

ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS DESDE UNA MIRADA DE LA DIDÁCTICA DE LA ESCUELA FRANCESA

JUAN FERNANDO BARROS*

RESUMEN

En la enseñanza de las ciencias intervienen variedad de conocimientos: el de las ciencias, el del científico, el académico, el del profesor, el cotidiano, el del alumno. En este artículo se lleva a cabo un recorrido por algunos modelos de enfoque constructivista, hasta llegar a la didáctica de la escuela francesa, en un intento por mostrar los elementos de las situaciones didácticas de importante desarrollo en la enseñanza de las matemáticas. Se pretende con ello mostrar que esta didáctica podría acogerse en la enseñanza de las ciencias, dado que su propuesta ofrece al proceso de la enseñanza-aprendizaje y, en particular, a la relación ternaria profesor, alumno y objeto del saber elementos para un desarrollo didáctico que puede garantizar la apropiación del saber por parte del alumno.

PALABRAS CLAVE: enseñanza de las ciencias; situaciones didácticas; transposición didáctica; constructivismo.

SCIENCE TEACHING FROM A LOOK OF THE DIDACTICS OF THE FRENCH SCHOOL

ABSTRACT

In science teaching variety of knowledge takes part: that of sciences, that of the scientist, the academic, that of the professor, the daily one, that of the student. In this paper a journey for some models of constructivist's focus is carried out, until arriving to the didactics of the French school, in an attempt to show the elements of the didactic situations of important development in mathematics teaching. The intention is to show that this didactics could be welcomed in the teaching of sciences, since its proposal offers to the process of teaching-learning and in particular to the ternary relationship professor, student and object of the knowledge elements for a didactic development that can guarantee the appropriation of the knowledge on the part of the student.

KEY WORDS: science teaching; didactic situations; didactic conversion; constructivism.

* Ingeniero Civil, Escuela de Ingeniería de Antioquia. Magíster en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos, Universidad Nacional de Colombia. Estudiante de Doctorado en Educación, Universidad de Antioquia. Profesor-investigador, Escuela de Ingeniería de Antioquia. Grupo de investigación Espiral EIA. pjubar@eia.edu.co

1. INTRODUCCIÓN

En Colombia la enseñanza de la ciencia en ingeniería es realizada por profesionales, ingenieros o especialistas en ciencias como la matemática, la física, la química o la biología. Un elemento básico de la enseñanza es el conocimiento que tiene el profesor de la asignatura a su cargo, sin embargo, es reconocida por las instituciones y los propios docentes la importancia de las consideraciones didácticas en la práctica de la enseñanza y del aprendizaje. Por esta razón, se ofrecen en las instituciones de educación superior cursos de capacitación docente dirigidos principalmente a aspectos de la didáctica. Es común que el profesor elabore un plan de estudio, escoja unos textos orientadores, elija unos materiales complementarios, defina un sistema de evaluación y decida sobre la forma como desarrollará su actividad en el aula y hasta la que debe realizar el estudiante (lo que se conoce como trabajo independiente). Toda esta preparación se hace, por supuesto, antes de iniciar su curso, antes de conocer, por lo tanto, las características de sus alumnos. Cuando el profesor se encuentra ante estos, es normal que le asalten muchas preguntas propias de su actividad como enseñante, pero que surgen al reconocer que tiene ante él un grupo de personas con ideales comunes, pero también, en alguna forma, diferentes y sobre todo con identidades propias, distintas capacidades y con variedad de maneras de percibir las cosas, de sentir las, de valorarlas, de entenderlas. Parte de estos interrogantes del profesor es lo que aquí se intenta resolver desde las consideraciones que pueden hacerse del alumno que quiere aprender ciencias o, si se prefiere decir, del alumno al que se quiere enseñar ciencias.

Hoy en día se acepta el enfoque constructivista para la enseñanza de las ciencias. Por eso se ha querido hacer un recorrido por las principales propuestas que se acogen a este enfoque. En la didáctica de las matemáticas ha habido un desarrollo muy valioso por parte de la escuela francesa que vale la pena recoger y considerar para la enseñanza de

las ciencias en general. Por esto, en este artículo se ha querido presentar algunos elementos de esta didáctica con miras a su implantación en la enseñanza de las ciencias.

2. VISIÓN CONSTRUCTIVISTA PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

Los modelos de enseñanza de las ciencias hoy utilizados se apoyan en el enfoque constructivista. El planteamiento de base en este enfoque es que el individuo es una construcción propia que se va produciendo como resultado de la interacción de sus disposiciones internas y su ambiente, y su conocimiento no es una copia de la realidad, sino una construcción que hace la persona misma. Esta construcción resulta de la representación inicial de la información y de la actividad, externa o interna. Esto significa que el aprendizaje no es un asunto sencillo de transmisión, internalización y acumulación de conocimientos, sino un proceso activo del alumno para ensamblar, extender, restaurar e interpretar y, por lo tanto, construir conocimiento desde los recursos de la experiencia y la información que recibe. Un aprendizaje eficaz requiere que los alumnos operen activamente en la manipulación de la información, pensando y actuando sobre ella para revisarla, expandirla y asimilarla (Chadwick, 2001; Gil y De Guzmán, 1993; Sanmartí, 1995).

En las dos últimas décadas, el constructivismo ha servido de soporte, de un modo u otro, para la mayoría de los trabajos realizados en el ámbito de la didáctica de las ciencias. Contrasta la alta incidencia del constructivismo para orientar los problemas de la enseñanza de las ciencias con el hecho de que cualquier trabajo que declare su filiación con esta posición, sin más detalles, sólo permite suponer cierto compromiso con la afirmación de que el alumno construye su conocimiento (Marín, 2003b).

Aunque en la literatura existe una buena cantidad de términos para matizar al constructivismo, por ejemplo, contextual, dialéctico, empírico,



metodológico, moderado, piagetiano, posepistemológico, pragmático, radical, realista, social, sociohistórico, humanista, débil, trivial, etc., si se consideran sólo las versiones que han tenido una influencia significativa en el ámbito de la didáctica de las ciencias, la lista se reduce al *constructivismo piagetiano, humano, social y radical* (Marín, 2003b).

El *constructivismo piagetiano* se va conformando cuando diversos autores aplican en el campo de la enseñanza de las ciencias diferentes partes del entramado teórico de las aportaciones de Piaget (niveles cognitivos, formación de las operaciones formales, teoría de equilibración, etc.). Tuvo fuerte incidencia en el diseño de proyectos para la enseñanza de las ciencias en la década de los sesenta. A finales de los setenta surgieron otros enfoques que llevaron a esta familia constructivista a un segundo plano, en el que permanece en la actualidad (Marín, 2003b).

El *constructivismo humano* fue uno de los enfoques que adquirió más influencia a finales de los setenta. Inicialmente se fundamentó en la propuesta de aprendizaje significativo de Ausubel. Poco a poco, a lo largo de los ochenta, nuevas propuestas fueron asumidas por los seguidores del *constructivismo social* (Marín, 2003b).

El *constructivismo social* (inicialmente denominado movimiento de las concepciones alternativas) fue el otro enfoque que comenzó a tener presencia a finales de los setenta. Lejos de grandes teorías, esta familia constructivista inició su andadura desde su interés por la mejora de la enseñanza de las ciencias, usando principios sencillos como el de que las concepciones específicas de los alumnos sobre los contenidos de enseñanza son importantes, o que el alumno debe aprender ciencia en consonancia con la actividad científica. A lo largo de los ochenta los nuevos planteamientos fueron ganando adeptos, hasta tomar una posición hegemónica en la Didáctica de las Ciencias. Alrededor de tales mensajes se desarrolló una notable actividad publicadora (Marín, 2003b).

