

Este artículo es la traducción originalmente impresa en el libro “Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies. Proceedings of an International Workshop”. R. Duit, F. Goldberg, H. Niedderer (Editors) March 1991 IPN 131 ISBN 3-89088-062-2.

LA ENSEÑANZA PARA UN CAMBIO CONCEPTUAL: UN ANÁLISIS DE LAS ESTRATEGIAS

P.H. Scott, H.M. Asoko, & R.H. Driver

Children's Learning in Science Research Group, University of Leeds, UK

Introducción

En el transcurso de los últimos veinte años, ha sido activamente desarrollado un programa de investigaciones en el campo de la comprensión conceptual de las ciencias en los niños. Los resultados de esas investigaciones incluyen informaciones detalladas sobre las concepciones de los niños en edades diversas, en un gran número de campos científicos. Es posible procurarse de los artículos haciendo el balance de esas investigaciones así como de los resultados de los artículos que dan una visión del conjunto de ese tema (Gilbert y Watts, 1983; Carey, 1985; Driver, Guesne y Tiberghien, 1985; West y Pines, 1985). La importancia acordada en la forma como los niños conciben los fenómenos naturales es un tema recurrente en ese programa de investigaciones. El aprendizaje es considerado más como un desarrollo o un cambio conceptual que como una acumulación de nuevos elementos. Muchos modelos de aprendizaje han sido propuestos a partir de ese punto de vista, ciertos resultados de la literatura epistemológica (Posner, Strike, Hewson y Gertzog, 1982), y otros de la psicología cognitiva (Osborne y Wittrock, 1983). Todos estos trabajos tienen consecuencias muy importantes sobre los trabajos de la clase, y los puntos de vista de la enseñanza que toman en cuenta las nociones alternativas de los niños han sido objeto de investigaciones, de desarrollo y de tests. Esos puntos de vista implican estrategias pedagógicas variadas; ellos se apoyan sobre diversos aspectos teóricos subyacentes y han sido sobre todo descrito y probado por los alumnos perteneciendo a una edad limitada.

Este artículo hace un análisis de las estrategias pedagógicas que se cuestionan en la literatura y que se inspiran ampliamente en el aprendizaje en tanto que cambio conceptual. Hasta este día, los programas de investigaciones sobre las nociones alternativas han tenido un impacto limitado en la práctica. En la Universidad de Leeds, examinamos actualmente la forma en la cual sus resultados pueden ser utilizados para concebir el aprendizaje científico de manera general, siendo el objetivo de este artículo identificar el conjunto de las estrategias propuestas, así como también analizar las hipótesis sobre las cuales están fundamentadas.

Según Shuell (1987), “la tarea del profesor es importante porque consiste en determinar cuales tareas de aprendizaje son las más apropiadas en el trabajo de los alumnos” (p.245). Esto presenta un problema esencial a los profesores de ciencia, que es el saber sobre cuales criterios el profesor debe seleccionar las tareas de aprendizaje y las estrategias, pero también en qué medida el programa de investigación sobre las concepciones científicas de los niños puede llegar a resolver ese problema práctico real.

Proponemos que las decisiones pedagógicas sean tomadas en tres niveles. Primeramente, el profesor debe crear un entorno de estudio propicio para el aprendizaje basado en el cambio conceptual. Un entorno de ese tipo podría por ejemplo, favorecer las discusiones y tomar en cuenta otras opiniones y otros argumentos. Un segundo nivel de toma de decisión concierne la selección de *estrategias de enseñanza*. Consideramos esas estrategias como estructuras generales que ayudan la secuencia de la enseñanza en un campo dado. Tercero, es necesario escoger con precaución *las tareas de aprendizaje* específicos. Las tareas de aprendizaje deben corresponder el cuadro provisto por la estrategia seleccionada y ellos deben responder a las exigencias del campo científico considerado.

Fuera de la selección de las estrategias de enseñanza apropiadas, se pueden tomar en cuenta cuatro factores:

1. Las concepciones previas y las actitudes de los alumnos: concepciones previas de los alumnos en numerosos campos científicos son descritos con precisión en la literatura, pero se trata ahora de preguntarse cómo esta literatura debe guiar la enseñanza.
2. La naturaleza de los resultados esperados del aprendizaje: los resultados del aprendizaje y su análisis lógico en los términos de la ciencia siempre han representado una preocupación mayor en la planificación de la enseñanza.
3. Un análisis de las exigencias intelectuales en juego cuando el aprendiz desarrolla o modifica sus nociones: este análisis se centra sobre la naturaleza del camino intelectual necesario en el aprendiz desde que él pasa de nociones iniciales a los resultados esperados del aprendizaje.
4. La toma en cuenta de estrategias de enseñanza posibles que pueden ayudar a los alumnos a pasar de su punto de vista inicial a un punto de vista científico.

Este artículo trata del cuarto de esos factores y hace un análisis en la literatura sobre las estrategias de enseñanza basadas en el cambio conceptual. Resumimos en principio las diversas estrategias que han sido expuestas en la literatura, después identificamos y analizamos un cierto número de preguntas teóricas que resaltan de esta revista. En fin, examinamos los problemas prácticos relativos a la enseñanza para un cambio conceptual.

Análisis de las estrategias que alientan el cambio conceptual

Se han identificado dos grupos principales de estrategias que alientan el cambio conceptual. El primero es el de las estrategias basadas en el conflicto cognitivo y en la resolución de los puntos de vista. El segundo grupo es el de las estrategias que se basan sobre las ideasⁱ iniciales del aprendiz y que las extienden en un campo nuevo, por ejemplo, por la metáfora o la analogía. Subyacente en esta distinción entre esos dos grupos, se encuentra una importancia diferente acordada en la repartición de las responsabilidades para permitir un cambio conceptual en los aprendices. Se puede considerar que las estrategias que ponen antes el conflicto conceptual y la resolución de estos por el aprendiz están inspirados en una visión piagetiana del aprendizaje, en la cual los esfuerzos que consagran los aprendices en la organización de su saber son esenciales. En cuanto a las estrategias basadas en los esquemas iniciales de conocimientos de los aprendices extendidos en los campos nuevos, se

puede considerar que ellos dan menos importancia al rol de acomodación del aprendiz, y que se concentran más bien sobre la puntualización de intervenciones apropiadas de los profesores que proponen un “apuntalar” para las nuevas formas de pensar.

