

INSTRUCCION PARA LA TRANSICION COGNOSCITIVA
Un Modelo Prescriptivo para la Educación en Ciencia y Tecnología

JEANNETTE LEJTER DE BASCONES

CENAMEC*

Caracas

RESUMEN

Enseñar Física significa el diseño de la instrucción en términos de la adquisición de habilidades intelectuales relacionadas con la capacidad de resolver problemas. Ello significa, por una parte, la organización de un cuerpo de conocimientos en forma tal que se pueda almacenar, ubicar y utilizar cuando sea necesario. Por otra parte, también significa estar conscientes de cómo la experiencia y el conocimiento previo que una persona trae a una situación de aprendizaje influye sobre la percepción, comunicación, aprendizaje y realización de tareas. Un sistema instruccional que toma en cuenta esos parámetros ha sido diseñado para facilitar al docente en ejercicio, la planificación de la instrucción, destinada a inducir en el estudiante la transición cognoscitiva de un esquema de creencias a otro esquema de mayor poder explicativo, que le permita resolver problemas.

* CENAMEC: Centro Nacional para el Mejoramiento de la Enseñanza de la Ciencia.

INTRODUCCION

Durante los últimos años ha habido un interés considerable en determinar los factores que tienen valor predictivo o que se correlacionan con el logro del aprendizaje en Física. Se han realizado estudios para analizar los mecanismos cognoscitivos que permiten resolver problemas de manera efectiva en dominios específicos de la Física (Simon & Simon, 1978; Larkin & Reif, 1979; Chi, Feltovich & Glaser, 1981; Reif & Heller, 1982), determinar la relación entre el razonamiento formal tal como lo define Piaget y el aprendizaje de Física (Cohen y otros, 1978; Likerman y Hudson, 1979), describir los procesos cognoscitivos que conducen al aprendizaje de Física (Arons, 1983), a proponer modelos instruccionales para el cambio conceptual (Posner y otros, 1982) y aumentar la capacidad de resolver problemas de los alumnos (Bascones y Novak, 1985).

Reportes sobre la correlación existente entre el razonamiento formal y aprendizaje de Física cubren un amplio espectro, van desde "ningún o pequeño efecto" hasta "efectos muy marcados" lo cual sugiere que es posible que haya diferencias entre la población de estudiantes, entre los abordajes instruccionales, o entre ambos. Los resultados obtenidos en las investigaciones que venimos realizando sobre el desarrollo de las habilidades para resolver problemas apuntan, en algunos casos, hacia la necesidad de una transición cognoscitiva de un esquema de creencias a otro esquema de mayor poder explicativo.

Desde el punto de vista de la selección de los contenidos de Física para propósitos instruccionales, el énfasis mayor ha sido hacia la estructura del conocimiento a ser enseñado. Sin embargo, hay un interés cada vez mayor a estudiar las imágenes que los estudiantes poseen sobre la Ciencia, previas a la instrucción formal en un tópico determinado. Evidencias sobre ello abundan en la literatura especializada. La importancia que esto tiene para propósitos instruccionales, desde el punto de vista del profesor en ejercicio, nos ha llevado a proponer un modelo pres-

criptivo para ser utilizado en la planificación de la instrucción, destinado a promover la transición cognoscitiva en el estudiante, de tal manera que use los esquemas aceptados por la comunidad científica en la interpretación de ciertos fenómenos y en la resolución de problemas, a la vez que le permita diferenciar el lenguaje coloquial del lenguaje científico.

En las dos últimas décadas se han producido cambios en dos campos de gran importancia en la Educación en Ciencias. La Psicología del Aprendizaje se ha liberado de la dominación del conductismo para evolucionar hacia una Ciencia Cognoscitiva que enfatiza el papel que desempeñan los conceptos y esquemas conceptuales en la construcción del significado. La Epistemología, dominio de la Filosofía relacionada con la naturaleza y producción del conocimiento, se ha alejado del punto de vista empiricista y positivista hacia una posición constructionista, donde la Ciencia no se ve como una búsqueda constante de "la verdad" sino como la arquitecto de modelos de gran parsimonia que explican un espectro cada vez más amplio de fenómenos. Las implicaciones que ello tiene para el aprendizaje (Driver y Bell, 1985) podemos resumirlas de la siguiente manera:

1. Los seres humanos se fijan sus metas intelectuales. Ello significa que "el locus de control" de la conducta está en el individuo. Es decir, el aprendizaje no es una respuesta pasiva a las condiciones determinadas por el entorno, sino que se produce como una respuesta a la interacción activa entre el individuo y su ambiente.
2. Como consecuencia de lo anterior, el conocimiento es construido por los seres humanos a través de la interacción social y las experiencias con el ambiente.
3. Los significados que el individuo se construye están influidos por la estructura del conocimiento y las creencias que posee.
4. La construcción del significado es un proceso activo.

v) El aprendizaje de Ciencias involucra una transición cognoscitiva. Esto puede significar o la ampliación de una creencia de tal manera que pueda interpretar nuevos fenómenos o bien una reestructuración básica de ellas.

