

# Pedagogía de la comprensión en las ciencias

Manuale, Marcela

Responsable del Gabinete Pedagógico de la Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas. UNL. Ciudad Universitaria. Paraje EL Pozo. CC 530 (3000) Santa Fe. Argentina. Tel. 042-571140 Fax 042-571153, E-mail: manuale@fbc.unl.edu.ar

**RESUMEN:** El problema de la comprensión en el aprendizaje de las ciencias compromete a los educadores en la búsqueda de razones que den cuenta de esta problemática y en el diseño de modelos didácticos que promuevan procesos comprensivos y el cambio conceptual.

**SUMMARY:** Comprehension problems about science learning involve teachers who try to find out the reasons of such topic, and to design didactical models which promote not only comprehensive processes but also a conceptual change.

## Introducción

Es en la práctica de asesoramiento pedagógico – donde me desempeño como asesora pedagógica y responsable del Gabinete Pedagógico de la Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas- el espacio académico donde con mayor claridad evidencio la problemática de la comprensión como un núcleo de preocupación por parte de los docentes que pretenden desarrollar una "buena enseñanza".

La pretensión de encontrar fundamentos para desarrollar una pedagogía de la comprensión en el ámbito de las ciencias guiará el trabajo reflexivo del presente ensayo. Para ello analizaremos brevemente los principales enfoques sobre la comprensión de la ciencia desarrollados por los estudiantes universitarios y algunos modelos didácticos para cambiar las ideas de los alumnos.

## Pedagogía de la comprensión en las ciencias

### *Un problema central: los alumnos no comprenden...*

Según la opinión de los propios actores -alumnos y especialmente los docentes-, existen una serie de problemáticas académicas muy acuciantes en el nivel universitario, que emergen en los debates del Gabinete Pedagógico, donde se intenta diagnosticar y evaluar la situación educativa de la Facultad de Bioquímica. Algunas de las más relevantes las señalamos a continuación.

Una de las problemáticas más reiteradas la constituye el "problema del olvido" y la "pérdida de lo aprendido". Pareciera que lo que se enseña en las

aulas es fácilmente "evaporado de las mentes de los alumnos"; algunos docentes sostienen que "los alumnos después que rinden se olvidan de todo, al poco tiempo ya no se acuerdan de nada, como si nunca lo hubiesen visto". Esta situación preocupa a la institución educativa, ya que una de las más importantes metas que debería perseguir el nivel superior del sistema educativo es la retención, comprensión y uso activo del conocimiento. Y si el conocimiento no se recuerda y se olvida, seguramente es porque no se lo ha comprendido, es decir, no se lo ha asimilado significativamente.

Otro problema vigente en los alumnos se refiere a una gran dificultad para lograr transferir conocimientos de un área a otra; o lograr la integración entre materias del mismo nivel, o entre materias básicas y otras técnico-aplicadas de los últimos tramos de la carrera.

A esto se suma la dificultad o imposibilidad de aplicar el conocimiento teórico aprendido en intervenciones profesionales concretas.

La desmotivación para aprender es otra característica sobresaliente en el nivel universitario. Algunos docentes se quejan de que sus alumnos "no tienen interés en el conocimiento, ni iniciativa por saber; solo les interesa aprobar".

La precariedad de herramientas lingüísticas y conceptuales se manifiesta en un desempeño expresivo muy limitado, con dificultades para realizar operaciones de pensamiento lógico-abstracto. A este fenómeno se lo conceptualiza como un "conocimiento frágil, pensamiento pobre y búsqueda trivial" que luego analizaremos.

Pero por la etapa en que se encuentra el alumno universitario, está en condiciones de operar, desde el punto de vista intelectual, en el más alto nivel. Tiene en consecuencia, muchas posibilidades

de incorporar información, pero esto no es suficiente. Desde la universidad interesa hoy formar profesionales capaces de operar con los conocimientos y no limitarse a registrarlos en su memoria.

Esto implica que la enseñanza del nivel universitario debe organizar situaciones de aprendizaje que permitan no solo adquirir información sino además, comprenderla, y aplicarla funcionalmente. Se requiere para ello del desarrollo de una "pedagogía de la comprensión", y de complejas "configuraciones didácticas", que puedan promover verdaderos procesos comprensivos.