Las estrategias de enseñanza basadas sobre el conflicto cognitivo y su resolución

El conflicto cognitivo ha servido de punto de partida para el desarrollo de un cierto número de puntos de vista sobre la enseñanza para un cambio conceptual. Esos puntos de vista favorecen las situaciones en las cuales las ideas iniciales de un alumno sobre ciertos fenómenos son explicadas pues están directamente puestas en causa a fin de crear un estado de conflicto cognitivo. Las tentativas para resolver ese conflicto representan las primeras etapas del aprendizaje que se deriva, cuando ese aprendizaje tiene lugar. Los párrafos siguientes pasan revista a los diversos puntos de vista de la enseñanza basados en el conflicto.

a) Los acontecimientos que ponen en evidencia una contradicción:

Nussbaum y Novick (1982 a,b) proponen una secuencia de enseñanza que se inspira de la noción piagetiana de acomodación (Piaget 1964) y que comprende cuatro elementos principales:

- Primeramente descubrir las preconcepciones de los alumnos a través de sus reacciones en un acontecimiento revelador.
- Agudizar la toma de conciencia del alumno de su estructura mental y la de los otros alumnos.
- Crear un conflicto conceptual tratando de explicar un acontecimiento que pone en evidencia la contradicción.
- Animar y ayudar la acomodación cognitiva, poder inventar un nuevo modelo conceptual que corresponde a la opinión científica establecida.

Esta secuencia sirvió de base para enseñar a los alumnos de 11 a 13 años sobre los aspectos de la estructura de los gases (entre otras nociones de vacío entre las partículas y de movimiento de las partículas). Evaluando este punto de vista de la enseñanza, sus autores notan su éxito en “la creación de un reto cognitivo y de una motivación para aprender”, pero ellos reconocen que la enseñanza “no ha entrenado el cambio conceptual total deseado en todos y cada uno de los alumnos”. En conclusión, ellos comparten este punto de vista de enseñanza de la historia de las ciencias sugiriendo: “un cambio conceptual mayor no se opera... por la revolución, pero es por naturaleza un proceso evolutivo”.

b) El conflicto entre las ideas:

Stavy y Berkovitz (1980, p.679) llaman la atención sobre dos tipos de enseñanza por conflicto. Ellos hacen la diferencia entre “la estructura cognitiva de un niño ligado a una cierta realidad física” y esa realidad física y “un conflicto que se produce entre dos estructuras cognitivas diferentes ligadas a la misma realidad”.

Utilizan ese segundo tipo de conflicto para desarrollar una estrategia de enseñanza destinada a mejorar la comprensión de un concepto de temperatura en los niños. Particularmente exploran el conflicto entre dos sistemas de representación que el niño

utiliza para describir la temperatura: el sistema cualitativo-intuitivo y el sistema cuantitativo numérico. La enseñanza por el conflicto se apoyaba en el hecho que los conocimientos cualitativos del niño sobre ciertos aspectos del concepto de temperatura son correctos en una cierta edad y pueden ser utilizados para animarlos a servirse de sus conocimientos para resolver un problema numérico. Por ejemplo a la edad de 9 o de 10 años, un gran número de niños afirmaron que del agua tibia agregada al agua tibia dará entonces agua tibia, y por lo tanto ellos mantendrían que del agua a 30°C en la cual se agrega el agua a 30°C se obtendrá agua a 60°C.

Esta estrategia de enseñanza recurrió a una combinación de hojas de ejercicios y de trabajos prácticos, para que los alumnos tomen conciencia del aspecto conflictivo de su visión de las cosas. Ella ha sido probada en los alumnos de alrededor de 10 años, trabajándolos individualmente y en grupos. Los autores concluyen: “nuestros resultados indican que la enseñanza por el conflicto, en efecto, mejoró la comprensión del concepto de temperatura en los niños, a su vez en las situaciones de enseñanza individual y en clase” (p.689). Ellos notan el éxito particular de esa estrategia para ayudar a los niños a desarrollar su entender de “el aspecto intensivo” de la temperatura.

Cosgrove y Osborne (1985), Champagne, Gunstone y Klopfer (1985) así como Rowell y Dawson (1985) han puesto a punto los puntos de vista de la enseñanza que solicitan a los alumnos explicar claramente las diferencias entre las ideas provenientes de fuentes distintas (por ejemplo: de otros alumnos, del profesor o de un texto científico). Cosgrove y Osborne (1985) proponen un “Modelo generativo de aprendizaje” que se desarrolla en cuatro fases:

Fase preliminar: la enseñanza debe comprender el punto de vista del científico, el de los niños y el suyo.

Fase de centrado: los alumnos tienen la posibilidad de explorar el contexto del concepto, de preferencia en el cuadro de una situación “real” de la vida cotidiana. Los aprendices deben esforzarse en clarificar sus propios puntos de vista.

Fase de puesta en preguntaⁱⁱ: los aprendices debaten entre ellos del pro y del contra de su punto de vista inicial y el profesor introduce el punto de vista científico (si es necesario).

Fase de aplicación: los alumnos tienen la posibilidad de poner en práctica sus nuevas ideas a través de diversos contextos.

Los autores insisten en el hecho que un punto de vista científico alternativo podría no ser “aceptado con mucho entusiasmo en tanto que el no sea inteligible y plausible gracias a las experiencias, las demostraciones o las referencias analógicas” (p.107). Ellos ponen por delante la importancia de la fase preliminar fuera de la preparación del curso.

Este modelo ha sido utilizado en un curso de corriente en los circuitos eléctricos que comprendían, en la fase de inicio, un “test crítico” que demanda a los alumnos medir la corriente eléctrica que llega a una bombilla. La unidad de corriente eléctrica ya ha sido utilizada muchas veces (niños en edades comprendidas entre 11 y 14 años), y los autores subrayan la eficacia de este método para ayudar a los alumnos a pasar de la noción de

electricidad “consumida” a aquella de corriente conservada en un conjunto del circuito eléctrico.

Llaman la atención sobre los problemas de estabilidad de las nuevas ideas a su vez según los contextos y en el tiempo y sugieren que “desde que las ideas son contrarias a la intuición y no son reforzadas por otras situaciones de aprendizaje, sería muy deseable utilizarlos de nuevo en experiencias ulteriores sobre el mismo tema” (p.122).