El *constructivismo radical*, con su peculiar posición epistemológica, de corte idealista, promovió a

comienzos de los noventa cierta actividad en el ámbito de la enseñanza de las ciencias, más vinculada a la especulación y confrontación filosóficas que a abordar cuestiones de aula (Marín, 2003b). El constructivismo radical hace hincapié en el aprendizaje por descubrimiento, el aprendizaje en situaciones complejas y el aprendizaje en contextos sociales y, al mismo tiempo, desconfía mucho de la evaluación sistemática de los resultados de la educación (Anderson, Reder y Simon, 2001).

César Coll delimita el marco psicológico del constructivismo en seis enfoques cognitivos (Chadwick, 2001):

1. *Teoría genética* de Piaget, particularmente en la concepción de los procesos de cambio, como las formulaciones estructurales clásicas del desarrollo operativo.

2. *Teoría del origen sociocultural de los procesos psicológicos superiores* de Vygotsky, en particular en lo que se refiere a la manera de entender las relaciones entre aprendizaje y desarrollo y la importancia de los procesos de interacción personal.

3. *Teoría del aprendizaje verbal significativo* de Ausubel.

4. *Teoría de asimilación* de Mayer, dirigida en especial a explicar los procesos de aprendizaje de conocimientos altamente estructurados.

5. *Teorías de esquemas* de Anderson, Rumelhart y otros, las cuales postulan que el conocimiento previo es un factor decisivo en la realización de nuevos aprendizajes.

6. *Teoría de elaboración* de Merrill y Reigeluth, de la cual Coll dice que constituye un intento loable de construir una teoría global de la instrucción.

De esta manera se puede presentar una ubicación frente al constructivismo, de forma que se reconozca que su denominación tiene muchos matices. Se advierte que no se han agotado las múltiples consideraciones que investigadores de la enseñanza-aprendizaje han hecho al respecto, pero

cabe, por lo menos, hacer explícita la importancia de este reconocimiento.

3. CONOCIMIENTOS QUE INTERVIENEN EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

En una aproximación a la identificación de los conocimientos que intervienen en el encuentro del profesor con el alumno, podríamos atenernos a los presentados por Marín (2003a). Uno de ellos es el *conocimiento cotidiano* del alumno, el cual se adquiere de forma espontánea e informal y se construye en la constante interacción con el medio natural y social. Otro conocimiento del alumno es el *académico asimilado*, que ya ha adquirido de forma más dirigida, sistemática y formal a través del profesor que posee el *conocimiento académico docente* o *conocimiento académico para enseñar*. Así mediante el proceso de enseñanza y aprendizaje se produce una transformación de un *conocimiento académico* a otro. Es posible reconocer algunos medios comunes a ambos conocimientos del alumno, como pueden ser los medios de divulgación (programas de multimedia, televisión, documentales) o los museos. La diferencia entre el tipo de conocimiento que se adquiere por estos medios será reconocida, según si el proceso es espontáneo o dirigido.

Otro conocimiento es el de *ciencias*, el cual da soporte de autenticidad al *académico docente* y es el que goza de un amplio consenso entre las comunidades científicas. Entre este y el *conocimiento académico docente* hay también un tipo de transformación que se ha denominado *transposición didáctica*, la que permite que el conocimiento de ciencias sea administrado en los distintos niveles educativos. Finalmente, puede identificarse el *conocimiento del científico* o experto, que es quien realiza las aportaciones al cuerpo de conocimientos de ciencias. Teniendo en cuenta lo anterior, estos tipos de conocimientos podrían agruparse como los internos del alumno (cotidiano y académico asimilado) y los conocimientos externos (académico docente, de ciencias, y del científico).

Podría considerarse aquí también un conocimiento cotidiano externo que estaría ubicado en el medio natural y social. La figura 1 presenta un esquema de todos estos conocimientos.

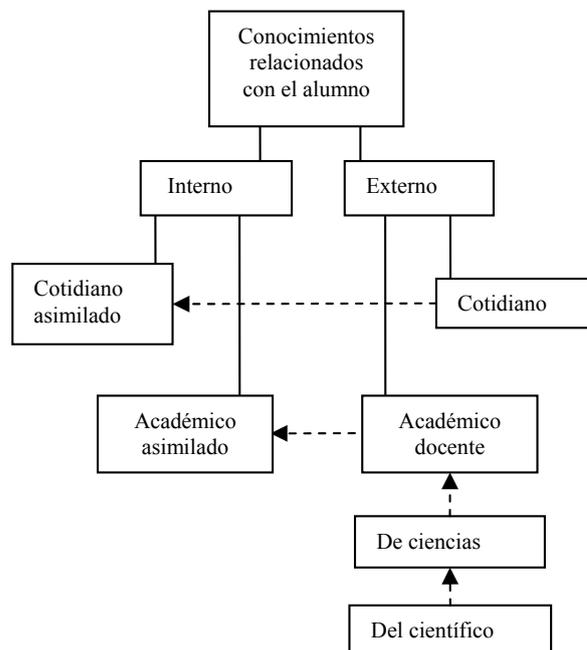


Figura 1. Conocimientos que intervienen en la enseñanza de las ciencias

Tener presente esta clasificación permite acercarnos a lo que han sido algunas visiones a partir de las cuales se han propuesto distintos modelos para la enseñanza de las ciencias. La revista española Enseñanza de las Ciencias propició en 1999 el desarrollo de un proyecto de comparaciones cognitivas que alcanzó una extensión excesiva y que obligó a reducir la exposición de comparaciones entre los distintos conocimientos a una sola: entre el conocimiento de ciencias y el del alumno (Marín, 2003a). Vale reconocer, sin embargo, que el conocimiento cotidiano asimilado es muy significativo en el proceso de aprendizaje, ya que puede ser utilizado por el alumno para comprender las explicaciones del profesor, pero también puede ser un obstáculo cuando su cuerpo conceptual choca contra el establecido por la ciencia.



4. MODELOS PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

Se han propuesto diversidad de modelos para la enseñanza de las ciencias, unos basados en el alumno como científico (AcC) (p. ej. el movimiento de las concepciones alternativas, el modelo de cambio conceptual, el modelo de enseñanza por investigación) y otros en el alumno como aprendiz (p. ej. la teoría del aprendizaje significativo). Desde los modelos del AcC se afirma con frecuencia que la educación científica del alumno se debe plantear acorde con el quehacer científico. Análogamente, desde la perspectiva del aprendiz, se podría afirmar “cuanto más ajustados y precisos se hagan los diseños de enseñanza a los procesos de aprendizaje y desarrollo cognitivo que llevan al novato a convertirse en experto en ciencias, mayores serán las posibilidades para provocar esta transformación cognitiva”. (Marín, 2003a). Tanto un argumento como el otro gozan de similar evidencia lógica. Si la educación científica se entiende, más que como adquisición de un saber disciplinado, elaborado y formalizado, como un enriquecimiento del conocimiento del alumno para actuar y comprender mejor el medio, entonces un modelo para la enseñanza de las ciencias debe buscar concordancia, más que con el modo con que se construye el conocimiento de ciencias, con el modo de construir el alumno su propio conocimiento. No se debe confundir un mayor acuerdo entre enseñanza de ciencias y quehacer científico con una mayor comprensión del alumno de los contenidos (Marín, 2003a).

4.1 Modelos basados en el alumno como científico

Veamos una breve descripción de los tres modelos mencionados desde la visión de Marín (2003a).

Movimiento de las concepciones alternativas. Sugiere que uno de los factores relevantes para diseñar la enseñanza, si no el que más, es lo que

sabe el alumno del contenido que se enseña. Esta propuesta, a pesar de tener todo el sentido lógico, ha recibido asociada la crítica de que sus medidas didácticas son deficientes, por cuanto están basadas en información muy limitada y sesgada del estudiante. La principal razón que sostiene la anterior afirmación se soporta en que cuando el investigador diseña cuestionarios para indagar sobre lo que sabe el alumno e interpreta después sus respuestas, lo hace principalmente desde su formación en el conocimiento de ciencias, de manera que provoca un sesgo. Por lo general, sólo se percibe parte del conocimiento declarativo del alumno relacionado con el académico o bien su desconocimiento del tema. Esta última opción, muy frecuente, es una consecuencia de diseñar cuestionarios con preguntas formuladas en un lenguaje académico y con un nivel de dificultad que dan poca oportunidad de expresión al conocimiento del alumno. Desde la visión de conocimiento de ciencias, no se percibe buena parte del bagaje cognitivo del alumno que ha construido, desde sus vivencias cognitivas y afectivas en escenarios cotidianos, justo aquellas ideas y contenidos cognitivos implícitos de naturaleza procedimental distintos a los contenidos académicos. En definitiva, desde la perspectiva del conocimiento de ciencias se toma una información limitada y sesgada del alumno. Las orientaciones didácticas que se deducen de esta información heredarán tales deficiencias (Marín, 2003a).