SISTEMA INSTRUCCIONAL

El sistema instruccional tradicional coloca al aprendiz en la situación de receptor pasivo de la información que le trasmite el profesor. En el modelo que estamos desarrollando el estudiante crea su conocimiento y en consecuencia lo hace parte de su mundo. El producto de esa creación y los significados que de ella se desprenden, dependen de varios factores que hemos representado en el diagrama circular de la Figura 1.

El foco del sistema instruccional es el aprendizaje significativo. Parece obvio hablar de ello, puesto que el principal propósito de cualquier sistema instruccional es la incorporación no arbitraria de una información nueva a la que ya se posee en un determinado instante. No obstante, un análisis más detenido parece indicar que ello no es tan obvio. Basta recordar a muchos de nuestros estudiantes que repiten casi textualmente la información recogida en los libros o en la charla de sus profesores para tratar de comprender las variables que inciden sobre el aprendizaje. Veámoslo en el círculo adyacente al centro del diagrama. Allí podemos observar los factores que consideramos tienen una influencia directa sobre el aprendizaje y los cuales ya hemos mencionado: la estructura cognoscitiva, la situación externa problemática, las características individuales (distintas a la estructura cognoscitiva) y la motivación.

La estructura cognoscitiva es la forma como el individuo tiene organizado el conocimiento previo a la instrucción. Es una estructura formada por creencias y conceptos que deben ser tomados en cuenta al planificar la instrucción, de tal manera que puedan servir de anclaje para conocimientos nuevos —en el caso de ser correctos— o puedan ser modificados por un proceso de transición cognoscitiva o cambio conceptual, en caso de ser falsos.

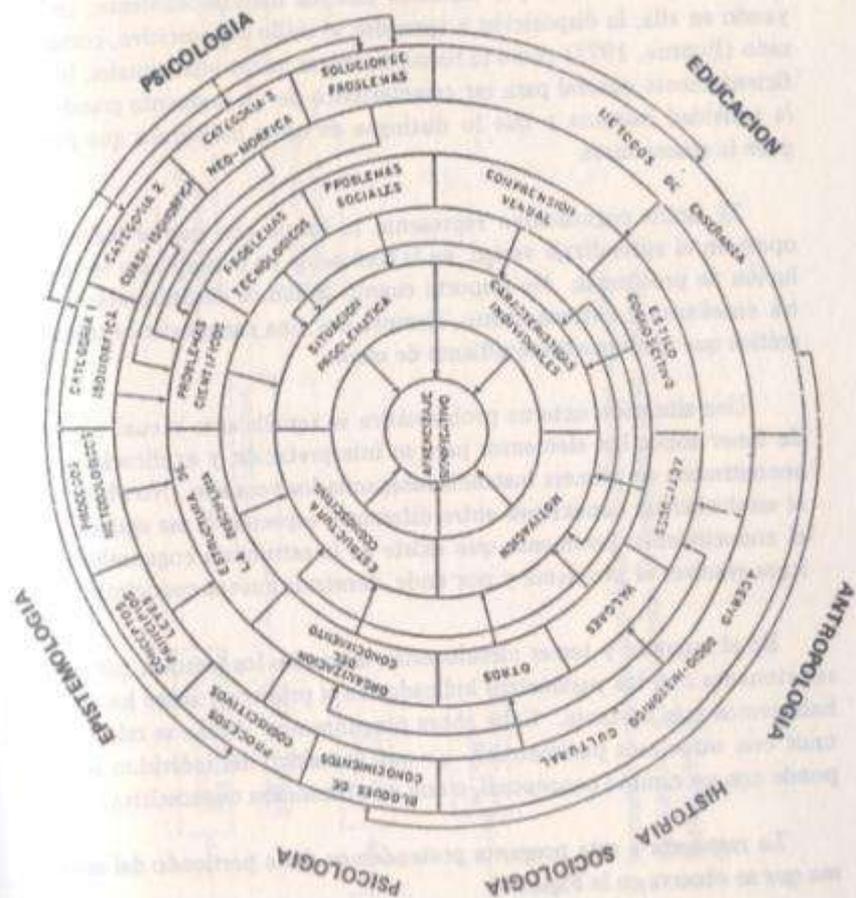


Figura 1: Modelo de Sistema Instruccional

Los otros parámetros que intervienen son: la motivación, a la que hemos definido como el conjunto de factores afectivos que inducen al individuo a interesarse por distintos campos del conocimiento, incluyendo en ella, la disposición a aprender, el estilo cognoscitivo, considerado (Bourne, 1977) como la forma de lograr metas intelectuales, lo suficientemente general para ser característico de un segmento grande de la actividad humana y que lo distingue de otros individuos que persiguen la misma meta.

El estilo cognoscitivo representa la forma con que el individuo opera en el aprendizaje verbal, en la formación de conceptos y en la solución de problemas. No importa cuanto tratemos de uniformar nuestra enseñanza y entrenamiento, siempre hay una característica idiosincrática que distingue un estudiante de otro.

Una situación externa problemática es aquella ante la cual, a pesar de tener todos los elementos para su interpretación y explicación nos encontramos en primera instancia incapacitados para ello. No obstante, al establecer las conexiones entre diferentes aspectos de esa situación y el conocimiento pertinente que existe en la estructura cognoscitiva se logra resolver el problema y por ende, construir nuevos conocimientos.