Champagne, Gunstone y Klopfer (1985) han propuesto una estrategia basada sobre el diálogo llamado “Confrontación Ideacional”ⁱⁱⁱ y que está especialmente destinada a modificar los conocimientos declarativos de los alumnos en un dominio particular (por ejemplo el movimiento de los objetos). Ello comprende las etapas siguientes:

- Los alumnos explicitan “las nociones de las que se sirven para explicar o para presentar un fenómeno físico banal” (por ejemplo el movimiento de un balón que se desinfla).
- Cada alumno desarrolla un análisis que sostiene sus previsiones y la presenta a la clase.
- Los alumnos tratan de convencerse mutuamente de la validez de sus ideas; las discusiones y argumentos presentados provocan en cada alumno una toma de conciencia explícita de sus ideas sobre el movimiento en ese contexto.
- El profesor hace una demostración del fenómeno físico (por ejemplo: soltar el balón) y da una explicación teórica con la ayuda de conceptos científicos.
- Las discusiones suplementarias permiten a los alumnos comparar sus análisis con el análisis científico.

Esta estrategia ha sido probada en los alumnos pertenecientes a dos grupos de edades diferentes: los alumnos del colegio (escuela secundaria inferior) y de los profesores en formación. Los autores sugieren que el hecho de discutir, de tomar en cuenta los puntos de vista de los otros alumnos, y de comparar la situación considerada en otro de los fenómenos reales estimulan de forma significativa el cambio de opiniones. Ellos también afirman que los alumnos deben estar motivados y que la calidad de los argumentos mejora el curso de la enseñanza.

Más que intentar promover el cambio conceptual induciendo un conflicto con las concepciones iniciales de los alumnos al principio de una secuencia de enseñanza, Rowel & Dawson (1985) proponen una estrategia o la resolución entre las ideas iniciales de los alumnos y las nuevas concepciones se sitúan luego que las nuevas concepciones han sido introducidas. Su punto de vista, se apoya en una perspectiva fundamentada en la historia de la filosofía de la ciencia y sobre la teoría del equilibrio (Piaget (1977)). Ella se fundamenta en las siguientes premisas:

- Una teoría no puede ser reemplazada sino por una teoría mejor y no puede ser desechada solamente si los hechos son contradictorios.
- La puntualización de una teoría mejor no implica forzosamente una confrontación inmediata con los conocimientos que un individuo considera espontáneamente como apropiados.
- Aunque el cambio cognitivo implique a la vez conocimientos estratégicos y meta estratégicos (Khun 1983), esos conocimientos no tienen necesidad de ser contruidos juntos.

Este punto de vista de enseñanza conlleva seis etapas:

- Las ideas que los alumnos estiman útiles en la situación del problema considerado.
- Las ideas propuestas por los alumnos son aceptadas sin discusión y son anotadas en una “ficha memoria” para ser reconsideradas ulteriormente.
- Se anuncia a los alumnos que una teoría se le va a enseñar, que ella podrá ayudar a resolver el problema propuesto y que su ayuda será necesaria en su elaboración y más tarde en su evaluación por correspondencia a las explicaciones que ellos han propuesto.
- Esta nueva teoría es presentada en relación con los conocimientos básicos que los alumnos ya han aprendido.
- Se solicita a los alumnos aplicar la nueva teoría en la resolución del problema, a fin de que cada alumno de manera individual muestre su ejecución. Este procedimiento contiene un trabajo escrito, que constituirá para cada alumno una segunda ficha memoria.
- Cada alumno compara sus fichas memorias de las etapas de 1 a 5 y la calidad de las ideas propuestas. Los alumnos examinan en principio los problemas stimulus utilizados en los tests, y en los cuales las fichas memorias se reportan, pues ellos hacen un examen más amplio, a fin de cubrir las situaciones más significativas posibles. En otros términos, el alumno es enganchado en la adquisición de conocimientos meta-estratégicos.

Dawson (1990) pasa revista en la utilización de este punto de vista en el contexto de la introducción de las transformaciones químicas en los principiantes.

Las estrategias de enseñanzas basadas sobre el desarrollo de las ideas compatibles con el punto de vista científico

Contrariamente a las ideas que estimulan los conflictos y la resolución de esos últimos por los alumnos, el segundo grupo de estrategias de enseñanza se funda en las ideas iniciales de los alumnos. La enseñanza y el aprendizaje que resultan hacen participar al alumno en el desarrollo y en la extensión de esas ideas iniciales frente al punto de vista científico.

Clement y otros (1987) han desarrollado y probado una estrategia de enseñanza analógica en el campo mecánico, que lleve a “acrecentar el alcance de la aplicación de las intuiciones útiles y disminuye el alcance en la aplicación de las intuiciones que llevan a una construcción conceptual errada” (Brown y Clement, 1989, p. 239). Esta estrategia supone que el cambio conceptual puede ser alentado ofreciendo la posibilidad a los alumnos de construir una comprensión cualitativa-intuitiva de los fenómenos antes de dominar los principios cuantitativos. Este tipo de comprensión es desarrollada formando relaciones de analogía entre un caso mal comprendido y un “ejemplo sirviendo de anclaje”, que hace un llamado a los conocimientos intuitivos del alumno. La utilización de una “estrategia de puente” ha resultado útil al desarrollo de esta relación.

Según la descripción de Brown y Clement (1989), esta estrategia de puente comprende cuatro etapas:

- Se dan explícitas las “misconcepciones”^{iv} del alumno relativas al campo considerado haciendo una pregunta. Un ejemplo tipo de pregunta que hace salir una concepción errónea en la mayoría de los alumnos nuevos en clase de física, concierne la existencia de una fuerza que se ejerce sobre un libro colocado en una mesa. En general los alumnos, consideran la mesa como un objeto pasivo, incapaz de ejercer una fuerza frente a lo alto.
- El profesor sugiere un caso que él / ella considera análogo (por ejemplo una mano que sostiene un libro) y que llamará la atención de los alumnos. Ese caso es llamado “ejemplo sirviendo de anclaje” o más simplemente “anclaje”. Se define la intuición de anclaje como una creencia presente en un alumno inexperto y que es poco compatible con la teoría física reconocida. Esta creencia puede ser explícita o tácita (Clement y otros., 1987).
- La enseñanza solicita al alumno hacer una comparación explícita entre el ejemplo de anclaje y los otros casos, con el fin de establecer una relación de analogía.
- Si el alumno no acepta esta analogía, el profesor trata de encontrar entonces una “analogía puente” (o una serie de analogías que hacen el puente), conceptualmente intermediaria entre la blanca y el ejemplo de anclaje. Dentro del ejemplo del libro puesto sobre la mesa, una analogía que hace puente podría ser un libro puesto sobre un resorte.

La utilización experimental de tales estrategias para superar las concepciones erróneas como las de las fuerzas estáticas, las fuerzas y los frotamientos y la tercera ley de Newton relativa al movimiento, había permitido las adquisiciones más importantes entre el pre- y el post-test que en los grupos de control. Los trabajos recientes (Clement, Brown y Zietsman, 1989) han incluido las investigaciones más sobre las concepciones de anclaje.

