

## *Didáctica plural de las ciencias. Análisis contrastado de algunas publicaciones de investigación<sup>(\*)</sup>*

Jean Pierre Astolfi<sup>(\*\*)</sup> y el  
Seminario de la Unidad de Didáctica de las Ciencias del INRP. Francia



### RESUMEN

*Frente al desarrollo actual de la didáctica de las ciencias, este texto pretende hacer un paréntesis para analizar como funciona este campo, en qué reglas se apoya, a qué regularidades obedece. Para descubrir también los contrastes entre la diversidad de modelos de investigación. Debe entenderse como una simple tentativa, fruto de la reflexión común de un seminario interno de la Unidad de didáctica de las ciencias del INRP, a lo largo de los años 1992 y 1993. Somos conscientes de que la tentativa es arriesgada, en la medida que son interpretaciones a partir de los datos que nos han servido de base. Inevitablemente necesitará de reformulaciones, incluso de matizaciones y rectificaciones.*

*Sin embargo, tal cual, la difusión de nuestro punto de vista nos ha parecido útil para alimentar los debates de naturaleza metodológica, pues nos parece que no se abordan frecuentemente. Querriamos contribuir así, aunque mínimamente, a la epistemología de la investigación en didáctica de las ciencias, a una reflexión sobre los paradigmas reinantes, frecuentemente con muchos implícitos.*

### El marco de trabajo

Dado el carácter exploratorio de esta reflexión, no hemos pretendido ser muy exhaustivos. No obstante, primero hemos repasado algunos ejemplos contrastados en la literatura francesa, que hemos analizado al construir y hacer funcionar las categorías de análisis utilizadas. Al hacerlo, nuestro trabajo no tiene ninguna pretensión crítica, aunque inevitablemente, el punto de vista de los autores, también actores de esta comunidad de investigadores, se transparenta aquí y allá. Aún menos, pretende ser normativo, no busca "hacer de policía" (científica, por supuesto...) en nuestro campo. Al contrario, deseáramos sobre todo animar y justificar la diversidad necesaria de los distintos tipos

de investigaciones. Se ha hecho un esfuerzo por "poner las cosas en el plato", por desentrañar sus configuraciones y desviaciones, pero también por ofrecer nuevos puntos de vista que pudieran servir a otros análisis.

### La elección de los textos analizados

Hemos seleccionado, bastante empíricamente, cinco publicaciones de investigación, elegidas de manera contrastada con la esperanza de hacer funcionar con cierta diversidad nuestras categorías de análisis. Queríamos de los textos que respondieran a las siguientes características:

- que mostraran efectivamente resultados de investigaciones;

(\*) Traducido del original francés por José Martín Toscano.

(\*\*) I.N.R.P. 29, Rue d'Ulm 75230-PARIS CEDEX 05. Francia.



- que se encontrase a la vez un marco teórico suficientemente formalizado y un contenido empírico;

- que respondieran a "priori" a concepciones y formas de funcionamiento diferentes, sobre los planos metodológico y epistemológico.

Insistimos sobre el hecho de que son las publicaciones las que son objeto de estudio, y no los autores, que pueden haber desarrollado otras orientaciones de investigación en contextos diferentes. El lector podrá constatar que nos hemos limitado a producciones en lengua francesa. Es evidentemente una facilidad que acordamos, y que no nos ha parecido demasiado aburrida dada la naturaleza prospectiva del trabajo. Pero es, sobre todo, porque la concepción francesa de la didáctica se ha desarrollado estos últimos años sobre una base original, sobre sus propios conceptos. De otros escritos, anglosajones o germánicos, fundamentalmente, nos parece entrever otras culturas de investigación, y la palabra *didáctica* no tiene verdaderamente la misma acepción. En la lista de las publicaciones utilizadas figura, entre las obras publicadas en didáctica de las ciencias, un texto de didáctica de las matemáticas que constituye referencia obligada en su campo, y, por ello, la influencia sobre ciertas producciones de ciencias experimentales nos parece clara. Nos hemos permitido analizar parcialmente una investigación desarrollada actualmente por nuestro equipo, sobre la base de documentos de trabajo provisionales disponibles. La lista es la siguiente:

- Samuel JOHSUA y Jean-Jacques DUPIN (1989). *Représentations et modélisations: le "débat" scientifique dans la classe et l'apprentissage de la physique*.

