

¿Cómo ir más allá de los modelos constructivistas? La utilización didáctica de las concepciones de los estudiantes

André Giordan (*)
LDES. Universidad de Ginebra (**)



RESUMEN

Se analiza el estado actual de las investigaciones y propuestas relativas a las concepciones de los estudiantes y su utilización didáctica, resaltando las limitaciones existentes y la contribución del modelo alostérico a la superación de las mismas.

Los trabajos en didáctica de las ciencias sobre las concepciones de los alumnos renuevan la problemática sobre el aprendizaje. Ciertamente, la idea de que el alumno participa activamente en la construcción de sus propios conocimientos no es nueva. En los últimos cincuenta años psicólogos como Piaget, Bruner, Wallon, Kelly, Gagné, Ausubel o Novak han desarrollado extensamente esta cuestión. Además, se reencuentra esta idea en las propuestas pedagógicas, desde Montaigne, Fénelon y Kant, hasta Claparède, Montessori, Decroly, Ferrière, Dewey y Freinet.

En el momento actual, esta cuestión sigue conservando toda su vigencia. Si hay construcción del conocimiento por el que aprende, ¿cómo podemos facilitar la adquisición de estos conocimientos? ¿Es un

asunto que concierne sobre todo al conocimiento de los procesos mentales del alumno? ¿Es algo más bien relacionado con el enriquecimiento de los conocimientos iniciales o con la relación de éstos con los nuevos conocimientos? En la mayor parte de los estudios realizados, el análisis de las concepciones de los alumnos aparece como una etapa necesaria en el proceso. Este método muestra muy rápidamente sus limitaciones, y una lectura atenta de los trabajos de psicología, de psicopedagogía y de didáctica revela que puede constituir una fuente de ingenuidades e ilusiones.

La investigación en didáctica se enfrenta a un problema mayor: ¿cómo un enseñante, o cualquier otro mediador, puede utilizar las concepciones cuando necesita "transmitir" un conocimiento? ¿Debe ayu-

(*) Versión española del original en francés. Pedro Cañal. Departamento de Didáctica de las Ciencias de la Universidad de Sevilla.

(**) 9 Route de Drize. 1227 Carouge. Genève



dar al alumno a enriquecer sus concepciones? ¿Debe refutarlas, desplazarlas o transformarlas? ¿Mediante qué tipo de actuación en clase o de mediación? ¿Asumiendo qué rol? ¿Con qué apoyos materiales o de recursos? Es preciso promover investigaciones específicas sobre todos los puntos anteriores, relativos en conjunto al problema del uso de las concepciones de los alumnos en situaciones de aprendizaje. Son muy escasos los estudios focalizados precisamente en este campo, tales como los de Giordan y De Vecchi (1987) o De Vecchi y Giordan (1989). Siendo necesarias tales investigaciones, parece que el concepto didáctico de "concepción" corre el riesgo de no ser aún operatorio.

Los psicólogos cognitivos han tratado de realizar aportaciones en ese sentido, pero no se han interesado hasta el presente ni en el contenido a enseñar, ni en los contextos y estrategias de intervención, en tanto que elementos fundamentales en una situación escolar o de mediación. Es precisamente en la intersección de estas preocupaciones en donde se sitúa la investigación en didáctica de las disciplinas, con intereses tanto teóricos como prácticos. Prácticos, porque un mayor dominio de los procesos de recogida y uso de las concepciones de los alumnos contribuye eficazmente a la toma de decisiones en cuanto a los aprendizajes (Giordan 1978, Giordan et al. 1978, Giordan y Souchon 1991, Clément y Mein 1987, Clément 1984, 1988, 1991, Kinneer 1983, Bernardini Mosconi et al. 1989, Borum 1988 a, 1988 b, Guichard 1990). Hay que desarrollar nuevas investigaciones e innovaciones, no tanto sobre las concepciones en sí mismas como sobre la eficacia de su utilización en la práctica. Tales estudios pueden permitir el logro de una especificidad para el campo de las didácticas. Puede parecer presuntuoso pronosticar que estas disciplinas pueden proporcionar elementos interesantes para renovar pro-

blemas clásicos de la epistemología y la psicología interesada en los procesos de construcción del saber (Bednarz y Garnier 1989, Giordan et al 1994), así como elementos teóricos, puesto que aún han de aclararse los mecanismos precisos de adquisición de conocimientos específicos, así como las interacciones entre estos mecanismos y los contextos de aprendizaje (Ausubel 1968, Novak 1976, Giordan et al. 1983, Belisle y Shiele 1984, Giordan et al. 1994). En el momento en que se derrumban los grandes dogmas que fundamentaron las opciones pedagógicas actuales, y en el que las ciencias cognitivas se desarrollan y comienzan a interesarse por estas cuestiones, las investigaciones en didáctica han de revelar los retos decisivos. Ciertas preguntas fundamentales siguen sin respuesta, como por ejemplo la articulación entre los aspectos cognitivos, afectivos y procedimentales en la construcción del conocimiento, la naturaleza de los razonamientos, el papel de las imágenes, etc.

Estado de la cuestión

La investigación didáctica caracterizó en principio las representaciones como algo relacionado con una separación o distanciamiento entre el pensamiento del alumno y el pensamiento científico. El término "misconception", muy utilizado en los trabajos del área anglosajona (por ejemplo en Novak et al. 1984, 1985), es significativo de esta corriente. Belisle y Schiele (1984) definen, en este sentido, las representaciones como "los conocimientos adquiridos fuera de la ciencia". Paralelamente, una serie de trabajos han ido catalogando las representaciones que se detectan previamente a la enseñanza, a fin de comprender mejor lo que puede obstaculizar la adquisición de conocimientos científicos en un campo concreto (Giordan

1978, Clément et al. 1981, 1983, Giordan et al. 1983, Equipo Aster 1985, Giordan y de Vecchi 1987, Driver et al. 1989).

Las representaciones se consideran, en esta línea, como una acumulación de informaciones teóricas y prácticas que cada persona tiene estructuradas y conservadas en su memoria, susceptibles por tanto de ser recopiladas previamente a la enseñanza para que ésta se pueda adaptar al estado de los conocimientos de los alumnos

(Driver et al. 1989). Para resumir estos aspectos, Resnick (1984) propone tres principios:

- el que aprende construye significados, no reproduce simplemente lo que se le enseña.
- comprender es algo que supone establecer relaciones; las informaciones aisladas se olvidan.
- todo aprendizaje depende de los conocimientos previos.