Stavy (1991) habla también de estrategias que apuntan a utilizar los conocimientos preconceptuales e intuitivos de los alumnos, en ese caso para comprender que la materia es conservada después de la evaporación. Según Stavy, la utilización de una relación analógica entre lo que es conocido y lo que es desconocido puede ayudar a los alumnos a aprender las nuevas informaciones y a relanzar o modificar las concepciones erróneas. En el estudio en cuestión, los alumnos en edades entre 10 a 13 años se han dividido en dos grupos. El primer grupo debió resolver un problema sobre la evaporación del yodo en el cual se pudo distinguir el yodo gaseoso bajo la forma de gas coloreado, después un problema del mismo tipo relativo a la acetona que forma un gas invisible. En cuanto al segundo grupo, se utilizó en principio la acetona, después el yodo. Se destacó que el problema relativo a la evaporación de la acetona da resultados mucho mejores que con el problema de la evaporación del yodo. El problema sobre la evaporación del yodo, que los alumnos comprenden de una manera intuitiva gracias a un fenómeno perceptible, pareció servir de ejemplo analógico al problema sobre la evaporación de la acetona que había sido mal comprendido (“la acetona.... desapareció”).

Niederer (1987) menciona un punto de vista algo diferente del cambio conceptual, trabajando con alumnos de edades entre los 16 a 19 años. El autor reconoce que este punto de vista se basó sobre la “nueva filosofía de las ciencias” expuesta por Brown (1977), y que ella no apunta a reemplazar las teorías de los alumnos (basadas sobre el pensamiento cotidiano) por una teoría científica; ella permite clarificar a los alumnos y tomar conciencia

de esas dos teorías y aprender los conceptos científicos comprendiendo la diferencia entre el pensamiento cotidiano y el pensamiento científico – punto de vista defendido por Solomon (1983). Globalmente, esta estrategia comprende seis etapas:

- La *preparación*: procesos de enseñanza que precede la intervención y que puede proveer de las herramientas y de los conceptos útiles.
- La *iniciación*: un problema abierto es formulado.
- El *resultado*: ello comprende las partes de la secuencia siguiente: formulación de preguntas o de hipótesis, planificar y realizar experiencias, hacer observaciones, tener discusiones teóricas, formular resultados.
- La *discusión de los resultados*: fuera de un foro en la clase.
- La *comparación con las teorías científicas*: se comparan los resultados de los alumnos con los de las teorías históricas similares o de las ideas modernas. Uno expone las diferencias o trata de explicarlas.
- La *reflexión*: se estimula a los alumnos a volver sobre los procesos de resultados y en considerar las preguntas o las dificultades específicas que le son presentadas.

Esta secuencia se ilustró en la unidad de enseñanza sobre la “fuerza”. Ella consiste en una fase de preparación durante la cual los alumnos aprenden los conceptos tales como la distancia, el tiempo, la velocidad, la aceleración. Uno pregunta muestra a los alumnos la cuestión de orden general: “¿De qué depende una aceleración?”. Los alumnos, que trabajan en grupos pequeños, formulan preguntas o hipótesis, realizan experiencias y hacen observaciones. El profesor explica seguidamente el poder de las teorías generales que se aplican en un conjunto de circunstancias y considera la fórmula $F=m.a$, en el contexto de los casos específicos estudiados por el grupo.

El autor resalta que fuera de sus investigaciones, los alumnos encuentran en general las soluciones a sus problemas pero no llegan a establecer las relaciones de orden general. La introducción de los alumnos a las ideas fundamentales sobre la naturaleza de la investigación científica pareció relativamente exitosa. El autor también afirma: “parece posible que esta estrategia de enseñanza haya producido un proceso de aprendizaje significativo, dejando a los alumnos encontrar sus propios resultados y comparando sistemáticamente estos con aquellos de la investigación científica” (p.365).

Problemas teóricos de la enseñanza para el cambio conceptual

Se ha identificado en la literatura dos formas de examinar la enseñanza para el cambio conceptual: el conflicto cognitivo y su resolución, y el desarrollo de las ideas. vamos a estudiar ahora muchos puntos teóricos, donde algunos están ligados directamente y otros tienen una predisposición más general.

Tomar en cuenta las ideas de los alumnos

El principio fundamental, que sostienen todos los puntos de vista señalados, subraya la importancia de tener en cuenta las ideas de los alumnos y de lo que ellos comprenden en toda situación de enseñanza y de aprendizaje. Ese proceso ha sido puesto en ejecución de diversas formas:

- haciendo aparecer explícitamente las ideas de los alumnos en clase,
- a través de la selección de los puntos de partida de la enseñanza,
- a través de la concepción de los programas.

Las estrategias de conflicto (así como los de Neidderer) ponen en juego todas las fases en el curso de los cuales se deja a los alumnos la posibilidad de explicar y clarificar su punto de vista.

Se identifica entonces las diferencias entre sus ideas y el punto de vista científico. Neidderer propone un punto de vista alternativo partiendo de las ideas de los alumnos sobre las cuales él se apoya para desarrollar las generalizaciones desde la perspectiva científica. En todos esos ejemplos, las ideas de los alumnos fueron explícitamente puestas al día y utilizadas en la enseñanza que va a seguir.

Clemen y otros (1987) parten de una cuestión blanca concebida para revelar las “misconceptions” de los alumnos a propósito de un fenómeno pues atrae su atención sobre un “ejemplo de referencia” que él considera comparable al fenómeno. En tal situación, los puntos de partida de la enseñanza son escogidos en función de las ideas de los alumnos y de lo que ellos comprenden; la enseñanza no es entonces concebida para responder a las ideas explícitamente señaladas por los alumnos en clase. De la misma manera, Stavy (1991) utiliza la toma de conciencia por los niños de su comprensión (sus conocimientos intuitivos preceptuales) para proveer un punto de partida a la enseñanza sobre la “conservación de la materia”.

Otros investigadores han utilizado el conocimiento de las concepciones de los niños para proceder a la estructuración y a la secuencialización de ciertas partes del programa científico. Así, Schollum, Hill y Osborne (1982) se apoyan, para enseñar la mecánica a alumnos en edades de 11 a 13 años, sobre el hecho que muchos de ellos piensan que los objetos se mueven porque “algo en ellos los mantiene en movimiento” y comienzan por introducir la noción de momento como “alguna cosa”. Los profesores que trabajan con ese punto de vista reportan que “los niños parecen ya tener esas ideas”. De igual forma, Eisen y Stavy (1987) han desarrollado una unidad de enseñanza sobre la fotosíntesis que se apoya en los ciclos naturales de esa materia; consideran que, para los alumnos, esos ciclos son de orden natural.