Las problemáticas señaladas son solo algunas de las más reiteradas de las aulas universitarias, y sirven de telón de fondo desde el cual analizar los procesos psicológicos implicados en la comprensión de la ciencia por los alumnos.

### **Puertas de entrada...**

Para analizar una pedagogía de la comprensión podemos ingresar por diferentes "**puertas de entrada**". Por un lado, conocer los principales enfoques sobre la comprensión de la ciencia desarrollados por los alumnos universitarios. Y por otro lado, nos interesa indagar acerca de qué configuración didáctica y estilo de enseñanza se debería desarrollar para favorecer una comprensión auténtica en los alumnos.

Un aspecto relacionado con la problemática del acceso al conocimiento implica reconocer que los alumnos tienen diversas modalidades para tomar contacto con el conocimiento según sus diferentes estilos e intereses cognitivos. Es muy rico el análisis que realiza Gardner (1) al reconocer "puertas de entrada" diferentes para iniciar el proceso de conocimiento. Según este autor, el conocimiento de un tema sería como pensar en el ingreso a una habitación en la cual se puede ingresar a través de diferentes puertas. Gardner reconoce por lo menos cinco maneras diferentes de entradas: narrativa, lógico-cuantitativa, fundacional, estética y experiencial. Los estudiantes varían según que puertas eligen, según les resulte más apropiada una ruta, o más cómoda para acceder al tema en cuestión. Un docente habilidoso debería abrir diferentes puertas de entrada a un mismo concepto. Y además, como docentes y alumnos tienen "áreas de fortaleza" diferentes, hay que reconocerlas para poder entender las incomprendiones de los alumnos, la diversidad de enfoques, y tratar de tender puentes entre los estilos de conocer y las posibilidades de aprender.

Para abordar una pedagogía de la comprensión podemos ingresar a partir del análisis de los **principales enfoques sobre la comprensión de la ciencia por los alumnos**. Existe un acuerdo bastante generalizado en las investigaciones realizadas en las últimas décadas sobre el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias, en la adopción de un **enfoque constructivo**. Se considera necesario **partir del nivel de desarrollo de los alumnos** ya que éste determina, entre otras cosas, los conocimientos previos con los que el alumno accede al aula y con los cuales es necesario conectar los materiales de aprendizaje para lograr **la construcción de aprendizajes significativos**. Si pudiéramos resumir en una frase la idea central de este enfoque señalaríamos lo expresado por Ausubel, Novak y Hanesian(2):

"Si tuviese que reducir toda la psicología educativa a un solo principio, enunciaría este: el factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe. Averigüese esto y enséñese en consecuencia".

Pero hay diversas formas de averiguar lo que el alumno ya sabe, y aquí los acuerdos se hacen menos evidentes cuando se intenta precisar en qué consiste el constructivismo.

### **Posturas interpretativas acerca de los procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia**

Podemos señalar que en las últimas décadas ha habido dos formas fundamentales de averiguar "lo que el alumno ya sabe" sobre las ciencias. Una es la **teoría piagetiana de las operaciones formales** (Inhelder y Piaget, 1955) y otra es el **enfoque de las ideas previas o concepciones alternativas** de los alumnos sobre los fenómenos científicos (Driver, Guesne y Tiberghien, 1985), que coinciden en algunos supuestos y difieren en otros, los cuales analizaremos brevemente (3).

#### **1. El pensamiento formal de Piaget como modelo de la comprensión de la ciencia**

Todo el edificio conceptual de la epistemología genética piagetiana es un intento por establecer los procesos y estructuras mediante las cuales las personas construyen el conocimiento científico.

A partir de la adolescencia se logran superar las limitaciones de las operaciones concretas, y se logra el dominio de las operaciones formales, propias del pensamiento científico. Piaget propone un

modelo evolutivo basado en el cambio estructural, de tal forma que a cada estadio en el desarrollo cognitivo le corresponderían estructuras intelectuales y formas de pensar cualitativamente distintas.