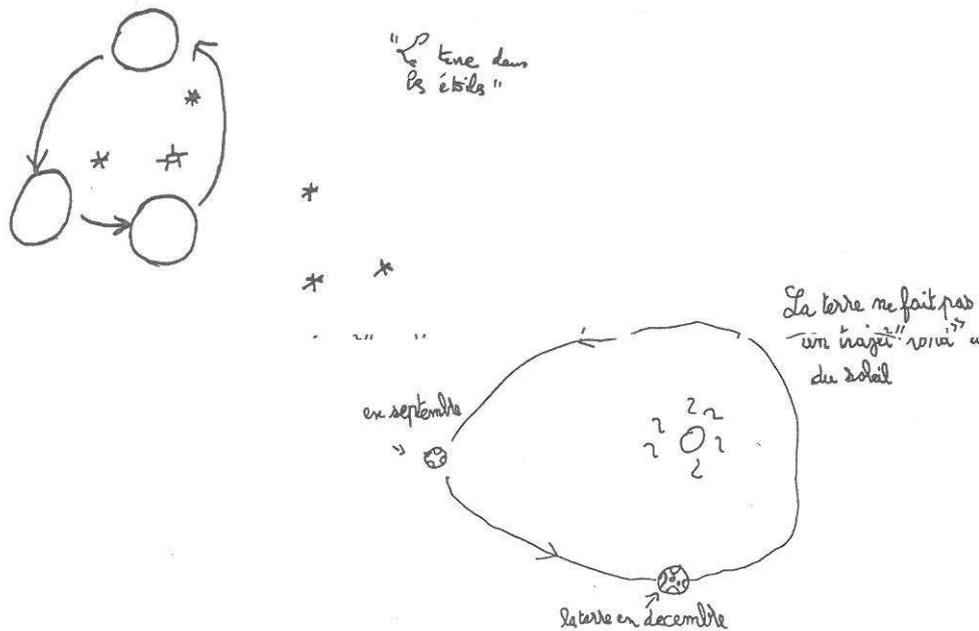


Fig. 1. La trayectoria de la Tierra en el universo.

Posteriormente, los estudios sobre este tema tienen un gran desarrollo (Posner et al. 1982, Gil 1983, Gil y Carrascosa 1985, 1990, Hodson 1988, Duschl y Gitomer 1991). El término *concepción* tiende a reemplazar al de *representación* (Giordan y de Vecchi 1987). Emerge la idea de que las concepciones no son ni simples recuerdos, ni reflejos de los contextos, sino que

se conciben más como producciones originales o, mejor, como un universo de significados construidos por el que aprende, en el que se ponen en juego saberes acumulados, más o menos estructurados, próximos o alejados del conocimiento científico que les sirve de referencia. En cada situación concreta se activará una parte de este conjunto y se movilizará en función del

sentido de cada caso, tal como el alumno lo percibe (Giordan et al. 1994).

Las concepciones intervienen en la identificación de cada situación, en la selección de las informaciones pertinentes, en su tratamiento y en la producción del significado. Según el autor considerado, se mencionan como instrumentos los "registros de funcionamiento" o "estrategias de pensamiento", de los que dispone el alumno, el que aprende, para aprehender la realidad, los objetos de estudio o los contenidos informativos (Novak et al. 1984, 1985, Pope et al. 1983, Host 1977, Kinnear 1983, Lucas 1986).

De esta forma, las concepciones son interpretadas, menos como elementos de un almacén de informaciones destinado a consultas posteriores que como una especie de "decodificador" que permite al que aprende comprender el mundo que le rodea (Simpson et al 1982, Osborne et al. 1980, 1983, 1985), de tal forma que a partir de ellas se abordan las nuevas preguntas, se interpretan las situaciones, se resuelven los problemas, se elaboran explicaciones o se hacen previsiones. El alumno, a través de sus concepciones, selecciona la información que cree relevante, le da significado (que eventualmente puede coincidir con el saber científico de referencia), la comprende, la integra con otros conocimientos y así... *aprende* (Giordan y de Vecchi 1987, Driver et al. 1989). Esta es su importancia en los mecanismos de apropiación del saber. Adquirir un conocimiento es pasar de una concepción a otra más pertinente, en una situación concreta. En este contexto constructivista, es posible agrupar el conjunto de las propuestas de enseñanza generadas bajo el término de *cambio conceptual* (Posner et al. 1982, Osborne y Wittrock 1983, Driver y Oldham 1986, Pozo 1987, 1989), que generalmente se caracteriza como proceso que incluye tres momentos:

- Una *fase de explicitación* de las concepciones. Frecuentemente se pone el acento, en esta fase, en las actividades de observación, las experiencias y los trabajos en grupo.

- Una *fase de estructuración*, con la creación de conflictos cognitivos, cuya finalidad es la de generar la insatisfacción de los alumnos con sus concepciones (o las de otros) y provocar la superación de las mismas. Durante esta fase, algunos autores proponen la aportación directa de conocimientos.

- Una tercera *fase de aplicación*, que puede proporcionar a los alumnos oportunidades para poner a prueba sus nuevas ideas en diferentes contextos.

La eficacia de estas estrategias de cambio conceptual se ha ratificado en diferentes campos del aprendizaje de las ciencias (Dusch y Gitoner 1991). Desgraciadamente, muchos otros trabajos muestran las limitaciones de este tipo de propuesta práctica (Gil y Carrascosa 1985, 1990, Giordan y de Vecchi 1987, 1989). Algunos llegan a poner de relieve las insuficiencias de las teorías psicológicas constructivistas subyacentes (Giordan 1994, 1995).

Cuando se trabaja sobre las concepciones de los niños acerca de "la vida del bebé en el vientre de la madre", hay una serie de opiniones o esquemas de los alumnos que nos llaman la atención. El niño, desde muy joven, posee imágenes sobre "qué es vivir". Tiene ideas sobre lo que quiere decir *respirar* o *comer*. O al menos cree saberlo, a partir de su experiencia cotidiana. Estas ideas le van a llevar a plantearse preguntas y a razonar para darles respuesta.

1. *¿Cómo respira un bebé?* Para los alumnos respirar es ventilar, es decir, hacer entrar aire y después hacerlo salir. Este aire no podrá ser más que "gaseoso", de forma que el bebé deberá "tomar aire atmosférico". Por ello, se planteará frecuentemente

la existencia de un tubo entre la boca de la madre y la del bebé, o entre la boca de la

madre y los pulmones del bebé, pasando a veces por el cordón umbilical.

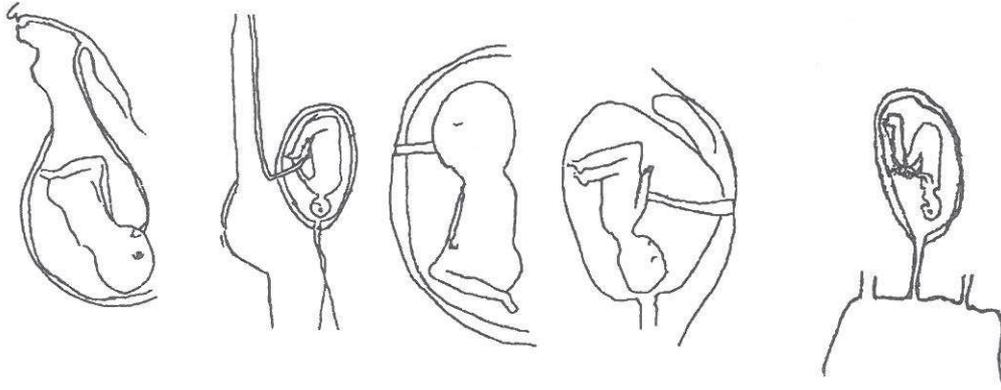


Fig. 2. Diversas concepciones de niños de 8 a 12 años sobre la respiración fetal.