La naturaleza y el rol del conflicto

Se puede decir que, desde el punto de vista del profesor, todos los puntos de vista presentados anteriormente, igual que aquellos que no se apoyan sobre el conflicto cognitivo, son en ellos mismos portadores de un conflicto, real o potencial. Ese conflicto opone las teorías científicas reconocidas a las ideas que los alumnos aportan en clase, o construyen a todo lo largo del proceso de aprendizaje. Stavy, por ejemplo, menciona un profesor que, consciente de las ideas de sus alumnos sobre la conservación de la masa durante la evaporación, espera que un conflicto surja de las reacciones que ellos son susceptibles de tener sobre la evaporación de la acetona y el punto de vista de los científicos. Él llevará ese conflicto proponiendo en principio los trabajos sobre la evaporación del yodo. Por lo tanto, si los profesores están conscientes de esta situación de conflicto, los alumnos pueden estar totalmente inconscientes. En efecto, igual si ellos son

puestos en evidencia, nada garantiza que el alumno sea capaz de reconocer o de concebir su importancia.

Las estrategias de enseñanza que utilizan deliberadamente una aproximación basada en el conflicto pueden poner en evidencia las contradicciones entre las ideas de los alumnos y las perspectivas científicas (por ejemplo Rowel & Dawson, 1985), pero ellos pueden explotar también las contradicciones entre:

- dos conjuntos de ideas que ya están a disposición de los aprendices, por ejemplo las representaciones cualitativas intuitivas y cuantitativas numéricas de la temperatura, citadas por Stavy y Berkovitz (1980),
- un modelo explicativo dado por el aprendiz y un evento que ese modelo no puede explicar por ejemplo, el modelo continuo de la estructura de los gases opuestos a la prueba que el gas puede ser comprimido, citado por Nussbaum y Novick (1982^a);
- las ideas de un alumno y las de sus compañeros de clase (por ejemplo las diferentes ideas del movimiento de los objetos, citados por Champagne y otros (1985).

El éxito de esta estrategia depende de la voluntad y de la capacidad del aprendiz en reconocer el conflicto y resolverlo. Por ejemplo, no se puede hacer aparecer un conflicto entre las diferentes ideas presentadas en una clase, si este no está listo para construir una comprensión personal de tales ideas y eventos y a probar, seguidamente. Es más, Dreyfus y otros (1990, p.567) subrayan que “al igual que los conflictos de ese tipo no son siempre exitosos porque no implican siempre la adquisición de conocimientos requeridos , y /o son simplemente dirigidos”.

Entre las estrategias de enseñanza mencionadas en este estudio, se pudo identificar cuatro posiciones frente al rol del conflicto y de su resolución.

1) Las estrategias en la cual el conflicto es necesario y el aprendizaje debe ser reconocido por el alumno al inicio de la enseñanza

Nussbaum y Novick (1982^a) explican que se introduce el conflicto al inicio de la secuencia de enseñanza para hacer sentir al alumno la necesidad de “reconocer que hay un problema y que no puede resolverse sobre la base de los conocimientos de los cuales él dispone”. Suponen además que el ser humano tiene una “necesidad innata de explicar las incoherencias, las incongruencias y los conflictos entre dos conocimientos” (p.186). El conflicto sirve entonces de motivación en la búsqueda de una explicación más plausible. Esto se aplica igualmente a los trabajos de Stavy y Berkovitz (1980), que trabajan sobre las representaciones de la temperatura.

2) Las estrategias que introducen en principio el “punto de vista alternativo” poniendo el conflicto en evidencia más tarde

Rowell y Dawson (1983) sugiere que es necesario dejar a los alumnos la ocasión de clarificar sus propias ideas e introducir la perspectiva científica antes de mencionar el conflicto. Ellos consideran que este punto de vista es más eficaz y menos riesgoso para los aprendices porque “su forma antigua de pensar no es puesta en causa hasta que cuando una nueva forma está en disposición para reemplazarla” (p.124).

3) Las estrategias en la cual el conflicto aparece como un elemento esencial del aprendizaje

Clemen considera el conflicto como una motivación potencialmente útil al aprendizaje. Sugiere que, “en el caso donde las tensiones entre una “misconception” y una concepción correcta se oponen entre el alumno mismo, es necesario ponerlos al día ... y confrontarlos.” (p.94). Su principal estrategia es desarrollar concepciones “útiles” utilizando primero la comparación antes de contestar sus “misconceptions”. El considera por lo tanto como potencialmente útil la explotación de los conflictos entre los diferentes puntos de vista de los alumnos y sugiere que, “llevados claramente, las discusiones en clase son los medios eficaces de hacer aparecer las disonancias y de estimular las motivaciones internas y las reestructuraciones conceptuales” (p.94).

4) Las estrategias apuntan a evitar los conflictos

Stavy (1991) se pregunta si las estrategias de conflicto no arriesgan a que los alumnos pierdan su confianza y vuelvan a una “misconception”. En su punto de vista analógico de la enseñanza, (1991), ella afirma que si los alumnos “no han tomado conciencia de la existencia del conflicto y del proceso de aprendizaje, el aprendizaje tiene lugar sin que los alumnos sean concientes. Del punto de vista del alumno, no hay ninguna concepción errónea por lo tanto ningún aprendizaje tiene lugar.

La construcción de las concepciones científicas

Los alumnos no adoptan una nueva concepción hasta tanto no puedan representársela, dicho de otra manera, hasta que pueden comprenderla. El origen de esas nuevas concepciones y la forma por la cual se le torna comprensible a los alumnos dependen de la estrategia utilizada. Algunos, por ejemplo aquellos que privilegian el conflicto, suponen en general que los alumnos proponen las concepciones “alternativas”: si alguien propone una alternativa aceptable ella se vuelve inmediatamente disponible en el “reservorio” de las ideas a examinar por todos los alumnos a través de la discusión y de la experimentación. Ese estilo de estrategias puede ser eficaz en los casos en los cuales los alumnos no comprueban las dificultades a formular de las alternativas válidas.

Ese no es siempre el caso: ciertos investigadores admiten que el profesor puede tener necesidad de intervenir para agregar la concepción generalmente aceptada por los científicos a la de los alumnos. Esto llama la atención sobre un problema teórico fundamental que pone el proceso de construcción de concepciones científicas. Las concepciones científicas no son simplemente concepciones mentales individuales desarrolladas para dar sentido a la vida cotidiana sino “puntos de vista” que son desarrollados en el interior de la comunidad científica. En ese sentido, ellos deben ser transmitidos por el intermediario de la cultura científica antes que “descubiertos” a través de la experiencia personal. Para ayudar a los alumnos a construir una concepción científica, es necesario pasar por un proceso de iniciación en la cultura científica en la cual el profesor juega el rol importante de guía.