En las características del pensamiento formal se pueden diferenciar **rasgos estructurales y manifestaciones funcionales**. Las características estructurales del pensamiento formal vienen definidas por las estructuras lógicas subyacentes, que serían dos:

- \* el grupo INRC o de las cuatro transformaciones que permite la comprensión de tareas y situaciones en las que interactúan más de un sistema de causas para producir un cambio

- \* el retículo de las 16 operaciones posibles a partir de un enunciado lógico binario, que permite realizar la combinatoria de todas las relaciones lógicamente posibles.

Las características funcionales son los rasgos que diferencian al acercamiento científico a un problema de otras formas de pensamiento, que se contrastan con las del estadio precedente. El pensamiento concreto estaría centrado en la realidad inmediata, en cambio las operaciones formales trascienden lo real, el aquí y ahora, y se plantean a un nivel de lo posible. Además, las operaciones formales serían operaciones de segundo orden u "operaciones sobre operaciones", que se basan en representaciones proposicionales de los objetos. Este carácter proposicional supone que el pensamiento formal se apoya en un código o formato de representación distinto al del pensamiento concreto. El álgebra o el lenguaje químico son ejemplos de ese carácter proposicional del pensamiento científico. Pero el rasgo funcional más importante del pensamiento formal es su **naturaleza hipotético-deductiva**, que permite no solo buscar explicaciones de los hechos más allá de la realidad aparente sino además someterlas a comprobaciones sistemáticas.

Otro elemento de la teoría piagetiana lo constituyen la existencia de ocho **esquemas operatorios formales** que se adquieren de modo simultáneo a partir del dominio del pensamiento formal. Serían formas de pensar o conceptualizar que se actualizan frente a tareas concretas, ya sea espontáneamente o a través de la instrucción.

Si bien Piaget no estaba directamente interesado en la enseñanza, los supuestos básicos de su psicología genética tienen serias implicancias educativas. Algunos supuestos, no siempre explícitos serían:

- \* el pensamiento formal es la forma caracte-

rística de pensar de los adolescentes y de los adultos. A partir del acceso al pensamiento formal no hay progresos estructurales sino acumulación de nuevos conocimientos

- \* en condiciones normales de escolarización, el pensamiento formal es casi universal

- \* el pensamiento formal está basado en el desarrollo de estructuras lógicas de carácter general que subyacen al uso de cada uno de los esquemas u operaciones formales. Una vez que construye esas estructuras lógicas, el alumno está capacitado para resolver cualquier tarea que requiera el uso de las operaciones formales, con independencia del esquema operatorio implicado.

- \* el pensamiento formal, dado su carácter proposicional, atiende a la estructura de las relaciones lógicas y no a los contenidos concretos de las tareas. La homogeneidad del pensamiento formal se aplicaría por igual a diversos dominios de conocimientos.

Según los supuestos piagetianos, la construcción del conocimiento científico se halla subordinada a un desarrollo de estructuras generales de conocimiento, y por lo tanto la enseñanza de la ciencia deberá adecuarse a ese desarrollo cognitivo general. Los desarrollos curriculares basados en el pensamiento de Piaget han centrado la enseñanza de la ciencia en el fomento de habilidades y estrategias de pensamiento científico, más que en la transmisión de los sistemas conceptuales de la ciencia. La enseñanza de la ciencia basada en la concepción piagetiana se apoya en metodologías didácticas basadas en el descubrimiento o la investigación, más que en la exposición o transmisión de conocimientos.

## 2. Enfoque de las concepciones alternativas en la comprensión de la ciencia

La insatisfacción con el concepto piagetiano de estadio (Driver y Easley, 1978; Gilbert y Swift, 1985) unida a otros factores psicológicos y didácticos ha orientado la investigación hacia el estudio de las ideas de los alumnos sobre fenómenos específicos. Lejos de la firmeza y coherencia de la obra piagetiana, este nuevo enfoque de las concepciones alternativas está constituido por numerosas aportaciones, cuya abundancia y dispersión dificultan un análisis riguroso.