Si además sabe que el bebé está en “una bolsa que contiene líquido”, resolverá la cuestión de la respiración mediante la existencia de un tubo que iría directamente a tomar el aire al ombligo de la madre, “de manera que el bebé pueda respirar el aire atmosférico” En este caso, la imagen de referencia es la del “submarinista con su tubo de inmersión”. En otros casos

considerará la existencia de una abertura a la altura de la vagina o del útero para que el bebé pueda respirar directamente.

2. *¿Cómo come el bebé?* Comer será, en esencia, tomar “cosas” sólidas. ¿Cómo lo puede hacer el bebé? Pues por un tubo que irá de la boca de la madre hasta la del bebé o bien desde la boca o desde los senos hasta el cordón umbilical.

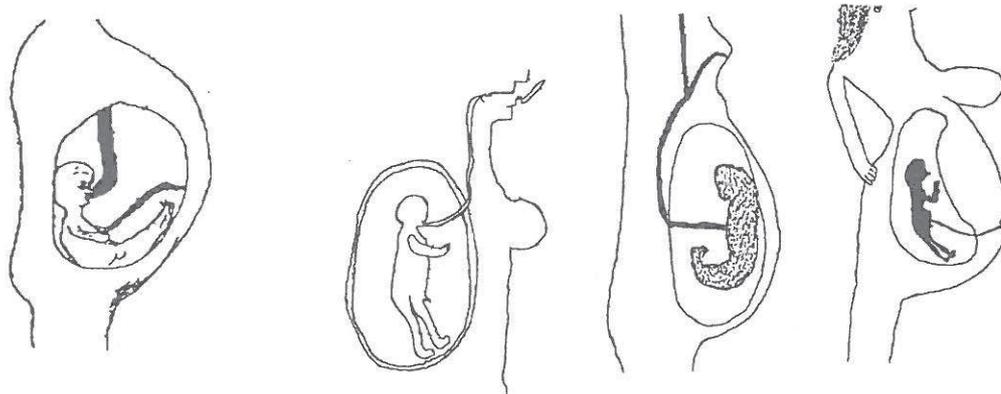


Fig. 3. Diversas concepciones de niños de 8 a 12 años sobre la nutrición del feto.

Límites de los modelos psicológicos constructivistas

Con la excepción de trabajos cognitivistas recientes, el aprendizaje no ha sido el principal objeto de estudio de dichos modelos, sino más bien un aspecto que se considera sólo eventualmente. La atención se ha centrado, bien en aspectos generales de la construcción "natural" del saber (teorías epistemológicas), bien en la interacción en los grupos (teorías psicosociales) o bien en la aprehensión de los procesos de desarrollo (teorías genéticas). En este último caso, por ejemplo, se elude alegremente el contenido (objeto de conocimiento) y el contexto (condiciones en que se desarrolla el aprendizaje). Se presupone, simplemente, que basta conocer el pensamiento del alumno y sus estados de desarrollo, para poder enseñar con éxito. Ahora bien, si se acepta la idea, hoy día preponderante, de que todo saber es contextualizado (Perret-Clermont 1979, 1988), ¿cómo pasar entonces de procesos generales a aprendizajes específicos? Es precisamente en este nivel en donde más a menudo se sitúan los fracasos más patentes de los modelos psicológicos constructivistas.

La mayoría de las observaciones muestran ostensiblemente la dificultad del uso de los conocimientos escolares en el desenvolvimiento profesional, así como de la transferencia de conocimientos cotidianos a situaciones escolares o viceversa. Los obstáculos para ello son múltiples y diversos, y además parecen tener un carácter específico para cada contenido y cada contexto. La mayor parte de los psicólogos, empezando por Piaget (lo que es reconocido claramente por sus sucesores, al afirmar que "falta una psicología del alumno" (Vinh Bang 1989), no se refieren expresamente a las actividades que realiza el que aprende, sobre las situaciones escola-

res o institucionales (y aún menos sobre las situaciones relativas a los medios de comunicación), o sobre las intervenciones facilitadoras del aprendizaje. Esta tendencia se observa igualmente en los textos de Ausubel, de Kelly o de Wallon, aun cuando este último era muy sensible a los aspectos sociales.

De esta forma, se ha desarrollado un consenso en torno a la idea de que los estudios sobre el aprendizaje exigen investigaciones específicas que se sitúan en el punto de convergencia de lo social e institucional (escuelas, centros culturales y centros profesionales son, en principio, instituciones), de lo psicológico (las estructuras mentales movilizadas por el alumno en la situación de aprendizaje, no las facultades mentales en general), y de lo epistemológico (la estructura y la elaboración del saber). En efecto, aun cuando estemos aún lejos de encontrar modelos definitivos en esta materia, se percibe claramente que estos tres tipos de parámetros interactúan en todo aprendizaje. La originalidad y la especificidad del proceso educativo resultan principalmente de estas interacciones y la integración de las mismas, aspectos raramente abordados en los estudios antes mencionados. Es preciso añadir a lo anterior que la aproximación al aprendizaje exige no limitarse al sujeto que aprende y a sus mecanismos conceptuales, pues estos últimos, aunque autoorganizados, son muy dependientes de las condiciones particulares y de los sucesivos entornos en los que se han generado, en el curso de la historia del individuo.

Es evidente, así, que la comprensión de un conocimiento científico no puede reducirse a la simple decodificación de los elementos verbales que los explican (decodificación lingüística y semántica), como preconizaba Vygotsky (1934), y aún menos a la adquisición de datos aislados pretendida por Gagné (1965). Más allá del

aprendizaje de cada elemento, es necesario que intervengan los aprendizajes ligados al conjunto, y ello en respuesta a un interrogante específico. Además, la memorización no es un simple proceso de almacenamiento de hechos, sino que es también una función estructurada.

Lo que se pone en cuestión en toda adquisición de conocimiento no es tan sólo la capacidad de razonar, sino la estructura misma de la concepción presente en la mente del que aprende. Los esquemas de pensamiento del alumno no son únicamente operatorios; las concepciones movilizadas se relacionan con un conjunto dotado de múltiples interacciones, constituido por preguntas, operaciones, marcos semánticos, marcos de referencias y de significados que constituyen una red de análisis e interpretación. Es preciso que el alumno organice y concilie estos diversos parámetros para constituir un nuevo conocimiento, y éste no se movilizará, frecuentemente, a no ser que "tome sentido" para el alumno. La cuestión de la significatividad, como la de la intencionalidad, son aún raramente abordadas en la psicología genética o en la psicología cognitiva.