En el segundo y tercer círculo están marcados los factores que están relacionados con los parámetros indicados en el primero y sobre los cuales hablaremos más adelante. Cabe ahora preguntarnos ¿Cómo se relacionan unos con otros esos parámetros?, ¿a qué necesidad del individuo se responde con un cambio conceptual, o con una transición cognoscitiva?.

La respuesta a esta pregunta pretendemos darla partiendo del esquema que se observa en la Figura 2.

La existencia de un problema, la necesidad de dar respuesta a una pregunta o a interpretar una situación familiar de nuestro entorno, obliga

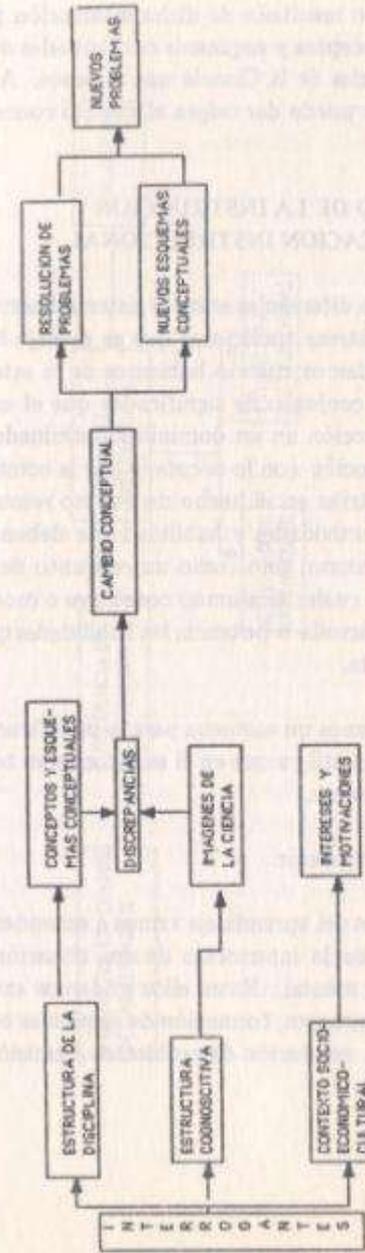


Figura 2. Esquema Demostrativo de la Relación entre el Cambio Conceptual y la Solución de Problemas en el Sistema Instruccional.

al individuo a establecer una interacción entre el mundo de sus ideas y el entorno que lo rodea. Como resultado de dicha interacción puede surgir la discrepancia entre los conceptos y esquemas conceptuales de la disciplina y las imágenes y/o creencias de la Ciencia que él posee. A través de la instrucción esta discrepancia puede dar origen al cambio conceptual o a la transición cognoscitiva.

DISEÑO DE LA INSTRUCCION PLANIFICACION INSTRUCCIONAL

Hay un gran número de diferencias entre el sistema instruccional que estamos proponiendo y el sistema tradicional que se maneja hasta el momento. Una de ellas la señalamos cuando hablamos de la estructura cognoscitiva: nos referimos al conjunto de significados que el estudiante se ha creado previos a la instrucción en un dominio determinado y que muchas veces están en contradicción con lo aceptado por la comunidad científica. La otra diferencia estriba en el hecho de que no vemos la instrucción como un conjunto de actividades y habilidad que deben ser enseñadas al, y realizadas por el alumno, sino como un conjunto de actividades estructuradas a través de las cuales el alumno construye o modifica su conocimiento, a la par que desarrolla o potencia las habilidades que ya posee en forma explícita o implícita.

En la Figura 3 encontramos un esquema para la planificación instruccional que hemos considerado útil, ya que en él se incorporan todos los elementos mencionados previamente.

Productos Esperados del Aprendizaje

Por productos esperados del aprendizaje vamos a entender el aprendizaje que esperamos resulte de la interacción de una situación externa al individuo con su estructura mental. Entre ellos podemos enumerar: adquisición y formación de conceptos, formación de esquemas conceptuales y bloques de conocimientos, resolución de problemas y emisión de juicios críticos.

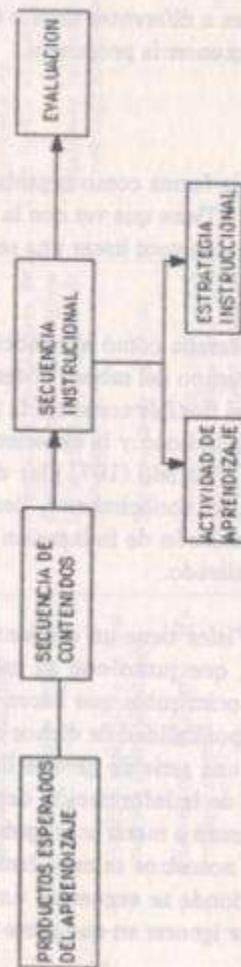


Figura 3. Esquema Operativo del Sistema Instruccional

Con fines puramente didácticos los hemos organizado en una taxonomía en la cual hemos considerado tres niveles. En ellos se contemplan los conocimientos necesarios para el análisis, la organización/ejecución y la interpretación de distintas situaciones a diferentes niveles de complejidad. En la Tabla 1 podemos observar la taxonomía propuesta.

Secuencia de Contenidos

La secuencia de contenidos es la forma como organizamos los contenidos que el alumno debe aprender. Tiene que ver con la estructura de la disciplina, sin que esto implique que debemos hacer una secuencia isomórfica con ella.

