Enseñanza de las Ciencias, 15(2), pp.215-224.
- MEDINA, R. 1992. "Didáctica e Interacción en el Aula". Cin Editor. pp. 11-33. Barcelona, España.
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN. 1998. Propuesta curricular para la tercera etapa del nivel de educación básica. Dirección de Educación Básica. Coordinación de Currículo. Caracas, Venezuela.
- MOREIRA, M.A. 1980. "A non-traditional approach to the evaluation of laboratory instruction in general physics courses ". European Journal of Science Education, Nº 2, pp. 441-448.
- PÁEZ, I. 1985. La enseñanza de la lengua materna. Hacia un programa comunicacional integral. Instituto Universitario de Caracas. Centro de Investigaciones Lingüísticas y Literarias. Caracas.
- PAYÁ, J. 1990. "Los Trabajos Prácticos de la Física y Química: una revisión bibliográfica". Enseñanza de las Ciencias, 8 (2), pp. 181-185.
- PIAGET, J. 1977. Epistemología genética. Solpin, Argentina.
- PIAGET, J. 1978. La equilibración de las estructuras cognitivas, Problema central del desarrollo. Siglo XXI, Madrid.

- PIAGET, J. 1979. Introducción a la epistemología genética. 2.-El pensamiento físico. PAIDOS, Buenos Aires.
- PINO, L. 1995. "Una perspectiva para la Enseñanza de las Ciencias en la educación media". Laurus. Revista de Educación, Universidad Pedagógica Experimental Libertador. N°1. Año 1, pp. 36-39.
- POZO, J., GÓMEZ, M., LIMÓN, M. y SERRANO, A. 1991. Procesos cognitivos en la comprensión de las ciencias: las ideas de los adolescentes sobre Química. CIDE, MEC, Madrid.
- POZO, J., PÉREZ, M., SERRANO, A. y LIMÓN, M. 1992. "Las ideas de los alumnos sobre la ciencia como teorías implícitas". Infancia y Aprendizaje, N° 57, pp. 3-22.
- PRO, A. 1995. "Reflexiones para la selección de contenidos procedimentales en ciencias". Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales, N°6, pp. 77-87.
- PRO, A. 1997. "¿Cómo pueden secuenciarse contenidos procedimentales?". Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales, N° 14, pp. 49-59.
- RODRÍGUEZ, J. 1988. Educación y comunicación. Ediciones Paidós Ibérica, S.A.
- SFEZ, L. 1995. Crítica de la comunicación. Amorrortu Editores. Buenos Aires, Argentina.
- SOLBES, J., POMER, F. y TARÍN, F. (1997). "Aportaciones de la didáctica de las ciencias y la historia de las ciencias a la enseñanza y el aprendizaje del electromagnetismo". Didáctica de las ciencias experimentales y sociales. N° 11, pp. 63-75.
- WATZLAWICK, P. y otros. (1973). Teoría de la Comunicación Humana. Editorial Tiempo Contemporáneo. Argentina.