Es evidente, por tanto, que la elaboración de los conceptos no puede reducirse a un aprendizaje de datos aislados. Todo aprendizaje se caracterizará por una multiplicidad de relaciones y una pluralidad de formas de organización. Los procesos elementales no podrán, pues, explicar todos estos aspectos. La *abstracción* no es sólo *reflexiva*, sino que también es *deformante* o *mutante*. Un nuevo elemento no se incluirá directamente en la línea de los conocimientos anteriores, sino que éstos últimos representarán, lo más a menudo, un obstáculo para su integración. Así, las informaciones adecuadas para permitir un aprendizaje no podrán asimilarse directamente, sino que se confrontarán con la estructura del pensamiento del alumno,

que en muchos casos las eludirá. El proceso de reconstrucción necesario es más importante, al menos en un primer momento, que el de construcción, y ambos no pueden aislarse, sino que interfieren continuamente.

Será preciso, pues, tener en cuenta los procesos de "deformación intelectual", en los que interaccionan las nuevas informaciones con la estructura mental, para que esta estructura mental llegue a transformarse, desembocando finalmente, no en una simple acomodación, sino en una mutación radical de la red conceptual. Cuando las nuevas informaciones son integradas por el sistema de conocimientos del aprendiz, este sistema se enriquece pero también, más frecuentemente, se transforma y transforma la formulación del propio problema planteado. La cuestión de la integración de los diferentes datos en un sistema conceptual permanece, pues, vigente, puesto que las diferentes teorías mencionadas no se interesan por la estructuración de los conocimientos específicos por los alumnos o aprendices, en general.

Las interrelaciones que existen entre los conceptos, que darán lugar a un significado particular, raramente se tienen en cuenta. Generalmente los conceptos que constituyen el objeto de aprendizaje no son comprendidos de manera inmediata por el alumno. Este necesitará informaciones complementarias y otro sistema de relaciones o, simplemente, apreciar su interés, pero no podrá realizar estas actividades a no ser que previamente se perciba de que no ha comprendido la nueva información o que su sistema de pensamiento no es adecuado al caso. En general, se comprende la estructura global cuando es preciso "abrirla" para hacerla funcionar o para enseñarla. De ahí la importancia de los procesos metacognitivos para que el conocimiento sea operatorio y movilizable.

Considerar la actividad mental como un proceso de relacionar informaciones (teorías genéticas) o incluso como un proceso jerarquizado de tratamiento de información (teorías cognitivas), en el que ésta es integrada en el sistema conceptual del aprendiz, es algo que parece limitado tan sólo para el caso de algunos conocimientos sencillos que no exijan la superación de obstáculos epistemológicos (Bachelard 1938). En el caso, por ejemplo, del aprendizaje de los conceptos de energía, estructura de la materia o gen, no todo dependerá de las estructuras cognitivas, en el sentido en que las definen Ausubel (1968) o Piaget (1950, 1968). Sujetos con niveles de abstracción muy desarrollados pueden razonar sobre nuevos contenidos como niños pequeños. Lo que se pone en cuestión no es sólo un nivel operatorio, sino que es a la vez una forma de plantearse interrogantes, un marco de referencia, de significados, unas redes semánticas (incluyendo el metaconocimiento sobre el contexto y sobre cómo se aprende), etc, elementos todos ellos que orientan la forma de pensar y de aprender y sobre los que las teorías constructivistas no dicen nada.

Además, la aproximación constructivista no se detiene tampoco a considerar las condiciones que facilitan el aprendizaje. El conocimiento de los mecanismos cognitivos es necesario, pero llega a ser muy insuficiente para inferir el contexto o la naturaleza de la estrategia de enseñanza o el tipo de mediación adecuado. Precisamente son estos últimos aspectos los que los enseñantes, o mediadores en general, tienen más necesidad de conocer. Y sobre los mismos, igual que en el caso anterior, las teorías psicológicas no realizan aportaciones, lo que es comprensible por otra parte, puesto que, como avanzábamos antes, estos elementos no son prioritarios en sus preocupaciones.

Límites del modelo de cambio conceptual

El proceso de aprender es algo que incluye un conjunto de acciones múltiples, polifuncionales y contextualizadas. Muy poco tienen en común el aprender el número de sépalos o pétalos de una flor, adquisición que se deriva prácticamente de la puesta en relación y de la simple memorización, con el aprendizaje de la genética de poblaciones, basado principalmente en procesos deductivos muy abstractos, o el concepto de regulación, que puede exigir un cambio de paradigma.

Las estrategias de cambio conceptual ponen el acento casi exclusivamente en la modificación de las ideas. Un cambio conceptual exige y comporta cambios metodológicos y epistemológicos (Gil y Carrasco 1990, Dusch y Gitomer 1991). Las estrategias de enseñanza deben incluir actividades que asocien, al menos, el cambio conceptual a un entrenamiento en los procesos científicos. Así, Dusch y Gitomer (1991) critican, tras Laudan (1984), una visión jerárquica del cambio conceptual, según la cual los cambios conceptuales producirían automáticamente cambios metodológicos y axiológicos, y atribuyen a esta incorrecta apreciación la ineficacia que, en parte, revelan las estrategias de cambio conceptual.

Podemos llegar aún más lejos en el análisis de estas limitaciones. El modelo alostérico que hemos propuesto (Giordan 1994, 1996), muestra que el aprendizaje moviliza varios niveles de organización mental, a primera vista dispares, así como un número considerable de bucles de regulación. Querer explicarlo todo mediante un mismo mecanismo es algo arriesgado. Las tres fases descritas en las propuestas de cambio conceptual son demasiado "toscas" como para permitir la producción de tales cambios conceptuales significativos.

El conflicto cognitivo es un parámetro importante, pero insuficiente por sí sólo para producir una adquisición y movilización del saber. También intervendrán otros múltiples parámetros que describiremos seguidamente. Además, serán indispensables varios ciclos de las tres fases propuestas, en interacción y con numerosos procesos de autorregulación. De ahí la propuesta de *sistemas de parámetros facilitadores* que realizamos en nuestro modelo alostérico.

El modelo alostérico

Para paliar las insuficiencias mencionadas, nos pareció útil proponer un nuevo modelo. Su particularidad principal es la de tener principalmente una finalidad didáctica. Trata de responder directa y prioritariamente a los problemas relativos al aprendizaje dentro y fuera de la escuela. Por otra parte, permite inferir previsiones: un conjunto de condiciones apropiadas para generar aprendizajes, lo que hemos denominado *entorno didáctico* (Giordan y de Vecchi 1987). En este artículo sólo lo describiremos parcialmente, por lo que remitimos a otras aportaciones anteriores para conocer más aspectos de su estructura (Giordan 1989, 1995, 1996).