El análisis de diferentes estrategias para el cambio conceptual ha puesto en evidencia muchas formas de favorecer ese proceso de construcción de las concepciones científicas. De un lado los métodos que estimulan a los alumnos a presentar por ellos mismos las concepciones más viables, a través de las sesiones de brainstorming” y de reflexión. La manera como el profesor estimula ciertas ideas antes que los otros (ver Edward y Mercer, 1987), puede darle un estatus diferente, y conducir así al alumno, de una manera indirecta, hacia una perspectiva científica.

Las otras estrategias defienden de forma más directa el proceso de construcción de los conocimientos. La escogencia rigurosa de las analogías que sostienen la construcción de esas nuevas concepciones (como en los trabajos de Clemen y otros., 1987) es un buen ejemplo. Esto propuesto por Rowell y Dawson deja a los alumnos el tiempo de construir un nuevo modelo, pero sin explicar como estos trabajan. En otros (estos son descritos por Niedderer por ejemplo) el profesor propone una visión “integrada” sobre la base de las experiencias provistas por los alumnos y negocia su utilidad con ellos. En ese proceso, uno considera que los conceptos y las teorías científicas son puestas a la disposición de los alumnos y su sentido negociado. Ese trabajo que se inscribe bajo la línea de Vigotsky, hace énfasis en el proceso por el cual los aprendices son sostenidos en el desarrollo de las nuevas capacidades para una “fase específica de apuntamiento”.

En nuestros trabajos sobre mecánica en Leeds (Twigger y otros., 1991) se introdujo explícitamente los medios de representación (como las flechas para el vector fuerza) en los momentos apropiados del trabajo de los alumnos sobre los micro mundos informáticos. No esperamos a que ellos “descubran” los medios por ellos mismos, aún teniendo necesidad en ocasiones de utilizar ese tipo de notación en la reflexión e interpretación sobre todo en un conjunto de situaciones para apropiárselas.

Ese proceso de construcción de los conocimientos con frecuencia presenta un problema: la construcción de un modelo científico necesita que sea establecido a través de un gran número de conceptos y de relaciones. Eso es lo que sucede con la mecánica newtoniana (con las vinculaciones entre los conceptos de fuerza, velocidad, aceleración y de cantidad de movimiento) con la electricidad (con los conceptos de corriente, de resistencia, de tensión y de potencia). El nuevo modelo teórico mete el tiempo al establecer si los alumnos continúan bien de vez en cuando, igual si no están concientes, en tratar de interpretar las experiencias que les son sometidas con sus ideas iniciales sobre ese campo. Igual si esas concepciones complejas no pueden ser construidas sino poco a poco, ellas no tienen sentido que globalmente, eso que constituye un problema complejo para la pedagogía.

La evaluación de las concepciones científicas XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

Puede ser que los alumnos sean capaces de construir una representación de una idea científica que les sea comprensible. Pero hay otro aspecto del proceso de cambio conceptual: el estatus que los alumnos dan a la concepción científica. Existen muchas posibilidades. La concepción puede ser comprendida (es decir que el alumno puede creer en una representación interna) pero el alumno no cree que eso sea una representación de la

realidad del mundo. Nosotros hemos visto a los alumnos de secundaria reaccionar también delante la teoría particular.

Antes de evaluar ontológicamente una nueva concepción (es decir tratando de representar como las cosas son en la realidad), los alumnos las evalúan algunas veces dentro de una perspectiva utilitaria. La concepción fue entonces evaluada en función de su utilidad dentro de los contextos particulares (tanto sociales como fenomenológicos). Puede ser necesario subrayar como dice Solomon (1983), a saber que antes de orientar la enseñanza frente al cambio conceptual, es necesario ayudar a los alumnos a apreciar si “esas maneras particulares de ver el mundo” son inapropiadas dentro de los contextos específicos.

Una nueva concepción puede ser también evaluada con relación a su generalidad. El problema no es más entonces de saber si la nueva concepción conviene mejor a la experiencia cotidiana o si en ciertos ejemplos ella parece más útil y más apropiado. Ese modo de evaluación introduce un criterio epistemológico: la coherencia. Igual si hay probablemente una cierta tendencia cognitiva de ir hacia las representaciones mentales coherentes más que hacia las incoherentes, de los estudios sobre la forma como los niños y los adultos razonadamente muestran que su influencia está lejos de ser decisiva. Llevar a los alumnos a la ciencia implica por lo tanto dar mucha importancia a ese criterio. Como todo nosotros hemos avanzado allá arriba que la enseñanza de las ciencias necesita de las concepciones científicas explícitamente apuntaladas, nosotros pensamos que es posible decir que ello implica también una introducción implícita de los fundamentos epistemológicos que sostienen “el juego lingüístico” de la ciencia. Un criterio como la parcimonia^V introduce también una discontinuidad entre las concepciones cotidianas de los alumnos y las concepciones científicas: no solamente ellas son incommensurables, pero su evaluación no utiliza los mismos criterios. Si, para las concepciones cotidianas ese es el criterio ontológico, ver utilitario, que domina probablemente, la parcimonia de la evaluación de las concepciones científicas tiene un estatus mucho más elevado.

A la luz de eso que precede un cierto número de comentarios sobre las estrategias específicas para el cambio conceptual son propuestas. La mayor parte de las estrategias exigen del alumno que el pueda evaluar las concepciones que están en juego, sean explícitamente, como lo proponen Rowell y Dawson (1985), sea por discusión y la interacción entre las ideas como en las estrategias propuestas por Champagne y otros. (1985), Cosgrove y Osborne (1985) y Niedderer (1987).

Esos métodos de evaluación implican la confrontación de al menos dos concepciones divergentes sobre la base de diferentes criterios tales como la coherencia interna y su aptitud en la generalización. Esto significa prácticamente que, para evaluar una concepción científica, los alumnos deben tener la posibilidad de estudiar no un solo fenómeno cuidadosamente escogido pero toda la gama de ejemplos. El estudio de un gran número de situaciones juega un rol importante dentro de la adopción de una concepción científica.

Problemas prácticos de la enseñanza para el cambio conceptual

Dentro de las situaciones pedagógicas estudiadas hasta aquí, los alumnos y los profesores siempre han tenido claro el rol principal. ¿Cuáles son entonces las exigencias específicas que “la enseñanza para el cambio conceptual” les impone?