Una disciplina puede ser considerada como el conocimiento disponible organizado en un determinado campo del saber. Podemos así considerarla como una estructura conceptual flexible constituida por un conjunto de conceptos que conllevan el conocimiento y la experiencia en un determinado campo del estudio. Según Whitfield (1971) las disciplinas tienen que ver con un dominio específico del conocimiento, tienen su historia y su herencia, han desarrollado su método de indagación característico y utilizan un lenguaje propio y especializado.

Desde ese punto de vista, la Física tiene un conjunto de conceptos, principios, leyes y teorías propias, que junto con su método de indagación, constituyen el cuerpo de conocimientos que hacen de la Física una disciplina. No obstante, la sola disponibilidad de dichos conocimientos es tan útil como la disponibilidad de una serie de gavetas llenas de información. En ambos casos, la utilidad de la información depende dramáticamente de como está organizada y cuán a mano la tengamos para utilizarla en caso de necesidad. Para todos nosotros es muy familiar el hecho de disponer de una revista científica donde se encuentra un artículo que necesitamos, y no poderla utilizar por ignorar en qué parte de nuestro archivo se encuentra almacenada.

TABLA 1
Taxonomía de Productos Esperados del Aprendizaje

| DESTREZAS SITUACIÓN | I ANÁLISIS | II ORGANIZACIÓN/EJECUCIÓN | III VALIDACIÓN |
|---------------------|---|--|--|
| | Identificación de conceptos en cuanto a definición cualitativa y cuantitativa, magnitud y unidades. | Identificación de instancias y reconocimiento de contextos. | Aplicabilidad a situaciones diversas. |
| | Discriminación entre conceptos. | Formación de bloques de conocimientos (principios, leyes, etc.) y generación de ejemplares. | Interpretación crítica de resultados experimentales. |
| | Análisis cualitativo de la situación física planteada. | Separación de variables. | Establecer las limitaciones y restringir soluciones. |
| | Establece analogías y/o comparaciones. | Selección de conceptos, principios, leyes y/o bloques de conocimientos involucrados en el problema (ya sea tácito o declarados en el enunciado del mismo). | |
| | Efectúa representaciones y/o diagramas de la situación física. | Diseños de experimentos. | |
| | | Estudio de explicaciones alternas. | |
| | | Establecer hipótesis. | |
| | | Transformaciones | |

La organización que proponemos se basa en la teoría de aprendizaje de Ausubel (1978) en la cual las ideas, fenómenos y conceptos más generales se presentan al comienzo de la instrucción, dejando para cada unidad la diferenciación progresiva en términos de detalles y especificidad. Para tener una idea general de como funciona esta teoría, veamos un ejemplo de como una información compleja puede ser organizada.

Consideremos un mapa de Venezuela de 1.5 m. x 0.75 m. En dicho mapa está almacenada toda la información correspondiente a ciudades, pueblos y carreteras del país. Tiene tanta información que resulta pesada de manejar. En él es muy difícil no sólo localizar pueblos como Santa Teresa del Tuy, San Sebastián de los Reyes y Mariguitar (*) sino planificar viajes entre San Cristóbal y Porlamar. Sin embargo en él tenemos la visión general de todas las carreteras y podemos tener una idea global de donde estamos ubicados. La sola subdivisión de ese mapa, en 100 partes, puede hacer la situación menos pesada, pero no resuelve las dificultades inherentes al procesamiento de información.

La solución más adoptada implica una solución distinta: se hacen mapas de cada una de las subdivisiones pero a diferentes escalas. Así, se tiene un mapa general sin gran precisión en los detalles, y luego se tienen mapas parciales con todos los detalles necesarios. Una primera aproximación a las carreteras del Estado Aragua (**) se tienen en el mapa general de Venezuela mientras que una segunda aproximación se obtiene en el mapa de las carreteras de dicho estado, pero elaborado en otra escala. Si lo que se desea obtener son las carreteras del Distrito Mariño, entonces ellas vienen en una segunda aproximación con un mapa a otra escala del mencionado Distrito.

(*) San Sebastián de los Reyes, Santa Teresa del Tuy y Mariguitar son pueblos cuya población es menor que 30.000 habitantes, mientras que San Cristóbal y Porlamar son ciudades muy distantes desde el punto de vista geográfico.

(**) Desde el punto de vista político territorial, Venezuela está dividida en veinte Estados, dos Territorios y un Distrito Federal. Cada uno de los Estados está dividido en Distritos y éstos a su vez en Municipios.

Esta forma de organización del conocimiento, ilustrada por el uso familiar de mapas, es más general de lo que creemos. La organización jerárquica del conocimiento, basada en la teoría de Ausubel, conocida con el nombre de mapas conceptuales, es de gran utilidad (Moreira, 1983; Novak y Gowin, 1984).

Desde el punto de vista de la práctica, es conveniente construir los mapas conceptuales de todo el contenido y sobre ellos marcar la secuencia que se desea seguir. No hay que olvidar, que estos macromapas conceptuales dan origen a su vez a varios mapas que corresponden a diferentes contenidos específicos que se desean desarrollar, determinándose en esta forma la secuencia que se va a seguir en la instrucción.