Funcionamiento del modelo

La apropiación de cualquier conocimiento es un proceso que depende del que aprende, principal arquitecto de su aprendizaje, y que se sitúa a la vez en la prolongación de las adquisiciones anteriores y en oposición a las mismas. En efecto, el alumno, para tratar de comprender, no partirá de la nada, sino que posee sus propios instrumentos, las concepciones. Estas le proporcionan su marco de cuestionamiento, su forma de razonar y sus referen-

cias. A través de esta estructura de análisis interpreta las situaciones a las que se enfrenta o investiga, y traduce las diferentes informaciones que recibe. No obstante, todo aprendizaje significativo debe realizarse por ruptura con las condiciones iniciales del alumno. Más allá de la simple adquisición de un concepto, el conjunto de su estructura mental se transformará profundamente, su marco de cuestionamiento se reformulará íntegramente y su red de referencias sufrirá una amplia reelaboración. Ello nos ha llevado a sostener que el alumno aprende a la vez "gracias a" (Gagné 1965), "a partir de" (Ausubel 1968), y "con" (Piaget 1973, 1977) los conocimientos que sean funcionales en su mente. Pero, al mismo tiempo, deberá comprender frecuentemente "contra" (Bachelard 1938) estos últimos. Para aprender, el alumno debe volverse contra su concepción inicial, pero no podrá hacerlo más que "con" la misma, y ello hasta que ésta se "resquebraje" cuando le parezca limitada o menos fecunda y entonces ocupe su lugar otra concepción, siendo entonces preciso que tenga ocasión para hacerla funcionar. Este proceso no es nunca espontáneo, sino que se producirá tan sólo en función de:

- las estructuras de pensamiento movilizadas (preguntas, marco de referencia, operaciones dominadas, producción de significados, ...),
- los riesgos que el individuo perciba en la situación,
- las interacciones que haya establecido con el entorno educativo y
- las regulaciones que pueda introducir o desarrollar.

Las concepciones no son, pues, únicamente un punto de partida ni el resultado final de una actividad. Son los instrumentos mismos de la actividad de aprender. Una concepción se corresponde siempre con un interrogante. Y éstos no parecen existir más que en relación con un proble-

ma, aun cuando éste pueda tener un carácter implícito. Será la concepción elaborada la que conducirá finalmente a reformular el problema. Hay además otros cua-

tro parámetros en interacción que determinan la concepción: el marco de referencia, los invariantes operatorios, la red semántica y los significantes.

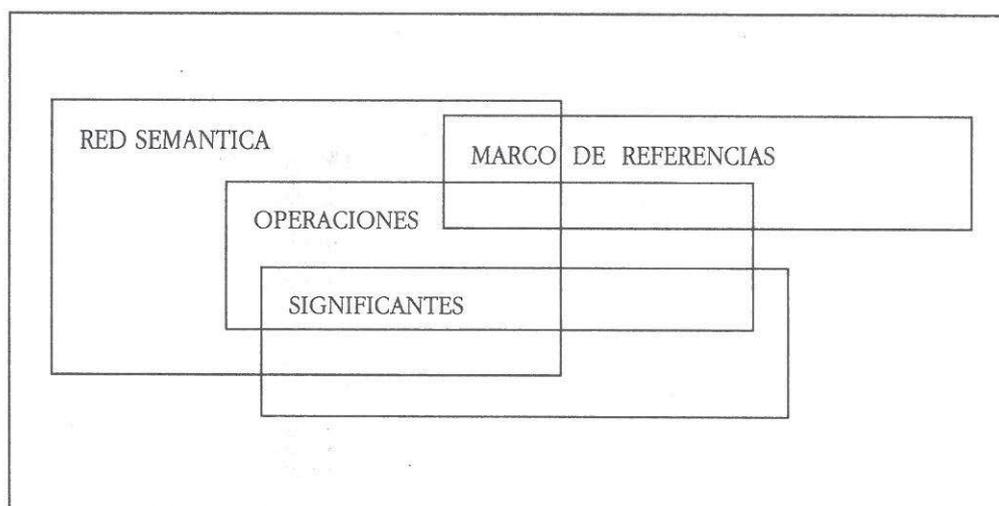


Fig. 4. Parámetros que determinan las concepciones.

El *marco de referencia* está constituido por el conjunto integrado de los conocimientos anteriores que, al ser activados y comparados, proporcionan una significación y un contorno a la concepción. A través de ésta, el aprendiz es conducido directamente a plantearse preguntas, de tal forma que proporciona el contexto (informaciones, otras concepciones) que hacen significativa la producción y la presentación de la concepción.

Las *invariantes operatorias* están constituidas por el conjunto de las operaciones mentales subyacentes. Establecen las relaciones entre los elementos del marco de referencia, hacen funcionar la concepción y, eventualmente, la transforman a partir de las nuevas informaciones conseguidas, las cuales, igualmente en interacción con el marco de referencia, regulan dicha concepción.

Los *significantes* agrupan el conjunto de los signos, huellas, símbolos y otras formas de lenguaje (natural, matemático, gráfico, esquemático, modelizado, etc) utilizadas para producir y explicitar la concepción.

Por último, la *red semántica* constituye el sistema de significados a que conducen los elementos anteriores. Sus nudos representan el marco de referencia y sus relaciones pueden asimilarse a las operaciones mentales. La significación de la concepción emerge a través de esta red.

Aprehender un nuevo conocimiento consiste, por tanto, en integrarlo en una estructura conceptual ya funcional y que tenderá a rechazarlo, por todo tipo de razones relacionadas con el equilibrio de la estructura mental del individuo (costes cognitivos, perturbaciones afectivas, etc) El modelo alostérico permite prever una serie

de obstáculos en el aprendizaje, situados en diferentes niveles, lo que exigirá necesariamente diferentes tratamientos didácticos específicos. En primer lugar, en el caso más simple, el obstáculo puede consistir en la falta de alguna información necesaria. En otros casos, la información necesaria es accesible, pero el alumno no está motivado hacia la misma o la cuestión que le preocupa es otra. En tercer lugar, el aprendiz es incapaz de aprender por razones metodológicas, operacionales o relativas a los referentes. Por último, muy frecuentemente, es posible que falten los elementos necesarios para el desarrollo efectivo de la comprensión. Es en los dos últimos casos mencionados cuando el modelo alostérico resulta más pertinente. En relación con los aprendizajes básicos, muestra claramente que el saber a adquirir no se inscribe jamás automáticamente en la línea de los conocimientos anteriores, sino que éstos representarán con mucha frecuencia un obstáculo para su integración. Será preciso, pues, prever una transformación radical de la malla conceptual, lo que implica la consideración de un conjunto de condiciones suplementarias.

En primer lugar, el aprendiz deberá encontrarse en condiciones de superar el edificio constituido por los conocimientos más comunes y cotidianos. Ahora bien, ello no es nada evidente en principio, pues las concepciones que pone en funcionamiento son los únicos instrumentos que tienen a su disposición, y a través de ellos interpreta la realidad. El alumno habrá de poner en cuestión constantemente sus concepciones, pues éstas le llevan inevitablemente a "lo evidente" y constituyen un "filtro" sobre la realidad. En segundo lugar, la concepción inicial no se transformará más que si el alumno se enfrenta a un conjunto de elementos convergentes y redundantes que convierten dicha concepción en una idea difícil de utilizar.