Exigencias opuestas a los alumnos

Uno de los puntos comunes en todas las aproximaciones que nosotros hemos resumido es la importancia de la implicación de los alumnos en la discusión, en grupos pequeños o con el conjunto de la clase. Esto permite de hacer tomar conciencia a los alumnos de sus propias ideas, de eso que ellos comprenden y de lo de los otros, pero exige de numerosos esfuerzos como escuchar, evaluar y darle sentido a los puntos de vista de los otros. El alumno, luego de haber considerado esos puntos de vista, es frecuentemente confrontado en otra perspectiva donde la autoridad es más grande porque ella es introducida por el profesor, sobre todo para las estrategias basadas en el conflicto. Se les ofrece entonces un gran número de perspectivas donde el debe evaluar los méritos respectivos.

Es necesario mencionar un punto fundamental al sujeto de este entorno de aprendizaje en el cual uno estimula la pluralidad de los puntos de vista: ello se deriva de las concepciones particulares de la ciencia y del aprendizaje que los alumnos pueden muy bien no aceptar. Esto coloca un problema: por ejemplo, un alumno teniendo una concepción del aprendizaje esencialmente transmisiva, y adherido a los puntos de vista positivistas de la ciencia puede encontrar poco juicioso que él pueda evaluar su punto de vista de ciertos fenómenos así como de esos de los otros. Ese dilema es ilustrado por un énfasis hecho durante una sesión de trabajos prácticos: un adolescente de 14 años, cuando uno le ha dado sus ideas sobre un fenómeno, ha respondido: “¿Por qué me lo pregunta? Deme una simple respuesta”. Esta reacción es perfectamente válida en el contexto de su punto de vista personal de la ciencia y del aprendizaje. Si uno desea que los alumnos adopten útilmente los puntos de vista de la enseñanza y de la ciencia que son descritos en este artículo, uno debe presentarles las hipótesis subyacentes, e invitarlos a reflexionar.

Dentro de esos puntos de vista, está claro que el alumno está ubicado en una situación de déficit intelectual, y todo el interés del ejercicio está bien allí. Dreyfus, Jungwirth y Eliovitch (1990) nosotros recordamos sin embargo los alumnos que llegan al curso de física con otra de sus concepciones “alternativas”, de las actitudes que van a influenciar su aprendizaje. Entre otros, ellos explican que “los alumnos brillantes reaccionan al conflicto cognitivo con entusiasmo” y aprecian “el efecto de sorpresa” del método y la confrontación con problemas nuevos. “En cambio, los alumnos con dificultades ... parecen desarrollar las imágenes sin valor de ellos mismos, una actitud negativa con relación a la escuela y a los trabajos que se les proponen y una fuerte ansiedad”. En consecuencia, “ellos tratan de evitar el conflicto y están más sistemáticamente inclinados a retroceder frente al problema en el cual ellos fueron confrontados que no representa por ellos mismos más que un nuevo fracaso” (pp. 565-566). Stavy (1991) explica de la misma forma que “la enseñanza por el conflicto puede entrenar una pérdida de confianza en los alumnos y a veces igual una regresión”.

Por lo tanto, cualquiera que sea la estrategia adoptada, la mayoría de los alumnos piensan que uno no puede proveer los conocimientos “predigeridos”, y que ellos deben tomar la responsabilidad decisiva de dar un sentido a las actividades de aprendizaje.

Exigencias opuestas a los profesores

Todos los puntos de vista presentados aquí implican que el profesor reaccione positivamente a las ideas de sus alumnos y a lo que ellos comprenden. Los profesores tienen diferentes formas de reaccionar en cada punto de vista, y las exigencias que son asociadas en cada una en consecuencia varían.

En ciertas situaciones, el profesor tendrá un “rol de consulta” neutro, igual si eso puede parecerle extraño por ciertos aspectos. El debe, por ejemplo, poder servir de auditorio test para las ideas de los alumnos y rechazar de explicar su opinión o de ayudarlos cuando ellos mismos formulan las preguntas que estructurarán sus investigaciones ulteriores.

En otros casos, el profesor reaccionará directamente a las ideas de los alumnos ayudándolos a orientarse frente al punto de vista de los científicos. Es entonces esencial conocer bien el campo que uno enseña, las concepciones que los alumnos tienen tendencia a utilizar en ese campo y el progreso conceptual que ellos siguen una vez que la enseñanza está en camino. El conocimiento de ese progreso conceptual da una ojeada del proceso dinámico y de los itinerarios de aprendizaje de la clase cualquiera sea el campo específico. Los progresos conceptuales no pueden, por su misma naturaleza, ser explicados individualmente a los aprendices antes del inicio de la enseñanza (por ejemplo, a través de una comparación teórica entre las concepciones iniciales de los alumnos y el resultado apuntado por la enseñanza). La práctica sola puede permitirle al profesor de conocer los cambios conceptuales habituales, y la adquisición de ese saber contribuye a su experticia y a desarrollar la confianza en si.

Otra necesidad fundamental es que el profesor debe también saber crear un entorno pedagógico dentro del cual los alumnos tengan confianza en ellos mismos y puedan explicar y discutir abiertamente sus opiniones. Eso no es posible si el profesor no es sensible a las necesidades de los alumnos, a sus impresiones y a sus ideas y que él sepa administrar eficazmente su grupo.

Nosotros sostenemos que, para muchos profesores, tales exigencias son susceptibles de representar un cambio significativo en relación a sus métodos habituales. Ellos deben:

- estar conscientes de las ideas y de eso que comprenden los alumnos del tema tratado,
- conocer los caminos conceptuales posibles para ese tema,
- ser sensibles al progreso de los alumnos en su aprendizaje,
- ser capaces de concebir las tareas de aprendizaje susceptibles de sostener y de estimular esos progresos,
- estar suficientemente seguros de aprender bien el tema estudiado para poder evaluar los diferentes puntos de vista y de reaccionar,
- ser capaces de organizar y de llevar una clase propicia en la aparición de todos esos fenómenos.

Últimos comentarios

En este artículo se hizo el análisis a un conjunto de estrategias de enseñanza apuntando a promocionar el cambio conceptual en el alumno. El principal objetivo de este punto de vista es el de dirigir los alumnos frente a una concepción más científica del mundo pero hay diferentes formas de esperar ese punto principal. Los alumnos han sido estimulados de muchas formas a:

- cambiar sus ideas iniciales para las concepciones totalmente nuevas (Nussbaum y Novick, 1982),
- extender o desarrollar las ideas existentes y aplicarlas a nuevas situaciones (Brown y Clement, 1989),
- desarrollar un saber científico que pueda ser puesto en paralelo con las nociones existentes (Niedderer, 1987),
- reconocer la justicia y la aplicabilidad de modelos en diferentes situaciones (Stavy y Berkovitz, 1980).