Actividades de Aprendizaje y Estrategias Instruccionales

Queremos llamar la atención sobre dos aspectos de la planificación que consideramos muy importantes para que se produzca la transición cognoscitiva. Ellas son las actividades de aprendizaje y las estrategias instruccionales. Partiendo de la premisa de que ambas son complementarias deben regirse por el siguiente conjunto de criterios:

1. Adecuación: las estrategias seleccionadas deben ser las que garanticen mejor éxito en el logro del cambio conceptual y en la construcción del conocimiento. En este sentido, es conveniente recordar que las investigaciones realizadas hasta el momento indican que las concepciones falsas son resistentes a la instrucción tradicional. No obstante, una estrategia probada dentro de ella puede ser apropiada cuando pertenece a un conjunto estructurado de estrategias, siendo éstas como un todo, las que cumplen el criterio.
2. Pertinencia: estrategias que favorecen el uso del material instruccional relacionado con la vida diaria, dentro del ámbito donde se desenvuelve el estudiante, en forma tal que facilite la interacción con su estructura cognoscitiva.

3. Disonancia: según Posner y otros (1982) para que un cambio conceptual se produzca es necesario que exista un conflicto entre la idea que se tiene y la que se va a adquirir. En consecuencia, las estrategias instruccionales deben permitir el uso de actividades que pongan en evidencia dicha incongruencia.

En las investigaciones que hemos realizado, se han determinado un conjunto de estrategias y actividades que cumplen con los criterios antes mencionados, contribuyendo a la transición cognoscitiva y en consecuencia al aprendizaje significativo. Entre ellas podemos citar la solución de problemas (Bascones y Novak, 1985), la cual constituye una de las formas más complejas de la actividad humana; construcción por los estudiantes de mapas conceptuales; utilización de la V epistemológica de Gowin (Novak y Gowin, 1984) para la génesis del conocimiento, actividades de laboratorio, y libre discusión de los temas.

Solución de Problemas

A lo largo de toda la historia ha habido considerable confusión en el significado del término. Así, formación de conceptos, recuerdo de reglas complejas, creatividad, razonamiento inductivo y deductivo, y muchos aspectos del proceso de pensar, han sido llamados en una época u otra, solución de problemas. Para los fines de nuestro sistema, la solución de problemas se refiere a "cualquier proceso en que, tanto la representación cognoscitiva de la experiencia previa como los componentes de una situación problemática, son reorganizados para alcanzar un objetivo predeterminado" (Ausubel, 1978).

Este proceso lo hemos dividido en las cuatro fases siguientes:

* Un tratamiento más exhaustivo lo encuentra en: "Problemas de Física: ¿Cómo resolverlos?" como parte del material de apoyo del taller: Planificación instruccional y aprendizaje significativo.

1. Iniciación. Esta etapa se puede llamar también la etapa de representación del problema. En ella no sólo se identifica la situación problemática sino que se comprende la información presentada en el problema logrando saber cual(es) es(son) la(s) pregunt(a) que se debe(n) contestar.

Para comprender un problema, la persona crea objetos y relaciones en su mente que corresponden a la situación problemática presentada. Estas representaciones mentales pueden traducirse en diagramas de toda la situación o de algunas partes de ella las cuales ayudan notablemente a la visualización del problema. En esta etapa de representaciones se combinan las representaciones internas (mentales) y externas, aunque para algunas personas basta sólo la representación interna.

2. Planificación de la solución: Es la fase mediante la cual se organiza la información desde el punto de vista conceptual. Una forma práctica de hacerlo es clasificando la información que se necesita de acuerdo al siguiente esquema:

- a) La información es conocida previamente por el que resuelve el problema, es decir, se encuentra organizada dentro de la estructura cognoscitiva del aprendiz y está en condiciones de hacerla interactuar con la situación externa.
- b) Puede ubicar la fuente donde obtener la información. Ello es posible debido a que tiene en su estructura cognoscitiva los conceptos generales más inclusivos que le permiten determinar a qué nivel de especificidad necesita la información.
- c) Es inferida directamente del enunciado del problema o está expresada de manera explícita.

- d) Puede deducirse del enunciado del problema, por estar expresada de manera implícita.
- e) Puede encontrarse por relaciones matemáticas a partir de la información obtenida en el problema.

Esta clasificación ayuda a sistematizar el conocimiento y no son necesariamente excluyentes una de la otra.

- 3. La tercera fase, de llevar a cabo el plan implica una toma de decisiones. En ella se determina si el método seleccionado es el más adecuado, estimando cuáles son las posibles dificultades. En algunos casos, sólo hay que tener cuidado en no cometer errores que puedan hacer fracasar el plan concebido. En otros casos la ejecución no es tan trivial. Por ejemplo, cuando se ha planificado un ensayo escrito, se pueden tener grandes dificultades para traducir al lenguaje escrito el plan que tan brillantemente se ha concebido en la mente. Frecuentemente, el plan tiene que ser modificado o abandonado por completo en algunos casos. A veces el intento fallido ha servido para aprender y no fracasar en el próximo intento.

La ejecución del plan constituye una excelente oportunidad para descubrir lo que no se sabe, siendo ésta una forma óptima de aprendizaje por descubrimiento.