Estas diversas posiciones van desde los "pre-conceptos" ausubelianos o las "concepciones erróneas" (Helm y Novak, 1983), que destacan el ca-

rácter científicamente equivocado de las ideas de los alumnos, a la "ciencia de los niños" (Osborne y Freyberg, 1985), las "concepciones espontáneas" (Pozo y Carretero, 1987) o las teorías en acción (Driver y Erikson, 1983) que ponen el énfasis en el carácter personal de esas construcciones (3). Pero más allá de las etiquetas, las características fundamentales de las concepciones alternativas serían las siguientes:

- \* estas concepciones son **construcciones personales de los alumnos**, elaboradas de modo más o menos espontáneo en interacción cotidiana con el mundo, siendo en su mayoría previas a la instrucción.

- \* suelen ser **incoherentes desde el punto de vista científico**, pero no desde el punto de vista del alumno.

- \* son **bastante estables y resistentes al cambio**, por lo cual persisten luego de la instrucción, en niños y adultos.

- \* son **compartidas** por personas de muy diferentes características (edad, procedencia, formación) a pesar de ser construcciones idiosincráticas.

- \* su **carácter implícito** condiciona la metodología para estudiarlas, ya que se identifican algunas a través del lenguaje o implícitas en actividades o predicciones de los alumnos, constituyendo teorías o ideas "en acción".

- \* su **origen** perceptivo, centrado en lo aparente y observable, su carácter fenomenológico, las sitúan más cerca del pensamiento concreto o preoperacional.

- \* algunos autores sostienen que están organizadas en forma de "teorías implícitas" o "teorías personales" (Claxton, 1984; Driver y Erikson, 1983; Pozo, 1987), aunque las investigaciones tienden a un carácter fragmentario y descriptivo hasta el momento (3).

Este nuevo enfoque ha acumulado numerosos datos descriptivos sobre las ideas de los alumnos en física, química, biología y geología, lo que ha aportado un gran avance en el conocimiento sobre las mismas. Esto trajo aparejado algunas implicaciones didácticas:

- \* se rechaza la noción de estadio y de operaciones formales como una definición general del pensamiento científico. Las diferencias entre niños y adolescentes se explicarían como consecuencia de la acumulación de nuevos conocimientos y la aparición de nuevas estructuras conceptuales en dominios específicos.

- \* el conocimiento científico no sería una construcción espontánea y universal de los alumnos sino

que, en caso de lograrse, sería un costoso producto de la instrucción en áreas de conocimientos específicas. Lo que los alumnos construyen en forma espontánea son las concepciones alternativas, que son tan difíciles de erradicar.

- \* el pensamiento científico no sería una estructura homogénea sino que se hablaría de conocimientos y habilidades específicas. Se abandona la creencia de una inteligencia o capacidad general y se sustituye por un modelo de habilidades específicas.

- \* este enfoque centra su investigación en la **comprensión de los conceptos científicos**, situándose más allá de los procesos.

El constructivismo derivado de este enfoque impone criterios distintos de la posición piagetiana en cuanto a la estructura y secuenciación de contenidos. Si aquel seguía las etapas del desarrollo cognitivo, este nuevo enfoque plantea partir de las ideas previas del alumno, pero sin secuencias fijas y necesarias en la construcción de los conocimientos. Los criterios de estructuración curricular se vuelven hacia las disciplinas específicas, centrándose más en los conceptos de la disciplina que en sus procedimientos.

El principal propósito de la enseñanza de la ciencia es **lograr el cambio conceptual en los alumnos** (Carey, 1985; Driver, 1986; Posner y otros, 1982), vinculado en algunos casos al logro del cambio metodológico (Gil, 1983; Gil y Carracosa, 1985) (3).

Además, el cambio en la prioridad entre procesos y conceptos supone cambios desde el punto de vista didáctico. Si la enseñanza por descubrimiento es eficaz para el aprendizaje de procedimientos y estrategias de solución de problemas, no lo es tanto cuando se lo intenta aplicar a la adquisición de conceptos, lo que exigirá la presentación de los núcleos conceptuales de la ciencia al alumno, sin por ello incurrir en modos de aprendizaje memorísticos. Esta separación entre estrategias de enseñanza y procesos de aprendizaje es un logro importante que parece esbozarse desde este enfoque. Ni el alumno ha de aprender ciencia necesariamente siguiendo los procesos mediante los cuales ésta se ha construido, ni la enseñanza debe basarse necesariamente en la investigación, ni la enseñanza expositiva es incompatible con un aprendizaje significativo.