Modelo de cambio conceptual. Parte del supuesto de que los conflictos cognitivos que se dan en el progreso de las teorías de ciencias tienen algunas similitudes con los que sufre el aprendiz de ciencias. Es posible que a cierto nivel de simplificación se pueda percibir cierta analogía, pero la comparación entre el conocimiento de ciencias y el del alumno muestra que las construcciones cognitivas de estos conocimientos son diferentes. Esto permite afirmar que el modelo de cambio conceptual ofrece una visión del aprendizaje parcial y errónea y su propuesta de enseñanza queda lejos de provocar el aprendizaje previsto. Por otro lado, la secuencia de enseñanza

que propone el modelo de cambio conceptual consiste en presentar una serie de evidencias para generar en el alumno cierto conflicto cognitivo. Se trata de crearle cierta insatisfacción con sus ideas, para después presentar las nuevas como más plausibles y útiles. Esta secuencia es discutible, puesto que las evidencias que prepara el docente para crear conflictos cognitivos usualmente no actúan como tales en los alumnos. Además, admitiendo que el sujeto afronte el conflicto como tal, existen varios modos para compensar la perturbación que, en cualquier caso, más que un cambio, supone modificaciones en los esquemas cognitivos (Marín, 2003a; Gil y De Guzmán, 1993).

Modelo de enseñanza por investigación. Sugiere simular en clase la actividad de los grupos de investigación, en el supuesto de que tales condiciones de enseñanza favorecen el aprendizaje. El primer problema que encuentra este modelo es el de la simulación en clase de la actividad científica. Esto supone implicar al alumno en el desarrollo de actividades procedimentales (precisar problemas, controlar variables, formular y contrastar hipótesis, etc.) para las que no tiene las capacidades cognitivas adecuadas. La simulación de la actividad de ciencias en clase podría ser factible, si se consideran las diferencias procedimentales entre el conocimiento del alumno y el de ciencias. En concreto, el alumno no sólo presenta limitaciones procedimentales respecto a las de ciencias, sino que también posee otras relevantes capacidades operativas que serán tanto más diferentes a las científicas cuanto más bajo sea el nivel cognitivo en el que se encuentre. Además, creer que la enseñanza que simula la actividad científica mejora el aprendizaje de las ciencias supone aceptar cierto isomorfismo entre la actividad de clase por investigación y la mecánica de aprendizaje del alumno. Es dudoso que los procesos constructivos del aprendizaje sean similares a los que se usan en la construcción de las ciencias, dadas las diferencias notables entre unos y otros (Marín, 2003a).

La razón básica que soporta las anteriores críticas es común a los tres modelos revisados: la

notable distancia entre el conocimiento de ciencias y el del alumno que hace ver desde lejos la organización cognitiva y el aprendizaje de éste. Un contexto teórico fundamentado en datos psicológicos lo vería más cerca y menos distorsionado. En esta misma dirección crítica, se podría revisar el concepto que se mantiene sobre aprendizaje y sus vínculos con la enseñanza, que es común a todos los modelos basados en la analogía del AcC. En definitiva, desde los modelos AcC se mantiene una visión optimista de los efectos que prevén sus diseños de enseñanza, a pesar de la falta de confirmación de éstos (Marín, 2003a).

4.2 Modelos basados en el alumno como aprendiz

También se han desarrollado diversidad de modelos que fundamentan su teoría en la metáfora del alumno como aprendiz. Uno de ellos es el de la *teoría del aprendizaje significativo* propuesta por Ausubel, que es una teoría psicológica del aprendizaje en el aula (Rodríguez, 2004). Pone énfasis en lo que ocurre en el aula cuando los estudiantes aprenden, en la naturaleza de ese aprendizaje, en las condiciones que se requieren para que se produzca, en sus resultados y, consecuentemente, en su evaluación. Para que se produzca aprendizaje significativo han de darse dos condiciones fundamentales: la primera es la predisposición para aprender de manera significativa, y la segunda, que el material tenga significado lógico, que sea, pues, potencialmente relacionable con la estructura cognitiva del que aprende y que a la vez existan ideas de anclaje o subsumidores adecuados en el sujeto que permitan la interacción con el material nuevo que se presenta (Rodríguez, 2004).

Para que este proceso sea posible, la teoría admite que se cuenta con el lenguaje como un importantísimo vehículo: el aprendizaje significativo se logra por intermedio de la verbalización y del lenguaje y requiere, por tanto, comunicación entre distintos individuos y con uno mismo (Rodríguez, 2004).



Apoyadas en el modelo del aprendizaje significativo como constructo, han surgido otras teorías como la *teoría de la educación de Novak* con su aporte de los mapas conceptuales o la *teoría de la educación de Godwin* que entrega como instrumento de metaaprendizaje la V heurística o epistemológica (Rodríguez, 2004).

La *teoría del aprendizaje significativo* no ha estado exenta de críticas. Se trata de una construcción teórica que tiene también elementos y aspectos que han sido cuestionados, como es el papel de la transmisión verbal en la producción significativa del conocimiento. Otras discrepancias son más profundas y afectan a su propia concepción. Galagovsky en el año 2004 cuestionó algunas significaciones atribuidas a esta teoría. Algunas de estas confusiones se corresponden con la atribución errónea del adjetivo “significativa” a la motivación. El aprendizaje significativo requiere una actitud significativa de aprendizaje, pero es mucho más que motivación (Rodríguez, 2004).

Por otra parte, la consideración de la *teoría de los modelos mentales* de Johnson-Laird y la *teoría de los campos conceptuales* de Vergnaud ofrece una sólida base psicológica cognitiva a la *teoría del aprendizaje significativo*, que amplía así su poder predictivo y explicativo y su perdurabilidad (Rodríguez, 2004).

Aprendizaje significativo puede considerarse una idea suprateórica que resulta compatible con distintas teorías constructivistas, tanto psicológicas como de aprendizaje, subyaciendo incluso a ellas. Es posible, por ejemplo, relacionar la asimilación, la acomodación y la equilibración piagetianas con el aprendizaje significativo; se pueden también correlacionar los constructos personales de Kelly con los subsumidores; cabe interpretar la internalización vygotskiana con la transformación del significado lógico de los materiales en significado psicológico, lo mismo que es destacable el papel de la mediación social en la construcción del conocimiento; podemos también concluir que el aprendizaje será tanto más

significativo cuanto mayor sea la capacidad de los sujetos de generar modelos mentales cada vez más explicativos y predictivos (Rodríguez, 2004).

5. DIDÁCTICA DE LA ESCUELA FRANCESA

La Didáctica de la Matemática de la Escuela Francesa ha ofrecido el desarrollo de varias teorías, algunas de las cuales son la *teoría de las Situaciones Didácticas* de Guy Brousseau de 1986 y la *teoría de la transposición didáctica* de Yves Chevallard de 1991 (Vargas, 2002). Según Michèle Artigue, ambas teorías comparten la premisa de considerar los sistemas didácticos compuestos de tres polos en continua interacción: el conocimiento matemático, el alumno y el profesor, pero difieren en el nivel en el que enfocan el estudio de estos sistemas didácticos. Mientras que la *teoría de las situaciones didácticas* se sitúa en un nivel local, la *teoría de la transposición didáctica* abarca desde las instituciones destinatarias de esa enseñanza, ofreciendo así una visión de tipo global de los fenómenos didácticos (Calvo, 2001).