- 4. La última fase, correspondiente a la evaluación, es aquella en la cual se juzga la validez de los resultados obtenidos dentro del contexto determinado en el problema, a la vez que se afianzan los conocimientos obtenidos al resolverlo.

Esta etapa es fundamental en la solución del problema. En ella tratamos de contestar la pregunta: ¿cómo sabemos que hemos obtenido la respuesta correcta al problema?. En la vida diaria, si le llevamos una prescripción a un farmacéutico para que nos prepare una medicina, no

sólo queremos tener la seguridad que mida las cantidades en forma exacta sino que una vez preparada, ella corresponde a la prescripción ordenada por el médico a nuestro nombre. Así sucede con los problemas. La pregunta crítica que nos debemos hacer es: ¿la respuesta obtenida llena los requisitos exigidos en el problema?.

De esta manera, la solución de un problema proporciona experiencias para aprender a través del mismo, al poder contestar las siguientes preguntas:

1. ¿Fue difícil el problema?. ¿Por qué?.
2. ¿Fue complicado encontrar una representación apropiada?.
3. ¿Fue difícil encontrar un método para solucionarlo?.
4. ¿Qué conceptos, leyes, principios pasé por alto?.
5. ¿He resuelto algunos problemas similares a éste?.
6. ¿Qué problemas adicionales surgen al resolver éste?.

Desde el punto de vista metodológico los problemas se han dividido en tres clases de acuerdo al contexto dentro del cual se han planteado, es decir: científicos, tecnológicos y sociales, sin que ninguno de ellos implique que se trate de problemas numéricos. El proceso intelectual por medio del cual se resuelven los problemas se manifiesta por medio de algunas habilidades que hemos clasificado de acuerdo a las fases descritas y que se presentan en la Tabla 2. Dichas habilidades se desarrollan y potencian en la medida en que los estudiantes se enfrentan a actividades de aprendizaje donde deban utilizarlas y no se dan necesariamente en forma secuenciada.

Actividades de Laboratorio

Puesto que el eje central de nuestro sistema instruccional es el laboratorio, a las actividades que en él se realizan las consideramos de vital importancia. Consideramos el laboratorio como el lugar más apropiado para que el estudiante cree su conocimiento; por lo tanto, las actividades

| PROCESO | DESTREZA |
|------------------------------|---|
| REPRESENTACION DEL PROBLEMA | 1. Iniciación: Este paso se relaciona con la identificación del problema. El alumno debe ser capaz de: <ol style="list-style-type: none"> 1.1. Saber cuál es la o las preguntas del problema. 1.2. Identificar la situación problemática. 1.3. Hacer una representación cualitativa (diagrama) de la situación y análisis. |
| | 2. Recolección de la Data: En este paso el alumno debe ser capaz de: <ol style="list-style-type: none"> 2.1. Organizar la data disponible. 2.2. Identificar los conceptos que aparecen en el problema a identificar, cómo se relacionan. 2.3. Reconocer los conceptos que faltan. 2.4. Diseñar un método para resolver el problema. |
| | 3. Conceptualización de la Data: Este paso se refiere al paso de la data organizada a la comprensión conceptual. El alumno debe ser capaz de: |
| PLANIFICACION DE LA SOLUCION | |
| LLEVAR A CABO EL PLAN | 3.1. Analizar si ha seleccionado el método correcto estimando cuáles son las posibles dificultades. |
| | 3.2. Resolver el problema. |
| EVALUAR LA SOLUCION | 4. Conclusión: En esta etapa el alumno debe ser capaz de: <ol style="list-style-type: none"> 4.1. Hacer resumen acerca de la validez de los resultados de acuerdo al contexto en el cual se ha resuelto el problema. 4.2. Dar apoyo adicional a las relaciones encontradas y discutir sus limitaciones. 4.3. Sugerir nuevos problemas. |
| | 5. Afianzamiento. |

experimentales están destinadas a dar respuestas a preguntas, a resolver problemas, a establecer relaciones funcionales entre variables. Aspiramos que a través de ellas el alumno sienta la necesidad de controlar variables, de efectuar mediciones con mayor precisión, de determinar bajo qué condiciones son válidos sus resultados y buscar métodos para obtener conclusiones de mayor generalización. En consecuencia, no existen guías de laboratorio estructuradas que semejen recetarios de cocina, sino planteamientos de problemas que despiertan en el estudiante el interés por la investigación por constituir un desafío a su comprensión. Más que un laboratorio de verificación y comprobación, es un laboratorio de cuestionamiento, donde se demuestra las limitaciones de las teorías.

En este punto queremos hacer un alto y hacer un llamado de advertencia en relación a los instrumentos de laboratorio. Estos son instrumentos de precisión que no pueden ser sustituidos por manualidades construidas por los profesores o estudiantes, quienes con muy buena voluntad tratan de sustituir un equipo inexistente en su plantel por algo que se aproxime ligeramente al instrumento que desean, interpretando erróneamente la filosofía de la construcción de equipos de bajo costo, reemplazan la balanza que no tienen por un "aparato" cuyo mérito tecnológico estriba en la factibilidad de demostrar con él el equilibrio indiferente: ¡ se mantiene en equilibrio en cualquier posición que ocupe! . Ello no quiere decir que los equipos deben ser costosos o sofisticados. Un estudiante puede aprender gran cantidad de Física con un multímetro, una pequeña fuente de poder y un conjunto de resistencias, rectificadores y bombillos, sin necesitar un osciloscopio, pero realmente no puede comprender el movimiento de rapidez constante, si no tiene instrumentos que le permitan medir pequeños intervalos de tiempo y equipos donde la fricción se haga tan pequeña como sea necesario. En este sentido, hemos diseñado y construido un equipo básico de laboratorio *, dadas las dificultades cada vez mayores de continuar con la política de importación de equipos de laboratorio.