Este enfoque parte de la idea de que el aprendizaje de la ciencia es ante todo un **proceso de cambio conceptual**, por el que las concepciones alternativas se transforman en ideas científicamente

aceptadas, el modelo que se ha tomado para esta evolución es la propia epistemología, que analiza los cambios conceptuales habidos en la historia de las ciencias. Desde las ideas de Toulmin, de Khun o de Lakatos, los modelos de cambio conceptual en la enseñanza de la ciencia suelen asumir la necesidad de activar las concepciones de los alumnos para someterlas a conflicto, y luego – según la visión de diferentes autores- sustituirlas o transformarlas en ideas científicamente aceptadas. Si bien cada uno de estos modelos han dado lugar a distintas propuestas de metodología didáctica, comparten una serie de elementos comunes:

- \* activación de ideas de los alumnos,
- \* creación de un conflicto, y
- \* superación del conflicto mediante el acceso a una idea más avanzada.

### Hacia una pedagogía de la comprensión

Una pedagogía de la comprensión sería el arte de enseñar a comprender. Y además sería un aporte para la superación de serias falencias en cuanto a los resultados de la educación: el "pensamiento pobre" y el "síndrome del conocimiento frágil" que aqueja a muchos de nuestros estudiantes, los cuales no entienden muy bien lo que están aprendiendo: se aferran a conceptos erróneos y estereotipos, y se desconciertan frente a ideas complejas y difíciles.

En el **conocimiento frágil** los estudiantes no recuerdan, no comprenden o no usan activamente gran parte de lo que supuestamente han aprendido. Según Perkins (8), el conocimiento frágil es la enfermedad en su totalidad pero que contiene distintos aspectos de fragilidad:

- \* conocimiento **olvidado**, que en general se esfuma, y no se recuerda
- \* conocimiento **inerte**, que sirve para aprobar exámenes pues se lo recuerda momentáneamente, pero no se lo aplica en la práctica a otras situaciones.
- \* conocimiento **ritual**, que sirve para aprobar las materias siguiendo los ritos escolares.
- \* conocimiento **ingenuo**, que suele tomar la forma de teorías ingenuas o estereotipos que perduran aún después de los períodos de instrucción. Todos estos aspectos aluden a una comprensión deficiente.

Y otra deficiencia a superar por una pedagogía de la comprensión es el "conocimiento pobre", donde los estudiantes no saben pensar valiéndose

de lo que saben. Pensar con lo que se aprende es uno de los fines de la educación, lo que implica pensar por medio del conocimiento, es decir, solucionar problemas, hacer inferencias, planificar, etc.

En síntesis, si nos atenemos a los resultados de la enseñanza, éstos nos alertan sobre los peligros que entrañan el conocimiento frágil y el conocimiento pobre. El conocimiento frágil es más que el mero olvido del conocimiento, es decir, es algo más que el olvido de las fechas, datos y lugares. Implica no solo el conocimiento olvidado sino también el conocimiento inerte (que no funciona de manera activa en el proceso del pensamiento), el conocimiento ingenuo (concepciones erróneas, profundamente arraigadas), y el conocimiento ritual (actuaciones escolares superficiales y carentes de auténtica comprensión). En cuanto a pensar con el contenido del aprendizaje, el rendimiento de los estudiantes es pobre, lo cual se manifiesta en sus dificultades para resolver problemas, explicar conceptos, argumentar y escribir ensayos, hacer inferencias, etc. Todos estos problemas manifiestan la gravedad de las incomprensiones en los alumnos y sus consecuencias negativas en el aprendizaje, que es un eje de especial preocupación, planteado centralmente en este trabajo.