En tercer lugar, el alumno no podrá elaborar una nueva red conceptual más que relacionando de manera distinta las informaciones reunidas, apoyándose sobre todo en los modelos organizadores que permiten estructurar los conocimientos de otra forma. En cuarto lugar, los conceptos que se estén elaborando exigen, para llegar a ser funcionales, que se diferencien progresivamente y se delimite su campo de aplicabilidad en el curso del aprendizaje, consolidándose posteriormente al ser reutilizados en otras situaciones en las que también puedan aplicarse.

El aprendizaje supone, en fin, que el aprendiz ejerza un control deliberado de su actividad y sobre los procesos que rigen la misma, y ello en diferentes niveles. Primeramente en cuanto a la reorganización de la información que se le presenta (o que obtiene), en función del análisis que realiza de la situación, de las significaciones que elabora al respecto y de las representaciones del conocimiento que establece. A continuación, deberá conciliar el conjunto de los parámetros precedentes para constituir, en el caso en que pueda reutilizarse, un nuevo saber. Deberá entonces descubrir las semejanzas y las diferencias entre los antiguos y los nuevos conocimientos y resolver las frecuentes contradicciones.

Si no se cumple alguna de las condiciones mencionadas, se puede comprometer el aprendizaje, pues es evidente que el pensamiento de un alumno no funciona como un sistema de registro pasivo que grabe el nuevo conocimiento sobre un terreno hasta entonces virgen, sino que posea, por el contrario, su propio modo de explicación, que orienta la forma en que son apprehendidas las nuevas informaciones.

Esta red conceptual, formada de manera involuntaria e inconsciente a partir de las primeras experiencias e interpretacio-

nes personales de las situaciones de enseñanza o de mediación anteriores, constituye un verdadero filtro para toda nueva adquisición.

Es pues el aprendiz el que, por una u otra razón, debe encontrarse en situación de cambiar sus concepciones. Si la enseñanza no las tiene en cuenta, éstas ofrecerán una viva resistencia a todo cambio o remodelación. El alumno, por tanto, no pondrá en funcionamiento tan sólo un simple proceso de asimilación-acomodación, sino que debe establecerse, sin duda, un proceso autorregulador que no funcione tan sólo como "puente cognitivo" (Ausubel et al. 1968) o como "abstracción reflexiva" (Piaget 1977).

Pese a que el aprendizaje no puede ser considerado, evidentemente, como un simple mecanismo de acumulación de información, esta idea es aún básica en todos los programas escolares, descomponiéndose el conocimiento en una serie de disciplinas y éstas en capítulos, subcapítulos, etc, que se abordarán sucesivamente, en la idea de que su yuxtaposición reconstituirá espontáneamente el todo.

De la misma forma, podemos decir que el saber no se transmite, pues procederá principalmente de la secuencia de actividades de puesta en relación y, sobre todo, de reconstrucción, durante las que el pensamiento del alumno confronta las nuevas informaciones con sus concepciones movilizadas, para producir nuevas significaciones más aptas para responder a los interrogantes que se plantea. Una nueva concepción no podrá sustituir a la antigua más que, paradójicamente, suplantando las estructuras anteriores. Lo que principalmente cambia en la mente del aprendiz, como es mostrado claramente por el modelo alostérico, no son las informaciones, sino la red de relaciones que las vincula y produce una nueva significación en respuesta a una pregunta.

La imagen que mejor describe la mecánica del aprendizaje es la de un proceso de fabricación. En efecto, el aprendizaje incluye a la vez procesos conflictivos e integradores y su principal característica es la de producir inicialmente interferencias, que son la consecuencia de las múltiples interacciones que se producen entre las concepciones y el contexto de aprendizaje, entre concepciones y conceptos y, sobre todo, entre los múltiples elementos que constituyen las concepciones (marco de cuestionamiento, marco de referencias, procesos conceptuales puestos en juego, etc) El centro del proceso de aprender está en las acciones de producción de significados que realiza el propio aprendiz. Es éste quien selecciona, analiza y organiza los datos para elaborar una respuesta personal a una pregunta, y nadie puede hacerlo en su lugar, pero para ello será preciso que tenga la intención de hacerlo y haya una cuestión que le intrigue, por ejemplo.

De la misma forma, sólo el alumno que aprende puede trabajar para integrar las nuevas informaciones y darles un significado que llegue a ser compatible con el conjunto de la organización de la estructura mental previamente existente. A partir de aquí cobra todo su sentido la noción de interferencia y se entiende que el proceso exija tiempo y pase necesariamente por una serie de etapas. Pero el motor de este proceso no es una simple maduración sino, más bien, por una parte, una emergencia que depende de condiciones internas que regulan el pensamiento del aprendiz, y, por otra, de las condiciones exteriores en las que éste está situado, que producen múltiples interferencias a su alrededor. Por otra parte, será la red de relaciones establecidas entre el sistema conceptual del alumno y las informaciones seleccionadas en la escuela y fuera de ésta la que resultará pertinente, y no la sucesión de los datos registrados.

La apropiación del saber debe contemplarse como una sucesión de operaciones de transformación sistémica y progresiva, en la que lo primero que cuenta es que éstas conciernen y planteen preguntas al alumno en su forma de pensar.

Un entorno didáctico

El complejo proceso antes descrito debe estar favorecido por lo que llamamos “un entorno didáctico”, que se ponga a disposi-

ción del alumno por el profesor y, de forma más general, por todo el contexto educativo y cultural. La probabilidad de que un alumno pueda “descubrir” independientemente el conjunto de elementos necesarios para transformar las preguntas o producir las múltiples conexiones y reformulaciones deseables, es prácticamente nula para un período de tiempo limitado. Incluso las personas autodidactas reconocen que sus aprendizajes fueron facilitados indirectamente. El modelo alostérico nos permite seleccionar los parámetros más significativos:

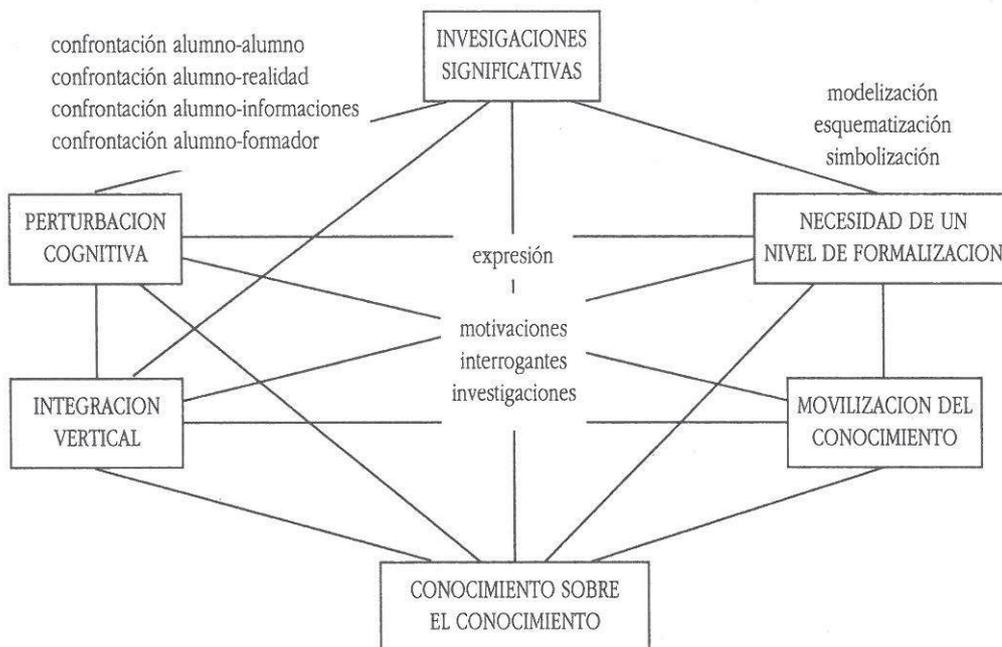


Fig. 5. Parámetros pertinentes en un entorno alostérico.