Es claro que las exigencias cognitivas impuestas a los alumnos difieren según las estrategias. Ese punto nos trae a un problema fundamental que nosotros habíamos promovido en la introducción de este artículo, a saber la escogencia de las estrategias de enseñanza. La comparación entre las concepciones iniciales y los resultados ambicionados dan una vista del conjunto del cambio conceptual deseado y de las indicaciones sobre lo extendido y la naturaleza del camino intelectual que debe recorrer el aprendiz. Es más, para cada estrategia escogida para promover ese cambio, el aprendiz utilizará diferentes tipos de conocimientos, que deben ser tomados en consideración fuera de su combinación con otros factores importantes.

Referencias

Brown, H. J. (1977) *Perception. Theory and Commitment - The New philosophy of Science*, Precedent, Chicago

Brown, D. E. and Clement, J. (1989) Overcoming misconceptions by analogical reasoning: abstract transfer versus explanatory model construction, *Instructional Science* 18: 237-261

Carey, S. (1985) *Conceptual Change in Childhood*, MIT Press, Massachusetts

Champagne, A. B., Gunstone, R. F. and Klopfer, L. E. (1985) Effecting changes in cognitive structures among physics students in *Cognitive Structure and Conceptual Change*, West L. and Pines A. (Eds.). Academic Press

Clement, J. et al. (1987) Overcoming students' misconceptions in physics: the role of anchoring intuitions and analogical validity. *Proceedings of the Second International Seminar. Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*. 3: 84-97

Clement, J., Brown. O. and Zietsman, A. (1989) Not all preconceptions are misconceptions: finding 'anchoring conceptions' for grounding instruction on students' intuitions. *International Journal of Science Education* 11(5): 554-565

Cosgrove, M. and Osborne, R. (1985) Lesson Frameworks for Changing Children's Ideas. In: *Learning in Science: The implications of children's science*, Osborne R. and Freyberg P. Heinemann

Dawson, C. (1990) Dealing with students' intuitive conceptions: some research implications for chemistry teachers. *Chemeda: Australian Journal of Chemical Education*

Dreyfus, A., Jungwirth, E. and Eliovitch, R. (1990) Applying the 'Cognitive Conflict' strategy for conceptual change - some implications, difficulties and problems. *Science Education* 74 (5): 555-569

Driver, R., Guesne, F. and Tiberghien, A. (1985) *Children's Ideas in Science*, Open University Press

Edwards, O. and Mercer, N (1987) *Common Knowledge*. Methuen

Eisen, Y. and Stavy, R. (1987) A different approach to the teaching of photosynthesis. *Proceedings of the international seminar on adolescent development and school science*. Kings College, London

Gilbert, J. K. and Watts, O. M. (1983) Concepts, misconceptions and alternative conceptions: changing perspectives in science education. *Studies in Science Education* 10: 61-98

Kuhn, O. (1983) On the dual executive and its significance in the development of developmental psychology. *Contributions to Human Development* 8: 81-110

Niedderer, H. (1987) A teaching strategy based on students' alternative frameworks - theoretical conceptions and examples. In: *Proceedings of the Second International Seminar. Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics* 2: 360-367 Cornell University

Nussbaum, J. and Novick, S. (1982a) Alternative frameworks, conceptual conflict and accommodation: toward a principled teaching strategy. *Instructional Science* 11: 183-200

Nussbaum, J. and Novick, S. (1982b) A study of conceptual change in the classroom. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Lake Geneva, Chicago

Osborne, R. J. and Wittrock, M. C. (1983) Learning science; a generative process. *Science Education* 67(4): 489-505

Piaget, J. (1964) Development and Learning. *Journal of Research in Science Teaching* 2:176-186

Piaget, J. (1977) *The development of thought*. Translated by A. Rosin, Blackwell, Oxford

Posner, C. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. and Gertzog, W. A. (1982) Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education* 66(2): 211-227

Rowell, J. A. and Dawson, C. J. (1983) Laboratory counter-examples and the growth of understanding in science. *European Journal of Science Education* 5 (2): 203-215

Rowell, J. A. and Dawson, C. J. (1985) Equilibration, conflict and instruction: A new class-oriented perspective. *European Journal of Science Education* 4 (4): 331-344

Schollum, B. W., Hill, C. and Osborne, R. (1982) *Teaching about force*. Working Paper No. 34, Learning in Science Project. Hamilton, New Zealand; SERU, University of Waikato

Shuell, T. J. (1987) Cognitive psychology and conceptual change: Implications for teaching science. *Science Education* 71 (2): 239-250

Solomon, J. (1983) Learning about energy: how pupils think in two domains. *European Journal of Science Education* 5(1): 49-59

Stavy, R. (1991) Using analogy to overcome misconceptions about conservation of matter. *Journal of Research in Science Teaching* 28 (4): 305-313

Stavy, R. and Berkovits, B. (1980) Cognitive conflict as a basis for teaching quantitative aspects of the concept of temperature. *Science Education* 64: 679-692

Twigger, D. et al. (1991) The 'Conceptual Change in science' project. *Journal of Computer Assisted Learning* (in press).

West, L. and Pines, A. (Eds.) (1985) *Cognitive structure and conceptual change*. Academic Press

Sección C5, La enseñanza para un cambio conceptual: Una revisión de las estrategias; Conectar las Investigaciones en Enseñanza de la Física y la formación de los profesores
Libro del I.C.P.E. Comisión internacional sobre la enseñanza de la física 1997-1998
Todos los derechos reservados bajo International an Pan-American Copyright Conventions

Notas del traductor

ⁱ Nosotros escogimos traducir "idea" por "idée", se puede considerar que en inglés "idea" es intermediario entre idea y noción.

ⁱⁱ No se trata de una puesta en cuestión de los puntos de vista pero de una comparación. (N. Del T.)

ⁱⁱⁱ En inglés Ideational Confrontation: esta información pone en juego a los estudiantes que explicitan las predicciones o las explicaciones relativas de un fenómeno y debaten también los méritos de las explicaciones propuestas/ El debate es resuelto por el profesor que muestra el fenómeno y propone la explicación científica.

iv La palabra inglesa “misonceptions” se conservó, significa concepciones erróneas por vinculación a las concepciones científicas.

v Parcimonia es aquí la traducción de “parcimony” que dentro del contexto significa la economía de expresión.