* La fase correspondiente a la elaboración de los equipos de laboratorio fue realizada con financiamiento S1-1536 de CONICIT.

Mapas de Conceptos

La técnica de los mapas de conceptos para representar las relaciones que existen entre los conceptos, la hemos utilizado en ocasiones anteriores para inducir la adquisición de estructuras conceptuales de mayor amplitud que le permitan al estudiante aumentar su capacidad de resolver problemas. Existe además, evidencias de que dicha actividad ayuda a comprender las tareas implícitas en la transición cognoscitiva del novicio al experto (Moreira, 1979; Gurley, 1982; Cullen, 1983).

La V Epistemológica de Gowin

Con el objeto de ayudar a los estudiantes en la tarea de comprender la naturaleza construccionista del conocimiento y el papel clave que desempeñan los conceptos en la interpretación del mundo que los rodea, se utiliza un constructo heurístico conocido como la V epistemológica de Gowin, en honor de B. Gowin de la Universidad de Cornell, quien la ideó. En oportunidades anteriores la hemos descrito (Bascones, 1982, op cit) y en términos generales, ella sirve no sólo para señalar las situaciones, objetos y procedimientos como el foco de cualquier esfuerzo para la génesis del conocimiento, sino para inducir en los estudiantes la adquisición de metaconocimientos; o sea, la comprensión y producción del conocimiento.

Este hecho va adquiriendo gran importancia en la actualidad, ya que recientes investigaciones —aunque en un estadio muy preliminar— tienden a señalar que los estudiantes con puntos de vista empiricistas o positivistas se desempeñan peor, en aprendizaje y tareas de evaluación para la solución de problemas abstractos, que aquellos estudiantes con puntos de vista epistemológicos construccionistas.

Si bien le hemos dado importancia central a las actividades de aprendizaje, por considerar que éste es una responsabilidad no comparti-

da, no podemos dejar a un lado las estrategias instruccionales que son responsabilidad del profesor y a las cuales hemos considerado un complemento de las primeras. Ellas deben estar dirigidas a promover en los estudiantes la construcción de significados a partir de sus propias ideas acerca de la Ciencia, dándoles oportunidad de desarrollarlas o modificarlas hacia las teorías científicas.

La discusión, el estudio dirigido, la indagación y la experimentación constituyen algunas de las estrategias que deben ser utilizadas en la secuencia instruccional que proponemos y la cual refleja algunas cualidades de esquemas parecidos.

Secuencia Instruccional

Por secuencia instruccional vamos a entender el conjunto de pasos secuenciados que se deben seguir en la instrucción para que haya aprendizaje significativo. Comprende las siguientes fases:

1. Motivación. Esta fase está destinada a despertar el interés en el tópico que se va a desarrollar. Dicho interés puede ser originado a través de un conjunto de preguntas relacionadas con el tema y elaboradas en función de hechos que le sean familiares a los estudiantes.
2. Exploración. En esta fase, casi superpuesta con la primera, se dan respuestas a las preguntas planteadas, poniendo en evidencia las imágenes de la Ciencia que existen en la estructura cognoscitiva de los estudiantes.
3. Indagación; Una vez que las ideas que se tienen acerca de un contenido específico han sido puestas en evidencia, hay que someterlas a una fase de "prueba" en la cual la investigación bibliográfica, la experimentación y la discusión juegan un papel muy importante. De esta manera los significados que el alumno se ha construido y el lenguaje que utiliza pueden ser aclarados, modificados o en última instancia ubicados en su contexto. Con ello nos referimos a la "coexis-

tencia pacífica" de dos mundos: el que se expresa con lenguaje coloquial (por ejemplo: el sol sale por el este y se oculta por el oeste) y el que permite interpretar la realidad desde el punto de vista de la Ciencia (nosotros le salimos al sol debido al movimiento de rotación de la tierra).

Demostraciones impactantes que pongan de manifiesto las contradicciones entre el punto de vista detectado por los alumnos y el de la Ciencia pueden ser realizadas en esta fase. Así se puede inducir el conflicto cognoscitivo señalado por algunos investigadores como necesario para el cambio conceptual (Posner y otros, 1982).

4. La fase que sigue a continuación la hemos llamado de aplicación, en la cual se le da oportunidad a los estudiantes para utilizar los nuevos conceptos adquiridos en la explicación de situaciones nuevas o bien en las ya utilizadas con anterioridad. En este caso, una fase de confrontación se superpone a la de aplicación, ya que tendrán la oportunidad de contrastar las respuestas que se dieron a las preguntas que se hicieron en la fase de exploración con las que se pueden dar ahora. De esta manera reflexionan sobre los posibles cambios en su estructura cognoscitiva.