En primer lugar, el contexto educativo debe provocar los desequilibrios conceptuales que sean pertinentes. Debe asumirse por el aprendiz un reto de aprendizaje o, en otros términos, una actividad elaboradora, para lo que será preciso motivarlo y conseguir que la cuestión o situación

planteada le concierna realmente y le plantee interrogantes o, al menos, que llegue a entrar en la misma.

Serán indispensables una serie de confrontaciones auténticas entre el alumno y la realidad, por medio de encuestas, observaciones o experimentaciones, si pue-

den realizarse. Estas confrontaciones pueden plantearse también entre los alumnos, por medio de trabajos en grupo, o bien con otras fuentes de información personales o documentales. Todas estas actividades deben convencer al alumno de que sus concepciones no son suficientemente adecuadas para el problema en cuestión y le ayudarán a explicitar su pensamiento, así como a distanciarse de sus evidencias, llegando frecuentemente a reformular el problema o/y a percibir otras relaciones. Mediante otras actividades puede llegar a seleccionar un conjunto de nuevos datos para enriquecer su experiencia.

En segundo lugar, es importante que el alumno acceda a un cierto nivel de formalización, que puede tomar formas muy diversas (simbolismo, esquematización, modelización) y supone una ayuda para la reflexión. Podemos pensar, por ejemplo, hasta qué punto los números árabes y las reglas de la multiplicación pueden facilitar este aprendizaje frente a los números romanos y los ábacos de la Edad Media.

Naturalmente, el medio de simbolización seleccionado deberá ser accesible y fácilmente manipulable por el alumno. Debe tener correspondencia con la realidad y permitir la organización de los diversos datos o servir de punto de anclaje para producir una nueva estructuración del saber. En este último sentido, la introducción de modelos permitirá siempre una perspectiva renovada sobre la realidad y puede servir de "núcleo duro" para relacionar las informaciones y producir un nuevo conocimiento.

En el plano didáctico, están en curso un buen número de investigaciones. Siguiendo los momentos del proceso de enseñanza, hay varios y diversos procedimientos que parecen poder utilizarse con éxito. Como primera etapa, se revela que es más económico que el enseñante proporcione un esbozo del modelo relativo al

contenido tratado. En todo caso, es preciso que el profesor o mediador adopte una serie de precauciones. Es útil que este "pre-modelo" sea legible, comprensible y adaptado a la percepción del problema que tiene el alumno. Es preferible que éste haya tenido previamente ocasión de familiarizarse con su uso: de producirlo e incluso de hacerlo funcionar... Es importante, sobre todo, que el aprendiz haya tomado conciencia de que no hay "modelos perfectos" y de que todo modelo no es más que una aproximación provisional. Es también útil que el alumno "juegue" con varios de ellos para comprobar su operatividad y sus limitaciones.

En tercer lugar, es interesante aportar al alumno situaciones en las que, una vez elaborado, el saber pueda reutilizarse. Estas actividades son indispensables para mostrarle que los nuevos datos son más fácilmente aprehendidos cuando se integran en una estructura de acogida o cuando se usan. ¿No aprendemos frecuentemente cuando tenemos que enseñar algo o cuando es preciso utilizar un conocimiento en la práctica? Además, estas situaciones acostumbra al alumno a "injetar" lo nuevo sobre lo antiguo y entrenan en ese "ir y volver" entre lo que conoce y lo que está aprendiendo, de forma que las adherencias anteriores son más fácilmente superadas.

Por último, es deseable que el alumno que aprende pueda poner en práctica lo que llamamos un "conocimiento sobre el conocimiento". Muchas dificultades constatadas muestran a menudo que algunos obstáculos de aprendizaje no están directamente relacionados con el conocimiento en sí mismo, sino que derivan indirectamente de la imagen o de la epistemología intuitiva del alumno sobre el proceso en curso o sobre los mecanismos de producción del conocimiento. Se trata, concretamente, de introducir desde los primeros años una reflexión sobre la construcción

en la práctica del conocimiento conceptual. ¿Cuáles han sido las aportaciones de los alumnos, sus intereses? ¿Cuáles los procesos puestos en marcha en clase? ¿Cuáles los procesos lógicos subyacentes? ¿Por qué razón se cree, a veces, que el conocimiento e incluso el aprendizaje no pueden constituir un objeto de estudio y conocimiento... en la escuela?