Sobre el asunto de la didáctica es posible encontrarse en una batalla de criterios que quizás nunca tenga fin. Por nuestra parte preferimos intentar comprender cada posición desde su contexto histórico y cultural, de manera que pueda situarnos en una y otra posición como un observador desprevenido. Esta postura podría ser considerada olímpica, pero a ello nos defenderíamos aduciendo que también debemos reconocernos como parte de un contexto que, a diferencia de aquellos, no cuenta con un acervo tan fuerte como para lidiar con la discusión de la didáctica. No será aquí donde se libre esta discusión. Sin embargo, para presentar la posición de la didáctica francesa tendremos que evocar la explicación que hace Yves Chevallard cuando quiere situar la didáctica de las matemáticas. Dice: “La didáctica, las didácticas, se inscriben en el campo de la antropología” (Chevallard, 1991). Simplemente porque la antropología es el estudio del hombre. Chevallard distingue además cuatro grandes tipos

de manipulación del saber: la *utilización*, la *enseñanza*, la *producción* y destaca la *trasposición institucional*, que en tanto se trate de una institución didáctica hará de la transposición de los saberes una *transposición didáctica*. Llegó a afirmar también que “la didáctica de las matemáticas adquiere su máxima pertinencia fuera de ese ámbito, en otros niveles del sistema de producción de los sistemas de enseñanza (...) en las empresas, las oficinas, los laboratorios; en la manipulación, más general, de saberes que quizás no sean matemáticos, pero que, sin embargo, funcionan con matemáticas (...) la didáctica de las matemáticas es una levadura que de ahora en adelante debe introducirse dentro de la masa de toda formación fundamental en matemáticas ... especialmente en la formación de los ingenieros”. (Chevallard, 1991).

Resulta, pues, perfectamente justificada la mirada que desde la didáctica de la escuela francesa de las matemáticas se propone aquí para la enseñanza de las ciencias experimentales. Presentaremos ahora unas características de esta didáctica explorando sus posibilidades en la adopción de la enseñanza en general.

5.1 Teoría de las situaciones didácticas

La *teoría de las situaciones didácticas* busca estudiar, apoyándose en enfoques constructivistas del aprendizaje, las situaciones de apropiación del conocimiento matemático a partir de la adaptación del alumno a ambientes que se le presentan en un comienzo como problemáticos (Panizza, 2003). La variedad de situaciones presentadas debe cubrir distintos tipos de respuestas de parte del alumno al que se le proponen. Cada situación puede ser de tres clases: *de acción*, *de formulación* o *de validación*. Para que alrededor de estas situaciones exista aprendizaje y se asegure la transmisión de los conocimientos culturales que se desea que adquieran los alumnos, es necesaria la implementación de dos tipos de intervenciones del profesor: la institucionalización

y la devolución. *La institucionalización* es la acción por la cual el profesor atribuye a un conocimiento aprendido mediante las situaciones escogidas la condición de objeto matemático digno de interés científico; el profesor confirma que su actividad ha permitido que los alumnos encuentren saberes legítimos fuera de la institución-clase. Por medio de este proceso, los alumnos se convierten en controladores de la adquisición de sus saberes (Sensevy, 2007). *La devolución* es la acción mediante la cual el profesor traspassa al alumno la responsabilidad de la situación que le propone con relación a un determinado conocimiento, aceptando aquél la responsabilidad de esa transferencia. Esta acción tiene lugar en el seno de la negociación de un contrato muy particular: el *contrato didáctico* específico del conocimiento en cuestión (Calvo, 2001). El contrato didáctico se refiere a la negociación establecida entre profesor y alumno. Comprende el conjunto de comportamientos que el profesor espera del alumno y los que el alumno espera del docente (Chavarría, 2006). En el enfoque planteado por Brousseau intervienen tres elementos fundamentales: estudiante, profesor y medio didáctico. En esta terna, el profesor es quien facilita el medio en el cual el estudiante construye su conocimiento. Así, *situación didáctica* se refiere al conjunto de interrelaciones entre tres sujetos: profesor-estudiante-medio didáctico. Dentro de esta dinámica se identifica otra dimensión: la *situación a-didáctica*, el proceso en el que el docente le plantea al estudiante un problema que asemeje situaciones de la vida real que podrá abordar por medio de sus conocimientos previos y que le permitirán generar, además, hipótesis y conjeturas que asemejan el trabajo que se realiza en una comunidad científica. En otras palabras, el estudiante se verá en una microcomunidad científica resolviendo situaciones sin la intervención directa del docente, con el propósito de institucionalizar posteriormente el saber adquirido (Chavarría, 2006).

Sobre las situaciones didácticas dijo Brousseau en 1999:



(...) La descripción sistemática de las situaciones didácticas es un medio más directo para discutir con los maestros acerca de lo que hacen o podrían hacer, y para considerar cómo estos podrían tomar en cuenta los resultados de las investigaciones en otros campos. La teoría de las situaciones aparece entonces como un medio privilegiado, no solamente para comprender lo que hacen los profesores y los alumnos, sino también para producir problemas o ejercicios adaptados a los saberes y a los alumnos y para producir finalmente un medio de comunicación entre los investigadores y con los profesores (Panizza, 2003).

La situación de acción la hace el alumno cuando actúa sobre el medio (material o simbólico) poniendo en “juego” sus conocimientos. En la situación de formulación los alumnos “formulan” mensajes entre unos y otros, de manera que promueven la comprensión y la acción hasta llegar a la situación de validación, cuando los alumnos, o mejor los grupos de alumnos, someten a consideración de los demás las afirmaciones propuestas y estos tienen la capacidad de “sancionarlas”, es decir, de aceptarlas, rechazarlas, pedir pruebas u oponer otras aserciones. Vale aclarar que la validación no es solo específica de las situaciones de validación. Puede decirse que en las situaciones de acción se validan acciones, en las de formulación se validan mensajes y en las de validación se validan afirmaciones. Brousseau en 1986 lo aclaró de esta manera: “Ciertamente la mayoría de las informaciones están implícitamente acompañadas por una afirmación de validez. Pero en la medida en que el emisor no indique explícitamente esta validez, si él no espera ser contradicho o llamado a verificar su información, si el contexto no da una cierta importancia a la cuestión de saber si la información es verdadera, cómo y por qué o si esta validez es susceptible de ser establecida sin dificultad, entonces el mensaje será clasificado como simplemente informativo”. No hay que pensar que para cada saber al que apunte la enseñanza hay que pasar necesariamente primero por una situación de acción, luego por una situación de formulación y luego por una situación de validación. Aunque esto pueda ser apropiado en algunos casos, no se trata de una regla general. Por un lado, si bien una situación de validación supone la formulación

de una aserción, y la formulación de una aserción supone una acción interiorizada, eso no significa que haya que pasar anteriormente por fases *a-didácticas* de acción y de formulación (Panizza, 2003).

Sensevy (2007) se refiere a la *teoría de la acción didáctica* cuya función esencial consiste en la producción de un vocabulario que permita descripciones sistémicas de los procesos de enseñanza y aprendizaje. Así dice: “cuando hablo de *acción didáctica* quiero decir lo que los individuos hacen en lugares (instituciones) en los que se enseña y aprende”. La *acción didáctica* es, pues, una acción conjunta de dos dimensiones particulares donde el término enseñar remite al término aprender y viceversa, y donde la *relación didáctica* está constituida por la relación ternaria entre el saber, el profesor y los alumnos. La *acción didáctica* es una acción de comunicación, por ello una manera productiva de considerar las interacciones didácticas es contemplarlas como *transacciones* donde para comprenderlas es necesario considerar el entorno. El *contrato didáctico* propio de una situación didáctica se concibe, entonces, como un sistema de hábitos que engendra por sí mismo un sistema de expectativas. Al crearse una situación didáctica, el *contrato didáctico* está destinado por naturaleza a ser roto, ya que una *institución didáctica* es en esencia un lugar en el que una buena parte de las costumbres están condenadas a desaparecer o a ser modificadas ampliamente con el progreso de los saberes (Sensevy, 2007).