Repensar algunas explicaciones acerca de este fenómeno nos ayudará a clarificar algunos puntos. Un supuesto compartido por muchos científicos cognitivos es que el conocimiento debe ser construido activamente por los alumnos, que no es posible "transmitir" simplemente a los alumnos los secretos de la pericia. Esto no significa desconocer la importancia de la enseñanza del docente o los textos, sino que "...los alumnos deben tener la posibilidad de usar activamente esta información por sí mismo y experimentar sus efectos sobre su propio desempeño. Si no tienen la posibilidad de usar la nueva información para lograr objetivos específicos, los alumnos a menudo aprenden hechos que sólo se pueden recordar en contextos específicos y que, de lo contrario, permanecen "inerte". Por lo tanto "la información no se usa para resolver problemas nuevos."

Varios experimentos de laboratorio muy relevantes para el conocimiento inerte, proporcionan evidencias de que el conocimiento relevante a menudo permanece inerte aunque sea potencialmente útil. En la mayoría de las situaciones de resolución de problemas, si no se tiene la indicación de alguien que nos diga qué aspecto de nuestro conocimiento nos resultará relevante para resolverlo, no se utiliza espontáneamente. De allí que si no podemos llegar

al conocimiento relevante para resolver problemas, de poco sirve que poseamos ese conocimiento.

Algunos estudios muestran que la mayoría de los estudiantes tiene dificultades para resolver problemas, a menos que se les proporcionen "pistas o sugerencias", que se construyen para ser relevantes a la solución del problema planteado.

Las investigaciones sobre la cognición que señalamos anteriormente sugieren que el aprendizaje incluye la construcción activa de conocimientos. Los docentes y los textos pueden proporcionar información útil para la construcción de nuevos conocimientos, pero la mera memorización de esta información no constituye un aprendizaje efectivo. Numerosos estudios muestran que la información que sea solo memorizada permanecerá inerte aunque sea relevante en situaciones nuevas.

Muchos enfoques tradicionales de la enseñanza no ayudan a los alumnos en la transición de "saber que" algo es de determinada manera a "saber cómo" pensar, aprender y resolver problemas. Muchos autores afirman que las escuelas son buenas productoras de conocimiento inerte. Simon (1980) observa que muchas formas de enseñanza no ayudan a los estudiantes a condicionar su conocimiento y sostiene que "los libros de texto son mucho más explícitos en la enunciación de leyes matemáticas o naturales que en decir algo sobre cuándo estas leyes pueden resultar útiles para la resolución de problemas".

Según Bransford y Vye (1996), los conceptos y estrategias -sobre todo en el campo de las ciencias- deben condicionalizarse: los alumnos tienen que aprender cuándo aplicarlos. Varios investigadores sugieren que la simple lectura de nueva información en libros de texto no lleva necesariamente al aprendizaje efectivo porque esa nueva información no reemplaza a las concepciones erróneas previas. Cuando se encuentran nuevas situaciones, el pensamiento de los alumnos es guiado por sus concepciones erróneas en vez de por la nueva información.

Además, algunos experimentos de laboratorio han mostrado que cuando se introduce la información en un contexto de resolución de problemas, es más probable que se la use en nuevos contextos en lugar de que permanezca inerte.

### Algunas líneas de conclusiones

Recientes investigaciones donde Perkins ha estudiado algunas derivaciones didácticas señalan que se deben analizar los "patrones de mal enten-

dimiento" que se producen entre docentes y alumnos en cada campo disciplinar, ya que estos dificultan los procesos comprensivos de los alumnos. Perkins ha sostenido además que persisten en las rutinas escolares formas de conocimiento frágiles, ritualizadas e inertes que no promueven comprensiones auténticas, ya que lo que se aprende se olvida, se ritualiza o no se puede aplicar.

Para poder provocar cambios, las buenas propuestas de enseñanza deberán apuntar a tratamientos metodológicos que logren superar los patrones de mal entendimiento en cada disciplina, es decir, las malas comprensiones. Esto no implica un método ajeno a los tratamientos de cada contenido, sino de "reencontrar para cada contenido la mejor manera de enseñanza" (Litwin 5), lo cual implicaría tender lazos entre la buena enseñanza y la enseñanza comprensiva.