- Guy CALANDE, Cécile DE BUEGER-VANDER BORGHT, Sabine DARO, Jos NUTTIN y Lucien VANHAMME (1990). *Plaisirs des sciences. Didactique des sciences*

*et autonomie dans l'apprentissage. L'immunologie: un prétexte*.

- Jean Louis MARTINAND (1986). *Connaître et transformer la matière*.

- Guy BROUSSEAU (1986). "Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques", in: *Recherches en didactiques des mathématiques*, 7.2.

- Guy RUMELHARD (1986). *La génétique et ses représentations dans l'enseignement*.

- Brigitte PETERFALVI (dir.) (en cours). *Recherche sur les objectifs-obstacles et les situations d'apprentissage autour du concept de transformation de matière* (ROOSA).

### **Las cuestiones problemáticas**

A la vez que hicimos la lectura comparada de estas publicaciones, elaboramos progresivamente siete cuestiones problemáticas, que nos han parecido interesantes para contrastar los paradigmas de investigación. Nos hemos esforzado en establecer cómo cada investigación puede situarse en relación a cada una de ellas. Aquí se impone la prudencia ya que no podemos despreciar la carga interpretativa que ello conlleva. Pues, si ciertas cuestiones han podido ser tratadas con los datos contenidos en los textos, para otras ha sido necesario proceder a inferencias interpretativas que tratamos como tales, que no figuran directamente en los textos, pero que han podido ser extraídas porque conocíamos, por otras fuentes, las posiciones teóricas de los autores.

Nos hemos esforzado, por tanto, al máximo, para no alejarnos de los datos analizados. Llamamos la atención, una vez más, sobre el carácter "prototípico" de las publicaciones y sobre la influencia de este hecho en que el análisis resultara bien fundamentado, aunque en realidad nuestro objetivo, al final, las trasciende.

*(1) Los problemas de la enseñanza científica que orientan el trabajo*

La primera cuestión que nos hemos planteado concierne a las relaciones que mantiene la investigación didáctica con los problemas de la enseñanza de las ciencias. La hipótesis que nos ha guiado es que, en cierto modo, la investigación no es nunca "gratuita", incluso cuando quiere ser puramente descriptiva. La historia deja ya percibir que estos vínculos existen y que la investigación nace, más a menudo de lo que parece, sobre la base de una empresa de innovación o de renovación curricular, con las necesidades de formación asociadas.

La idea es que más allá de la libertad del investigador y del "rodeo" que constituye necesariamente toda investigación, debe ser posible identificar -tratar de reconstruir- un problema de la práctica, que será su fundamento originario. Lo que no significa de ningún modo que los problemas de investigación haya que situarlos en el estrecho filo de los problemas prácticos. Al contrario, se sabe bien que la didáctica debe, en términos generales, operar como ruptura con las concepciones pedagógicas cotidianas, pero eso no debe impedir intentar retomar el "trazo" de lo que ha podido, inicialmente (quizás inconscientemente), orientar el interés de la investigación en tal dirección.

*(2) La elección del contenido de enseñanza*

Otra cuestión, quizás más natural, concierne al estatus del contenido de enseñanza sobre el que trata la investigación. A priori, ese contenido ocupa una posición central si se admite que el mayor criterio que opone la didáctica a la pedagogía es justamente el hecho de tomar como eje directriz de la investigación el de los contenidos. Por tanto, parece que su situación, y sobre todo la razón de su selección, pueden ser bastante diversas según las publicaciones.