A partir de lo anterior, introduce Sensevy la noción de juego donde hace énfasis en los aspectos afectivos (el interés en el juego), efectivos y pragmáticos (cuándo y cómo gana) de la acción. Un *juego didáctico* que se rige por un *contrato didáctico*, supone a la vez, de parte de los miembros de la *transacción* un contexto cognoscitivo común y un conjunto, propio de la situación, de posibles y necesarios que orienten la acción (Sensevy, 2007). Dentro de las interacciones que acontecen en la *situación didáctica*, Brousseau identifica algunos efectos que pueden inhibir o interrumpir la construcción de conocimiento que lleva a cabo el estudiante dentro

del medio didáctico que el profesor elabora. Básicamente, son actitudes que generan efectos negativos en el proceso enseñanza-aprendizaje, o bien, en la definición del *contrato didáctico*. Brousseau indica cuatro efectos: efecto Topaze, efecto Jourdain, el deslizamiento metadidáctico y el uso abusivo de la analogía (Chavarría, 2006; Brousseau, 1990). El efecto Topaze consiste en lo siguiente: la respuesta del alumno está generalmente determinada, poco más o menos, de antemano, y el profesor negocia las condiciones en las que se producirá y que la dotarán de sentido. El profesor intenta hacer las cosas de tal manera que ese sentido sea lo más rico y lo más exacto posible y, para ello, propone las preguntas más abiertas. En caso de fracaso, da información para hacer más fácil la respuesta. Sucede entonces que acaba por aceptar unas condiciones que provocan la respuesta del alumno, sin que éste tenga que invertir el menor sentido, como en la primera escena del profesor Topaze en la obra de Marcel Pagnol. Topaze es un profesor al que el director del colegio privado para niños ricos en que trabaja le exige que obtenga mejores resultados. Agobiado por esta exigencia que pone en peligro su puesto de trabajo, para conseguir que sus alumnos no tengan faltas en los dictados, pronuncia con énfasis todas las letras que, como las eses finales de “moutons” o “réunis”, no se pronuncian en francés. El efecto Jourdain es una forma del efecto Topaze: para evitar un debate de conocimiento con el alumno, y eventualmente la constatación de un fracaso, el profesor acepta reconocer como índice de un saber genuino, o de un modo de actuar auténtico, una producción o un comportamiento del alumno que no es de hecho más que una respuesta que tiene causas triviales y, por tanto, desprovistas de valor, e incluso a veces, de sentido. Ejemplos: la escena de “El burgués gentil-hombre” de Molière en la que el profesor de filosofía revela al señor Jourdain que hace prosa. El deslizamiento metadidáctico alcanzó una envergadura y tuvo consecuencias importantes en un pasado reciente; el fenómeno calificado con este nombre consiste en que, cuando un intento de enseñanza fracasa, el

profesor se ve conducido a volver a tomar su texto de enseñanza para explicarlo y completarlo. Entonces, el primer intento, que era un medio de enseñanza, deviene objeto de estudio, incluso en ocasiones, objeto de enseñanza: la forma sustituye al fondo. Así, para explicar el lenguaje conjuntista, fundamental, pero en ruptura con el pensamiento natural, los profesores de los años setenta quisieron utilizar, bajo la forma de los famosos diagramas de Venn y otros “globitos”, los esquemas que Euler había inventado para Catalina de Rusia en sus “Cartas a una princesa de Alemania”. Pero, al no ser esta metáfora un buen modelo, y al ayudar la voluntad de vulgarización, hacía falta fabricar sin cesar nuevas convenciones y enseñar el medio de enseñanza como si fuera el objeto de enseñanza: el lenguaje conjuntista en vez de la lógica, el diagrama en vez del lenguaje formal, el vocabulario de los diagramas en vez de los dibujos, las convenciones en vez del vocabulario, etc. El deslizamiento metadidáctico escapó al control de la comunidad, provocando enormes malentendidos a escala planetaria durante más de diez años, sin hablar de las secuelas que experimentamos todavía en la epistemología del público y de los profesores. (Brousseau, 1990).

Sensevy (2007) presenta una “tripleta fundamental” en la manera como el profesor construye el juego en conjunto con los alumnos. Se refiere a la *mesogénesis*, la *cronogénesis* y la *topogénesis*. La primera, la *génesis del medio (mesogénesis)*, significa estudiar la manera en que el contenido de la interacción se elabora continuamente de manera cooperativa entre el profesor y los alumnos. Podemos considerar esta categoría como una manera de describir específicamente el trabajo conjunto del profesor y los alumnos, pero de manera más amplia se trata de una función didáctica (para que un juego didáctico se desarrolle, debe existir necesariamente creación de contenido) a cuyo ejercicio pueden contribuir (y de hecho contribuyen) efectivamente los alumnos. El juego didáctico se caracteriza antes que nada por el hecho de que su contenido se modifica incesantemente. Lo que le da forma a esa modificación es



el hecho de que el saber esté dispuesto en el eje del tiempo (*cronogénesis*). Toda enseñanza se concibe desde esta perspectiva como una progresión que organiza los cambios de juego. Puede verse que la *mesogénesis* y la *cronogénesis* están estrechamente relacionadas. Al tratar de describir la manera en que se comparten las responsabilidades en las *transacciones didácticas* resulta la *topogénesis*, donde se atribuye un agente a cada acción. Con el propósito de esbozar este sistema de descripción, podríamos caracterizar las tres “génesis” de la manera siguiente: la *mesogénesis* corresponde a la pregunta *¿qué?* o más precisamente *¿cómo qué?* Nos lleva a identificar el contenido epistémico preciso de las transacciones didácticas. La *cronogénesis* plantea la pregunta *¿cuándo?* o más precisamente *¿cómo cuándo?*, nos propone identificar la naturaleza y las razones del cambio, en un determinado momento, de un contenido epistémico a otro. La *topogénesis* corresponde con la pregunta *¿quién?* y más precisamente *¿cómo quién?* Nos lleva a identificar la manera en que el contenido epistémico de la transacción se distribuye efectivamente entre los agentes de la transacción. La categoría *topogénesis* constituye así un elemento de análisis privilegiado de la naturaleza “conjunta” de las transacciones (Sensevy, 2007).

A fin de dar más claridad a la teoría de las *situaciones didácticas* traigamos un ejemplo ajeno tanto a las ciencias experimentales como a las matemáticas, lo que una vez más refuerza la validez de la propuesta didáctica en general (Sensevy, 2007).

Supongamos que un profesor practica el dictado leyendo en voz alta los enlaces... Existen hábitos muy específicos en relación con el conocimiento al que nos referimos (hacer los enlaces influye en la construcción y en la manifestación de los conocimientos ortográficos), expectativas del profesor hacia los alumnos, de los alumnos hacia el profesor, un *contrato didáctico* específico a la situación de dictado. Imaginemos ahora que este profesor (*¿quizás influenciado por un teórico de la didáctica?*) decide suprimir el enunciado de los enlaces en su dictado. Podemos prever las dificultades, las negociaciones que quizás haya que entablar con los alumnos aferrados al mantenimiento

del *statu quo ante*. Este cambio de contrato didáctico es de cierta manera una ruptura del contrato inicial. El nuevo contrato supone otra configuración de las transacciones didácticas: determinadas acciones didácticas, hasta entonces bajo la responsabilidad del profesor, pasarían a ser asumidas por el alumno, quien debería asumirlas. Y este nuevo rol podría o no ser logrado por el alumno... Retomemos el ejemplo particular de este profesor que pasó de un dictado en el que hacía los enlaces, a un dictado en el que ya no los hace. El territorio del alumno se amplía, porque ahora debe hacerse cargo de una responsabilidad más grande, dado que es más fácil escribir algo que se dicta “je montrai-z-à mes amis”, con enlaces, que algo que se dicta “je montrai à mes amis” sin los enlaces. Para que el juego didáctico se desarrolle, el alumno debe aceptar actuar allí donde se ubica el enlace, y nada nos dice *a priori* que va a asumir esta nueva responsabilidad...