Si en la enseñanza de las ciencias el objetivo es promover el cambio conceptual en los alumnos, esto nos exige la búsqueda de estrategias didácticas que guíen ese objetivo.

Algunos autores (Posner et al. 1982; Osborne y Wittrock, 1983) propusieron un modelo de aprendizaje llamado de **cambio conceptual** -Osborne y Wittrock lo llamaron de **aprendizaje generativo**- que supone la sustitución de la idea previa o alternativa por la nueva, acorde con la aceptada por la comunidad científica. Este modelo parte de la noción de que la idea previa y la nueva son incompatibles. Por eso Hewson (1981) propone ampliar el modelo de cambio conceptual al caso de que las ideas previas y nueva puedan conciliarse, llamando a esta modalidad de **captura conceptual**, ya que sería un aprendizaje significativo que implica la incorporación de nuevas ideas, modificando las concepciones previas (6).

El aprendizaje significativo puede producirse de diferentes formas a partir de las ideas de los alumnos:

- \* por medio de estrategias que Hewson llama de intercambio, si las ideas alternativas y las nuevas son irreconciliables. Si no se produce el intercambio, la idea alternativa se mantiene, coexistiendo con la nueva (memorización mecánica)

- \* por medio de estrategias que Hewson llama de **integración**, diferenciación, extensión o ampliación de las ideas previas. Supone una reconciliación entre la idea antigua y la nueva, lo que implica relaciones significativas entre ambas, que no se contradicen (captura conceptual).

Para Hewson el modelo de aprendizaje como cambio conceptual puede incluir tanto la captura

como el intercambio, aunque durante los últimos años se ha identificado el cambio conceptual con el intercambio, que es una situación más novedosa y problemática que la captura. Lo importante es reconocer que el aprendizaje significativo tiene lugar de distintas formas.

Posner y sus colegas sugieren cuatro características de la enseñanza necesarias para el **cambio conceptual en el área de las ciencias**. En primer lugar, los alumnos deben sentirse insatisfechos con las concepciones que tienen. En segundo lugar, deben alcanzar por lo menos una mínima comprensión de una forma alternativa de conceptualizar el tema. En tercer lugar, la visión alternativa debe ser plausible. En cuarto lugar, los alumnos deben ver cómo la nueva conceptualización es útil para entender una nueva variedad de situaciones. Es muy importante el experimentar los efectos de las nuevas formas de pensar en la propia observación y comprensión.

En la actualidad hay un acuerdo bastante generalizado en el hecho de que las personas aprenden **reconstruyendo** los conocimientos, poniéndolos en relación con los esquemas cognitivos que posee. Pero no podemos hablar de un único modelo de enseñanza, basado en una perspectiva constructivista, ya que son necesarios distintos enfoques metodológicos para hacer frente a distintas necesidades y variadas situaciones que se presentan en el aula. Lo que sí podemos señalar que el proceso de construcción de nuevas ideas sea independiente de la forma de instrucción.

En cuanto a las estrategias de enseñanza, relacionadas con un modelo de instrucción desde una perspectiva constructivista, hay numerosas propuestas. Osborne y Freyberg (7) reseñan un conjunto de modelos basados en el enfoque del aprendizaje generativo. Las propuestas de Driver (1988); los Programas-Guía de Gil y Martínez (1987); el modelo de sucesivas tomas de conciencia de Pozo (1987) y las Actividades Abiertas de García Rodeja se encuentran en una línea similar (7). Ambos tienen en común el partir de las ideas previas de los alumnos, pero difieren en algunos aspectos.