Esta oportunidad puede ser propicia para que los estudiantes se den cuenta que las "mejores" teorías son aquellas que tienen mayor poder explicativo y que las construidas ad-hoc no resisten una ampliación del espectro de fenómenos que explican.

VALIDACION EMPIRICA

La validación de lo anteriormente expuesto lo hemos venido efectuando por etapas. En una primera fase, realizada en 1982, encontramos que la organización de los contenidos curriculares de un curso de Física de Tercer año del Ciclo Básico Común, organizados según el esquema anterior, desarrolla las habilidades para resolver problemas de Física de ma-

nera más efectiva que la organización tradicional que se encuentra en los programas oficiales (Bascones y Novak, 1985). En otro estudio, realizado en 1983, se encontraron diferencias significativas entre la capacidad de resolver problemas del grupo en el cual se aplicó la taxonomía propuesta y el grupo sometido a la instrucción tradicional (Bascones, 1984).

Actualmente está en progreso un estudio con 320 estudiantes de Primer Año del Ciclo Diversificado en el cual utilizan el sistema tradicional como un todo estructurado. En él se plantean las siguientes preguntas:

1. ¿Hasta qué punto los estudiantes cambian sus creencias como resultado del sistema instruccional?.
2. ¿En qué medida aumenta la disposición a aprender bajo la influencia del sistema instruccional?.
3. ¿En qué medida las estrategias instruccionales y las actividades de aprendizaje contribuyeron a la construcción del conocimiento?.
4. ¿Cómo se relacionan el cambio de creencias con el desarrollo de habilidades que permitan resolver problemas de Física?.

Las respuestas a estas preguntas nos darán retroalimentación que probablemente hará modificar algunos aspectos del sistema instruccional propuesto. En la medida que podamos ir delimitando variables que incidan en el aprendizaje, iremos avanzando en el difícil camino del mejoramiento de la enseñanza de la Física.

REFERENCIAS

- ARONS, A.B. Cultivating cognitive process conducive to the learning of Physics. Paper presented at the International Seminar on Physics Education. IDEA, Caracas. Venezuela (1982).

- AUSUBEL, D.J. D. NOVAK and H. HANESIAN. Educational Psychology: a cognitive view. (Rinehart & Winston, 1978).
- BASCONES, J. Instrucción para la solución de problemas. Reporte de investigación sin publicar. CENAMEC, 1983.
- BASCONES, J. Perspectiva Ausubeliana de un curriculum de Física. Ediciones CENAMEC. (1982).
- BASCONES, J., J. D. NOVAK. Alternative instructional system and the development of physics problem skills. European Journal of Science Education. Vol. 7 No. 3, pp. 254-6 (1985).
- BOURNE, G. American Journal of Physics. Vol. 45, pp. 41-47 (1977).
- COHEN, H. and D.F. HILLMAN. American Journal of Physics. Vol. 46 pp. 1026-29 (1978).
- CULLEN, JHON FRANCIS. Concept learning and problem solving. The use of the entropy concept in collegiate teaching Ph.D thesis. Cornell University (1983).
- CHL, FEL TOVICH & GLASER. Expertise in problem solving. Microfiche ED. 215899/SE 037266 (1981).
- DRIVER, R. Pupils alternative framework in science. European Journal of Science Education. Vol. 3. No. 1 pp. 93-101.
- DRIVER, R. y B. BELL. Student's thinking and the learning of science a constructivist view. School Science Review 67 p. 443-456 (1986).
- GILBERT, OSBORNE & FENSHAM. Children science and its consequences for teaching. Science Education. Vol. 44(4) pp. 623-33.
- GURLEY, LAINE. Use of Gowin's V and concept mapping strategies to teach responsibility for learning in high school Biological science. Ph.D thesis. Cornell University (1982).
- HELM, H. Misconception in physics amongst south african students. Physics Education. Vol. 5 pp. 92-97.

- LARKIN, J. H. & REIF. Understanding and teaching problem solving in physics. European Journal of Science Education. Vol. 1. pp. 191-203.
- LIBERMAN, D. & H.T. HUDSON. American Journal of Physics. Vol. 47 pp. 784-86 (1979).
- LINKE, R.R. A. CARMAZZA. Misconception in Physical Science among non-science background student. Research in Science Education. Vol. 99. pp.103-9. 1979.
- Mc. CLOSKEY, M. Instuitive Physics. Scientific American V 248(4) pp. 114-22. 1983.
- Mc. CLOSKEY, CARMAZZA. Curvilinear motion in the absence of external forces: naive beliefs about motion of objects. Science 210, pp.1139-1141.
- MOREIRA, MARCO. Concept Mapping as tools for teaching. Journal of College Science Teaching 8(5) 283-286 (1979).
- NOVAK, JOSEPH y B. GOWIN. Learning how to learn. New York Cambridge University Press, 1984.
- POSNER y OTROS. Acomodation of a scientific conception toward a theory of conceptual change. Science Education 66(2) pp. 211-271 1982.
- SIMON & SIMON. Individual differences in solving physics problem. R. S. Stegler (ed). Children thinking: What develops? Hillsdale N.S. Erlbaum, 1978.
- WHITFIELD, R.C. Disciplines of the curriculum. Mc. Graw-Hill, 1971.