Pasa Sensevy a relatar un cambio en las reglas del juego:

Supongamos que nuestro profesor está procediendo a su dictado; al pasar por las filas y observar el trabajo de los alumnos, el profesor considera que el ejercicio es demasiado difícil, y que los errores (de ortografía) abundan. Toma entonces una decisión: pide a los alumnos que detengan el trabajo y les dice que, a partir de la siguiente frase, deberán utilizar su diccionario. Si se sigue la metáfora teatral, se podrá decir entonces que se tratará de una nueva escena en la *situación*. Esta nueva escena estará caracterizada por un nuevo *juego*. Quizás lo implicado no cambiará sustancialmente (escribir las palabras dictadas sin errores), pero el nuevo juego supondrá un nuevo contrato, es decir, una aclaración de las nuevas expectativas del profesor hacia los alumnos y de los alumnos hacia el profesor. Por ejemplo, los alumnos deberán integrar el diccionario en su trabajo, lo que supondrá que sean capaces de valorar su desconocimiento ortográfico en relación con determinadas palabras (en efecto, buscar en el diccionario consume tiempo y energía, y es mejor no comprobar la ortografía de las palabras de las que se está razonablemente seguro). Se ve entonces que el *contrato* “dictado con uso del diccionario”, aunque comporta muchos puntos comunes con el *contrato* “dictado sin diccionario”, supone una especificación, un cierto número de hábitos de acción que le son propios. Este nuevo contrato, específico del nuevo juego, está acompañado

por un nuevo medio. El diccionario es un nuevo objeto "introducido" en el medio, es un objeto material, que implica cierto número de condiciones materiales, pero también es un objeto simbólico, un artefacto cognitivo cuyo empleo no es transparente y supone también un aprendizaje. Podemos notar que el contexto cognitivo del dictado se encontrará modificado de manera importante, al igual que el contexto afectivo, según la relación que tengan los alumnos con el uso del diccionario... Continuando con nuestro ejemplo, podríamos insistir en el hecho de que el diccionario que acaba de ser introducido en la práctica del alumno que escribe su dictado cambia el medio, de igual manera sería posible describir el nuevo medio instituido (valor *mesogenético*). También sería posible proceder a una descripción sobre la manera en que dicho "cambio de juego" (paso del dictado sin diccionario al dictado con diccionario) responde a la necesidad de hacer avanzar el tiempo didáctico (valor *cronogenético*), desde el punto de vista del profesor y de su evaluación del "estado del sistema". O podríamos intentar comprender, por ejemplo, la manera en que el nuevo medio se convierte en portador de un nuevo tiempo didáctico (la manera en que los alumnos van "a progresar" en el uso del diccionario)... Para nuestro ejemplo anterior, podríamos preguntarnos quién introdujo determinada manera de actuar (dictado con diccionario en la clase) e igualmente quién validó dicha manera de actuar. En general, podríamos tratar de describir la manera en que se comparten las responsabilidades en las transacciones didácticas, de esta manera el profesor puede decidir escribir en el tablero una palabra difícil cuya escritura no estará ya bajo la responsabilidad didáctica del alumno. El estudio *in situ* de las interacciones didácticas, desde el punto de vista de la categoría de la *topogénesis* (...) nos lleva de esta manera a describir la fuerza de las transacciones, es decir, a evaluar hasta qué punto estas mismas se sustentan orgánicamente en una actividad compartida por el profesor y el alumno, diferenciando perfectamente la necesidad de la acción del alumno de su densidad cognitiva".

El *contrato didáctico*, como "regla de decodificación de la actividad didáctica", constituye, entonces, un sistema de normas; algunas de estas, en su mayoría genéricas, pueden ser perdurables; otras, en su mayoría específicas del saber, deben ser definidas en función de los progresos del saber.

La noción de *contrato didáctico* es, desde esta perspectiva, esencial para el proceso de descripción de las transacciones didácticas (Sensevy, 2007):

- Nos ayuda a comprender el peso de las costumbres de acción en su formación y promueve la consideración de los hábitos de transacción;
- ayuda también a comprender de qué manera las transacciones didácticas se sustentan en las expectativas recíprocas que existen entre maestro y alumno;
- suministra un marco al estudio genético de la constitución de las normas en la clase y a la manera en que estas normas en determinado momento deben ser superadas o redefinidas en la dialéctica entre lo antiguo y lo novedoso.

Sensevy (2007) define cuatro verbos para caracterizar los juegos: *definir*, *hacer devolución*, *regular*, *institucionalizar*. En el ejemplo precedente, se ve claramente que el profesor introduce algunos cambios a partir del momento en que constata que el juego, tal como lo había planteado, no permite alcanzar los objetivos de la clase. Para cambiar de juego (o para iniciar un juego dado, en el comienzo de una sesión de aprendizaje-lección, curso), podemos considerar que el profesor debe al mismo tiempo definir el juego y hacer la debida restitución. Cuando hablamos de "definición del juego", nos referimos a la transmisión de reglas constitutivas, definitorias del juego (en nuestro ejemplo anterior, decir explícitamente a los alumnos que pueden utilizar el diccionario para ayudarse en la escritura). Sin embargo, este nuevo juego sólo podrá ser desarrollado a partir del momento en que los alumnos acepten jugar con las nuevas condiciones; el profesor tendrá entonces la tarea de cerciorarse de que exista la "restitución" de una relación adecuada de los alumnos con los objetos del medio en el marco de cierto contrato. En el último ejemplo, los alumnos asumen el uso del diccionario. Podemos ver que los alumnos tienen dos opciones: no usar el diccionario corriendo el riesgo de afectar el conoci-



miento (de hecho insuficiente) de las palabras que deben escribir, o “perdersé” en el diccionario en una especie de “rigor” que podría ocasionar el olvido del ejercicio mismo del dictado... Un juego debe ser necesariamente definido, los alumnos deben comprender, por lo menos en el primer nivel del juego efectivo, a qué están jugando. Debe ser restituido: los alumnos deben asumir el juego de una manera adecuada. Esta “manera adecuada” encuentra su sentido en el hecho de que el juego didáctico es un juego de aprendizaje que se centra en el saber. Eso traduce que debe permitir la producción de comportamientos didácticamente significativos: en nuestro ejemplo, la utilización pertinente del diccionario les permitirá a los alumnos escribir correctamente palabras que van más allá de lo que les permite su nivel y familiarizarse al mismo tiempo con el empleo de este instrumento. Por supuesto, el profesor debe poder *regular*, a lo largo de la duración del juego, los comportamientos de los alumnos en aras de la producción de estrategias ganadoras que se pretende que ellos produzcan (...) En el ejemplo estudiado, el profesor, al comprobar que ciertos alumnos utilizan mal el diccionario, podrá decidir hacer una aclaración del funcionamiento de ese instrumento (por ejemplo, la primera palabra en la parte superior de la página designa la primera palabra de la página, y la segunda palabra designa la última palabra de la página), recordar una regla de clasificación alfabética o precisar nuevamente el sentido de la actividad que es la de escribir correctamente las palabras del dictado y no la de buscar en el diccionario (hablamos de una especie de “redefinición del juego”). Esta acción de *regulación*, que reconocemos como el centro mismo de la actividad de enseñanza *in situ*, caracterizará de tal manera todo comportamiento del profesor producido con la intención de facilitar la adopción de estrategias ganadoras por parte de los alumnos y la comprensión de las reglas estratégicas del juego (...) El juego didáctico, en la sucesión de las jugadas específicas que lo conforman, sólo toma sentido en los aprendizajes que permiten, a la vez, producir y reconocer por parte de los alumnos. Este