REFERENCIAS

- ASTER (équipe de recherche), (1985). Procédures d'apprentissage en sciences expérimentales, Ed. INRP, Coll. *Rapports de recherche*, 3.
- AUSUBEL, D.P.; NOVAK J.D.; HANESIAN H. (1968). *Educational psychology: A cognitive view*, (2nd ed) New-York, Rinehart and Winston.
- BACHELARD, G. (1938). La formation de l'esprit scientifique, Vrin, Paris.
- BEDNARZ N., GARNIER C. (ED) Construction des savoirs: Obstacles et conflits, Colloque international obstacle épistémologique et conflit sociocognitif, CIRADE, Agence ARC inc, Montréal, 1989.
- BERNARDINI MOSCONI, P. et al. (1989). Itinéraires muséologiques naturalistes et nouvelle approche didactique, *Actes des XIèmes Journées Internationales sur l'Education Scientifique*, A. Giordan, J.L. Martinand, C. Souchon (ED), 469-473.
- BELISLE C.; SCHIELE B. (1984). *Les savoirs dans les pratiques quotidiennes, recherches sur les représentations*, Ed. du C.N.R.S., Paris, Lyon.
- BORUM, M. (1988). A glimpse of visitor's naive theory of science, Visitor studies, *Theory Research and practice*, Edited by S. Bitgood, J. Roper, A. Benefield Jacksonville AL, Centre for Social Design, 135-138.
- BORUM, M. (1988). Naive Notions and the design of science museum exhibits, Visitor studies, *Theory and practice*, Vol. 2, Edited by S. Bitgood, J. Roper, A. Benefield, Jacksonville AL, Centre for Social Design, 158-162.
- CLEMENT, P.; SERVERIN, J.L.; LUCIANI, A. (1981). Quelle digestion des représentations initiales dans la pratique pédagogique ?, *Pédagogiques*, 1, 3, 20-22.
- CLEMENT, P.; SERVERIN, J.L.; LUCIANI, A. (1983). Les représentations en biologie et les objectifs de la pédagogie : digérer ou régurgiter ?, *Actes des Vèmes Journées Internationales sur l'Education Scientifique*, 453-460.
- CLEMENT, P. (1984). Codes et discours sur la "Vision" des animaux, *Actes des VIèmes Journées Internationales sur l'Education Scientifique*, 313-323.
- CLEMENT, P.; MEIN, M.T. (1987). Modèles cérébraux et comportementaux : approche historique et relations avec les modes d'apprentissage, *Actes des IXèmes Journées Internationales sur l'Education Scientifique*, 151-168.
- CLEMENT, P. (1988). Les utilisations des images animées (films et vidéo) dans l'enseignement de la biologie, *Pédagogiques*, 8, 2, 429-441.
- CLEMENT, P. (1991). Sur la persistance d'une conception : la tuyauterie continue digestion-excrétion, *Aster*, 13, 133-155.
- De VECCHI, G.; GIORDAN, A. (1989). *L'enseignement scientifique : comment faire pour que "ça marche"?*, Z'Editions, Nice.
- DRIVER, R. et OLDHAM, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education*, 13, 105-122.
- DRIVER, R.H.; GUESNE, E.; THIBERGHIE, A. (Ed), (1989). *Children's ideas in science*, Open University Press, Philadelphia.
- DUSCHL, R. et GITOMER, D. (1991). Epistemological perspectives on conceptual change: implications for educational practice, *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 839-858.
- GIL, D. (1983). Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 1 (1), 26-33.
- GIL, D. et CARRASCOSA, J. (1985). Science learning as a conceptual and methodological change. *European Journal of Science Education*, 7 (3), 231-236.
- GIL, D. et CARRASCOSA, J. (1990). What to do about science misconceptions. *Science Education*, 74 (4).
- GAGNE, R.M. (1965). *The condition of learning*, Holt, Rhinehart and Wiston.
- GIORDAN, A. (1978). *Une pédagogie pour les sciences expérimentales*, Centurion.
- GIORDAN, A. et al. (1978). *Quelle éducation scientifique pour quelle société ?*, PUF.
- GIORDAN, A. (sd), (1983). *L'élève et/ou les connaissances scientifiques*, Peter Lang, Berne.
- GIORDAN, A.; De VECCHI G. (1987). *Les origines du savoir*, Delachaux.
- GIORDAN, A. (1989). De las concepciones de los alumnos a un modelo de aprendizaje alostérico. *Investigación en la Escuela*, 8, 3-13.

- GIORDAN, A.; HENRIQUEZ A.; VINH BANG (ED), (1989). *Psychologie génétique et didactique des sciences*, Peter Lang, Berne.
- GIORDAN, A.; SOUCHON C. (1991). *Une éducation pour l'environnement*, Z'Editions, Nice.
- GIORDAN, A.; GIRAULT, Y.; CLEMENT, P. (1994). *Conceptions et connaissance*, Peter Lang.
- GIORDAN, A.; GIRAULT, Y. (1996). New learning model, Z'Editions, Nice.
- GUICHARD, J. (1990). Diagnostic didactique pour la production d'un objet muséologique, *Thèse de doctorat*, Université de Genève, 1990.
- HOST, V. (1977). Place des procédures d'apprentissage "spontané" dans la formation scientifique, *Bulletin de liaison INRP, Section Sciences*, 17.
- HODSON, D. (1988). Towards a philosophically more valid science curriculum, *Science Education*, 72(1), 19-40
- HODSON, D. (1992). Assessment of practical work: some considerations in Philosophy of Science, *Science Education*, 1(2), 115-144.
- KINNEAR, J. (1983). Identification of misconceptions in genetics and the use of computer simulation in their correction, *Proc. at the international seminar on misconceptions in science and math.*, 84-92.
- LAUDAN, L. (1964). *Science and values: the aims of science and their role in the scientific debate*, University of California Press. Berkeley.
- LUCAS, A.M. (1986). Tendencias en la investigación sobre la enseñanza/aprendizaje de la biología, *Enseñanza de las Ciencias*, 4, 189-198.
- NOVAK, J.D. (1976). Understanding the learning process and effectiveness of teaching method in classroom, *Journal of Science Education*, 60, 4, 493-512.
- NOVAK, J.D.; GOWIN, D.B. (1984). *Learning how to learn*, Cambridge University Press.
- NOVAK, J.D. (1985). Metalearning and metaknowledge strategies to help students to learn how to learn, Leo HT., A. Leon Pines (ED), *Cognitive structure and conceptual change*, Academic Press, 189-209.
- OSBORNE, R.J.; GILBERT, J.K. (1980). A method for investigating concept understanding in science, *European Journal of Science Education*, 2, 3, 311-321.
- OSBORNE, R.J.; WITTROCK, M.C. (1983). Learning science : A generative process, *European Journal of Science Education*, 67(4), 498-508.
- OSBORNE, R.J.; FREYBERG, P. (1985). *Learning in science: The implications of children's science*, Portsmouth, N.H, Heinemann.
- PIAGET, J. (1950). *Introduction à l'épistémologie génétique*, PUF, Paris.
- PIAGET, J. (1968). *Le langage et la pensée chez l'enfant*, Delachaux, 8ème éd.
- PIAGET, J. (1973). *Où va l'éducation*, Denoël Gauthier.
- PIAGET, J. et al. (1977). *Recherches sur l'abstraction réfléchissante*, Puf, Paris.
- POPE, M.; GILBERT, J. (1983). Personal experience and construction of knowledge in science, *Science Education*, 67, 2, 193-204.
- POSNER, G.J. et al. (1982). Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-227.
- POZO, J.I. (1987). Aprendizaje de la ciencia y pensamiento causal, Visor, Madrid.
- POZO, J.I. (1989). Teorías cognitivas del aprendizaje, Morata, Madrid.
- PERRET-CLERMONT, A.N. (1979). *La construction de l'intelligence dans l'interaction sociale*, Coll Exploration Recherche, Peter Lang, Berne.
- PERRET-CLERMONT, A.N. et al. (1988). Relation interpersonnelle et développement des savoirs, Cousset Delval.
- RESNICK, L.B. (1983). Mathematics and Science Learning: a new conception.
- SIMPSON, M.; ARNOLD, B. (1982 b). Availability of prerequisite concepts for learning biology at certificate level, *Journal of Biological Education*, 16, 1, 65-72.
- VYGOTSKY, L. (1934). *Mind and society : the development of higher psychological processes*, MIT Press.

SUMMARY

This paper presents an analysis of the present moment about the researches and purposes relative to students conceptions and their didactic use, emphasizing the existing limitations and the alostheric model contribution to overcome them.

RÉSUMÉ

On analyse l'état actuel des recherches et propositions sur les conceptions des élèves et son utilisation didactique, en soulignant ses limitations et la contribution du modèle alostherique pour la superation des mêmes.