En síntesis, creemos fructífero un modelo de enseñanza desde un marco constructivista, que tenga como objetivo promover el cambio conceptual en los alumnos, prestando atención a la interacción entre las ideas que tiene el sujeto que aprende y los nuevos conceptos científicos, ya sea que esta interacción adopte la forma de confrontación o de integración. Lo que nos parece central es promover la **reestructuración** para que se produzca un apren-

dizaje de las teorías científicas. Según Pozo, Gómez, Limon y Sanz, que han investigado acerca de los procesos cognitivos implicados en la comprensión de la ciencia por parte de los alumnos, consideran algunos puntos a tener en cuenta en las propuestas didácticas basadas en un aprendizaje constructivo:

"a. La enseñanza de la ciencia debe basarse en un conocimiento previo de las ideas con que los alumnos llegan a las aulas de ciencias.

b. Es imprescindible diseñar situaciones didácticas para que los alumnos reflexionen sobre sus propias ideas y tomen conciencia de ellas.

c. Las ideas de los alumnos no deben concebirse como un obstáculo para el aprendizaje de la ciencia sino como un vehículo para el mismo; no se trata de que los alumnos aprendan ciencia a pesar de ellas sino a través de ellas.

d. No se trata por tanto de suprimir, sustituir o hacer que el alumno abandone sus propias ideas, sino de que a partir de ellas desarrollen nuevas concepciones, más próximas a las científicamente aceptadas.

e. Por tanto, el cambio conceptual debe ser algo progresivo, gradual, que sólo es posible dentro de un currículo vertical coherente; en otras palabras, no es la sustitución de un concepto por o idea por otro, sino el cambio de una estructura por otra, de una teoría implícita por otra explícita y más avanzada.

f. Aunque los contraejemplos y los datos en contra puedan ayudar a tomar conciencia de las debilidades de las concepciones previas de los alumnos, sólo la presencia de una teoría que para ellos resulte más explicativa facilitará el verdadero cambio conceptual" (3).

Además, habría que tener en cuenta algunos componentes centrales de las estrategias de enseñanza pertinentes para desarrollar una pedagogía que promueva procesos comprensivos. Como señala Perkins (8) estos aspectos son fundamentales —aunque no excluyentes— a la hora de pensar en estrategias de enseñanza centradas en la comprensión:

1. Favorecer procesos de comprensión: explicaciones, analogías...

2. Considerar las imágenes mentales preexistentes en los alumnos e intentar construir nuevas.

3. Recurrir a imágenes mentales poderosas.

4. Atender a la resolución de problemas.

5. Incluir en el análisis el nivel epistemológico.

6. Favorecer la comprensión a partir de las buenas preguntas.

7. Organizar la enseñanza alrededor de temas centrales.

**La variedad de estrategias de enseñanza** que piensa, diseña y organiza el docente estarían en relación a la multiplicidad de problemas educativos a los que intenta responder – a lo cual es imposible dar cuenta con una estrategia única (Joyce y Weil, 1985)-, sobre todo si tiene en cuenta las particularidades de cada grupo en cuanto al diagnóstico de las ideas de los alumnos de las cuales parte; la necesidad de variar para motivar a los alumnos, y también a la imposibilidad de disponer del mismo tiempo para abordar todos los contenidos de la misma forma. En este sentido, la elección de las estrategias estarán de acuerdo a los objetivos de aprendizaje del grupo, a los contenidos y el enfoque teórico-epistemológico asumido.

## **Bibliografía**

- 1- Gardner, H. 1991. "La mente no escolarizada"; Basic Books, New York.
- 2- Ausubel, D., Novak, J., Hanesian, H. 1978; "Psicología educativa"; Trillas, México, p. 5.
- 3- Pozo, J.I.; Gómez Crespo, M.A.; Limon, M. y Sanz Serrano, A. 1991; "Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: las ideas de los adolescentes sobre la química." Cide, Madrid, p. 35, 52, 103.
- 4- Resnick, L. y Klopfer, L.; 1996: "Curriculum y cognición". Aique, Buenos Aires.
- 5- Liturin, E. 1997. "Las configuraciones didácticas. Una nueva agenda para la enseñanza superior". Paidós, Buenos Aires.
- 6- Jimenez Aleixandre, M.P. 1991. "Cambiando las ideas sobre el cambio biológico". Enseñanza de las Ciencias, 9, p.248-250.
- 7- Osborne, R. y Freyberg, P. 1991. "El aprendizaje de las ciencias." Narcea, Madrid, p. 166-184.
- 8- Perkins, David 1991. "La escuela inteligente. Gedisa, Barcelona, p. 32-40.