reconocimiento “final” del proceso desarrollado por ellos tiene un primer momento de reconocimiento de los saberes emergentes en la actividad diaria y en el curso de esta actividad específica. Es el proceso de *institucionalización* por medio del cual el profesor confirma que su actividad ha permitido que los alumnos encuentren saberes legítimos fuera de la institución-clase, según planteó Brousseau en 1998. Por medio de este proceso, los alumnos se convierten en “controladores” de la adquisición de sus saberes. Los juegos de aprendizaje pueden tener diferentes grados de “densidad” en el nivel de la *institucionalización*. Sin embargo, nadie puede abstenerse del todo de la necesidad de fijar (en forma temporal), en el conjunto de la clase, las maneras de hacer y de pensar que resultan adecuadas en el juego. En nuestro ejemplo del dictado, el profesor podría notar que un alumno determinado, a diferencia de los demás, no lee las definiciones de las palabras que encontró (lo contrario sería contraproducente dada la naturaleza del juego), sino que las anota directamente en cuanto las encuentra en el diccionario. Esto podría conducirle a detener la clase y a *institucionalizar* este procedimiento, pidiendo a los demás alumnos que lo adopten (*institucionalización* de una manera de actuar). También podría decidir, luego de observar el trabajo de los alumnos, que una palabra determinada debe “escapar” al aprendizaje, y escribirla en el tablero indicando que en esta palabra no se admitirá ningún error (*institucionalización* de un objeto). Para describir “la manera de jugar” un juego didáctico, la categoría “*institucionalizar*” parece haber mostrado su pertinencia (...) Quisiéramos agregar (...) lo siguiente: “puede ser útil el utilizar categorías de descripción (*definir, hacer devolución, regular, institucionalizar*) que tengan el propósito de dar cuenta de la gramática interna de estos juegos”. Más allá de la desconfianza hacia todo esencialismo que nos llevaría a *confundir el mapa con el territorio*, esto significaría la utilización de la noción de juego de aprendizaje únicamente a partir del momento en que nos permita describir aspectos del proceso didáctico que de otra manera no podrían ser percibidos.

A *contrario sensu*, no existe ninguna duda de que la noción de juego (y las categorías inherentes) no es la más apropiada para describir algunos acontecimientos o comportamientos didácticos (Sensevy, 2007).

Con estas cuatro categorías (*definir, hacer devolución, regular, institucionalizar*), Sensevy (2007) propone considerar las “escenas didácticas” como juegos de aprendizaje y comprender mejor los modos de construcción del saber en la clase. Su propósito es mejorar, con el uso de la noción de juego, la sensibilidad de nuestra observación a los cambios de *foco* sobre un objeto determinado (saber como objeto, saber como manera de hacer) y en los hábitos de acción (con diversos grados de especificidad) y diferentes tipos de medio implicados por esos cambios de *foco*.

5.2 Transposición didáctica

Según la *teoría de la transposición didáctica* de Yves Chevallard (1991), el trabajo del profesor consiste en realizar para sus alumnos el proceso inverso al que realiza el matemático; su labor será buscar el problema o los problemas de donde surgió el saber sabio, con el fin de recontextualizarlo, adaptar estos problemas a la realidad de sus alumnos, de modo que los acepten como “sus problemas”, es decir, repersonalizarlos y luego provocarlos, mediante problemas adecuados, para que los integren al cuerpo teórico conocido, emulando al matemático en su nueva descontextualización y despersonalización. En palabras de Yves Chevallard, *transposición didáctica* es “el conjunto de las transformaciones que sufre un saber con el fin de ser enseñado” (Vargas, 2000). Brousseau en 1986 explicó que esta transformación comienza en el seno de la comunidad matemática como respuesta a exigencias impuestas por la comunicación, para permitir que el receptor conozca los resultados a los que ha llegado su colega y se convenza de su validez, sin verse obligado a invertir tiempo y esfuerzo en redescubrir cada uno de estos resultados. Así es como el matemático debe distinguir entre la totalidad de sus reflexiones un trayecto que conduzca

al conocimiento que quiere transmitir, descartando los intentos que no tuvieron éxito, ocultando las razones subjetivas que lo guiaron, suprimiendo las pausas y los retrocesos que tuvieron lugar durante su búsqueda, aunque esto signifique esconder el hilo conductor de su investigación, la lógica de su descubrimiento. Se produce de esta manera una despersonalización, descontextualización y destemporalización del conocimiento. En la selección del subconjunto de conocimientos matemáticos que será enseñado, participan (directa o indirectamente y con distintos grados de implicación) diversas personas e instituciones: profesores, matemáticos con interés en la enseñanza, representantes políticos, asociaciones de padres, editores y autores de libros de texto, etc.; integran lo que Chevallard (1991) denomina *noosfera*, es decir, la esfera donde se debate acerca de los contenidos y métodos de la enseñanza y cuyas opiniones influyen en alguna medida en las decisiones que a este respecto se toman (Calvo, 2001; Brousseau, 1991).

Así Yves Chevallard introdujo la expresión *transposición didáctica* para nombrar el proceso de transformación de un conocimiento desde que es “objeto de saber”, propio de la comunidad matemática, pasando a ser después “objeto por enseñar” y llegando a ser, por último, un “objeto de enseñanza” cuando alcanza al alumno, destacando que las transformaciones a las que se hace referencia no son en ningún caso simplificaciones del saber propio de la comunidad científica, sino que se trata de adaptaciones del saber que pretenden hacer posible su integración en la enseñanza (Calvo, 2001). La transformación del saber comienza en el *saber erudito* o *saber sabio* del científico, pasando por el *saber institucionalizado* en los textos de estudio, el *saber enseñado* del profesor, para convertirse finalmente en el *saber del alumno* (figura 2) (Vargas, 2000). La *transposición didáctica* es, pues, un proceso y no una práctica individual (Cardelli, 2004).

Con respecto a la transposición didáctica, Brousseau (1990) deja estas preguntas para la reflexión: “Pero, ¿cómo transformar el saber para

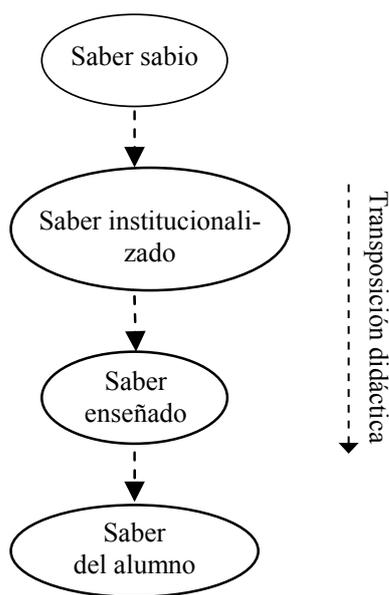


Figura 2. Transformaciones del saber en la transposición didáctica

convertirlo provisionalmente en inteligible, sin hacerlo demasiado falso, ya que quedarán huellas que no podrán ser borradas? ¿Y cómo rectificar a continuación esos errores? ¿Y de qué derecho podría arrogarse un profesor para hacer sufrir *transposiciones didácticas* al saber cultural común? ¿Cómo regular las distorsiones inevitables? ¿Puede estar esta tarea totalmente a cargo de un profesor o incluso de los profesores? ¿Se les puede imponer que enseñen conocimientos falsos, incluso provisionalmente, sin un acuerdo cultural a ese respecto? ¿Se puede conseguir tal acuerdo si cada uno de los protagonistas se ve conducido a tener que ignorar cualquier análisis serio? ¿Quién se encarga de esta transacción, qué organización social puede permitirle en condiciones honestas para todos? Estas son algunas de las preguntas ‘simples’, casi ingenuas, que se plantean en didáctica de las matemáticas a propósito de un fenómeno corriente que compete a su campo”.

6. IMPLEMENTACIÓN DE LA DIDÁCTICA DE LA ESCUELA FRANCESA EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

Presentados algunos de los elementos de las teorías de la didáctica de las matemáticas de la escuela francesa nos queda por proponer su acogida desde el trabajo de los docentes de las ciencias. Chevallard (1991), en su análisis sobre dónde situar la didáctica de las matemáticas, demuestra como se inscribe en el campo de la *antropología*: “En pocas palabras, la didáctica pertenece al continente antropológico, que gracias a esta se impone sobre el mar de la ignorancia. No es una isla sino un istmo que tal vez mañana será considerado como nuevo territorio altamente conquistado. En ese sentido, obviamente, la didáctica modifica el poderío de la antropología y la idea misma que nos hacemos de ella. Podría ser que mañana se convirtiera en el principio de una revolución”. Es así como bien podemos, desde esa misma antropología, hacer el intento de acoger los elementos que han venido desarrollándose desde la didáctica de las matemáticas y utilizarlos en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias en ingeniería. Como también lo expone Brousseau (1990):

La didáctica puede, en un cierto plazo, ayudar al profesor a modificar su estatuto, su formación y sus relaciones con la sociedad:

- Actuando directamente sobre la consideración social de los conocimientos que utiliza.
- Actuando sobre los conocimientos de sus colegas profesionales, y sobre los de los padres y el público en general.
- Desarrollando posibilidades mejores, para el público y para los ciudadanos, de utilizar la enseñanza de manera más satisfactoria para ellos.
- Dando mejores posibilidades a los poderes públicos o privados de gestionar la enseñanza mediante medios más apropiados.

Esta parte de las aportaciones de la didáctica ciertamente no está lista para ser realizada, ya que exige una evolución considerable de las estructuras escolares y de las mentalidades, pero todo nos permite pensar que ése es su papel social y que progresamos en esa dirección.

La vocación de la didáctica se opone a las intervenciones atronadoras. A menudo, la explicación de un fracaso o de una dificultad permite exculpar al enseñante y al alumno y orientarles hacia actitudes más positivas. En medicina, la atribución de la tuberculosis a un microbio no permitió de inmediato vencer la enfermedad, pero permitió, por fin, exculpar a los enfermos, sospechosos durante mucho tiempo de haber ofendido a la naturaleza de alguna manera y de ser castigados por ello; accesoriamente, la medicina sugirió que un cierto tipo de higiene podría prevenir muchos casos.

No queda duda de las condiciones antropológicas de la teoría de las situaciones didácticas y de la teoría de la transposición didáctica. Hacen un valioso aporte a la relación profesor-alumno-saber. Acercarnos a estas teorías y desarrollarlas en el quehacer docente podrá permitirnos avanzar a la par con nuestros alumnos, no sólo en la construcción y apropiación del saber, sino además en la construcción de una sociedad más democrática. Así lo piensa Brousseau (1991): "Soy de los que piensan que la educación matemática y, en particular, la educación matemática de la que acabo de hablar, es necesaria para la cultura de una sociedad que quiere ser una democracia".

7. CONCLUSIONES

En la enseñanza de las ciencias se proponen diferentes modelos apoyados en la visión constructivista. Debe reconocerse, sin embargo, que existen a su vez dentro del constructivismo diversos enfoques de los cuales los más destacados son: el piagetiano, el humano, el social y el radical.

Se acepta que en la enseñanza de las ciencias intervienen variedad de conocimientos: el de ciencias, el del científico, el académico, el del profesor, el cotidiano, el del alumno. Los modelos propuestos

para la enseñanza adoptan la metáfora del alumno como científico o la del alumno como aprendiz.

La didáctica de las matemáticas de la escuela francesa ha propuesto, con Brousseau, Chevallard, Sensevy y otros, importantes aportaciones al proceso de enseñanza-aprendizaje que se propone aquí sean acogidos en la enseñanza de las ciencias. Las condiciones antropológicas de la teoría de las situaciones didácticas y de la teoría de la transposición didáctica hacen una valiosa contribución a la relación ternaria profesor-alumno-saberes. El estudio de estas teorías y su aplicación en la práctica docente permitirán al profesor avanzar con sus alumnos en la difusión del conocimiento y en el afianzamiento de la democracia en la sociedad.

REFERENCIAS

- Anderson, John R.; Reder, Lynne M.; Simon, Herbert A. (2001). Educación: el constructivismo radical y la psicología cognitiva. Estudios Públicos, 81. Disponible en Internet: http://www.infoamerica.org/documentos_pdf/anderson_01.pdf
- Brousseau, Guy (1990). ¿Qué pueden aportar a los enseñantes los diferentes enfoques de la didáctica de las matemáticas?: (Primera parte). Revista Enseñanza de las Ciencias. Vol. 8 No. 3, p. 259-267. Disponible en Internet: <http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/51335/93083>
- Brousseau, Guy (1991). ¿Qué pueden aportar a los enseñantes los diferentes enfoques de la didáctica de las matemáticas?: (Segunda parte). Revista Enseñanza de las Ciencias. Vol. 9 No. 1, p. 10-21. Disponible en internet: <http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/51351/93100>
- Calvo Pesce, Cecilia (2001). Un estudio sobre el papel de las definiciones y las demostraciones en cursos preuniversitarios de cálculo diferencial e integral. Tesis doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona. Disponible en Internet: http://www.tdx.cbuc.es/TESIS_UAB/available/TDX-1018101-165309/ccp1de1.pdf
- Cardelli, Jorge (2004). Reflexiones críticas sobre el concepto de transposición didáctica de Chevallard. Cuadernos de Antropología Social. No. 19, p. 49-61. Disponible en Internet: <http://www.scielo.org.ar/pdf/cas/n19/n19a04.pdf>



- Chadwick, Clifton B. (2001). La psicología de aprendizaje del enfoque constructivista. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*. Vol. XXXI, No. 4, p. 111-126. Disponible en Internet: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/270/27031405.pdf>
- Chavarría, Jesennia (2006). Teoría de las situaciones didácticas. *Cuadernos de Investigación y Formación en Educación Matemática*. Año 1, No. 2. Disponible en Internet: <http://www.cimm.ucr.ac.cr/cuadernos/cuaderno2/Cuadernos%20%20c%203.pdf>
- Chevallard, Yves (1991). *La transposición didáctica: del saber sabio al saber enseñado*. Aique Buenos Aires, Argentina.
- Gil Pérez, Daniel y De Guzmán Ozámiz, Miguel (1993). *Enseñanza de las ciencias y la matemática*. Madrid: Popular, 140 p. Disponible en Internet: <http://www.oei.org.co/oeivirt/ciencias.pdf>
- Marín Martínez, Nicolás (2003a). Conocimientos que interaccionan en la enseñanza de las ciencias. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 21 (1), p. 65-78.
- Marín Martínez, Nicolás (2003b). Visión constructivista dinámica para la enseñanza de las ciencias. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, número extra, p. 43-55.
- Panizza, Mabel (2003). Conceptos básicos de la teoría de situaciones didácticas. Disponible en Internet: http://crecersonreir.org/docs/Matematicas_teorico.pdf
- Rodríguez Palmero, María Luz (2004). La teoría del aprendizaje significativo. *Memorias del Primer Congreso Internacional Sobre Mapas Conceptuales*. Pamplona, España. Disponible en Internet: <http://cmc.ihmc.us/papers/cmc2004-290.pdf>
- Sanmartí Puig, Neus (1995). Proyecto docente e Investigador de Didáctica de las Ciencias. Concurso oposición a Profesora Titular de Universidad. Departamento de Didáctica de la Matemática y las Ciencias Experimentales. Universidad Autónoma de Barcelona. Barcelona.
- Sensevy, Gérard (2007). Categorías para describir y comprender la acción didáctica. Traducción de Juan Duque y revisión de René Rickenmann del capítulo de Agir ensemble. "L'action didactique conjointe du professeur et des élèves". PU Rennes.
- Vargas Calvert, Isabel M. (2000). *Didáctica I de la Matemática*. Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación. Chile. Disponible en Internet: http://mat.uv.cl/profesores/apuntes/archivos_publicos/7543144551_art_Didcactica%20de%20la%20matematica.doc