*(3) El objeto de la investigación*

Toda investigación pretende deducir de la diversidad de situaciones analizadas, los elementos más "invariantes", pues se puede decir que ellos constituyen los nuevos conocimientos. La diversidad de las ciencias humanas muestran que estos conocimientos pueden ser de órdenes muy diversos, y eso es constitutivo incluso de cada disciplina. Pero en todos los casos, algo que ha podido ser estabilizado, permite deducir una estructura, describir un orden o dar un sentido, allí donde reina en apariencia un desorden anómico. Es lo que nosotros nos esforzaremos en aclarar.

El objeto de la investigación puede ser la descripción de situaciones de enseñanza corrientes, pues lo que se busca es resaltar ciertas características nuevas o la elaboración de determinadas secuencias didácticas, o incluso la construcción de recursos, de indicadores, de modelos... Puede también ser una mirada, más teórica, de análisis "a priori" de la materia de enseñanza, de su historia y su epistemología.

Puede abordar unidades de tiempo variables (una sesión o un curso) y unidades de análisis diferentes (la clase, el grupo, el alumno).

*(4) Los métodos de investigación*

Este punto concierne a la diversidad de modelos de investigación así como a sus métodos de análisis, pero también a la naturaleza de las relaciones que se establecen entre los investigadores y los actores del sistema didáctico.

*(5) Los conceptos didácticos centrales*

Se identificarán aquí los conceptos didácticos que funcionan en la investigación y que sirven de "anteojos" para el análisis de los datos empíricos. Para aclararnos, citemos los de *transposición didáctica*, *representación u objetivo obstáculo*, desarrollados durante los últimos años. Puede tra-

tarse de conceptos específicamente elaborados en el marco de la investigación, o de préstamos explícitos de un campo teórico anterior, o simplemente de conceptos en uso que se retoman.

#### (6) Los productos de la investigación

¡Toda investigación -en todo caso toda investigación que ha sido publicada- persigue producir algo! Se tratará pues de ver cuales son los productos y los resultados de acuerdo a lo que decíamos en el punto (3). Evidentemente, la naturaleza de "los logros" de la investigación puede ser excesivamente variables. Se puede tratar de resultados empíricos, cualitativos o cuantitativos, o de la interpretación de los datos analizados. Se puede tratar también de una producción de carácter teórico, bajo la forma de un concepto nuevo, descrito o rectificado bajo la base de los ejemplos tratados.

#### (7) Las orientaciones que se proponen para la enseñanza

Esta última cuestión remite a la primera, pero es bien diferente. No se trata de examinar la enseñanza "río arriba", con los problemas que conlleva, que hay que transformar en cuestiones de investigación, sino la enseñanza "río abajo". Nos preguntaremos sobre las características que presenta (o presentaría) una enseñanza científica guiada por la investigación, o inspirada por ella. Así, correremos algunas veces el riesgo de "hacer hablar" a las publicaciones más de lo que nos dicen explícitamente, en la perspectiva de un debate abierto.

### Las "fichas de lectura"

Nos proponemos retomar ahora bajo la forma de "fichas de lectura" los seis textos seleccionados que someteremos sistemáticamente a las cuestiones problemáticas definidas anteriormente.

Samuel JOHSUA y Jean-Jacques DUPIN  
*Représentations et modélisations:  
le "débat" scientifique dans la classe  
et l'apprentissage de la physique.*  
Berne: Peter Lang, 1989

#### Breve presentación:

*Numerosos estudios anteriores han puesto en evidencia el papel que juegan las primeras concepciones de los alumnos en los aprendizajes científicos. Estas pueden constituirse en verdaderos obstáculos epistemológicos, particularmente resistentes y perdurables. Los autores tratan de clarificar las restricciones que pesan sobre la enseñanza de la física, para delimitar un espacio de elecciones posibles. La obra recoge una experimentación didáctica sobre la enseñanza de la electrocinética en los niveles elementales (alumnos de 11 a 14 años). Después de la presentación de las hipótesis didácticas generales sobre la transmisión de conocimientos y las representaciones, se expone un estudio preciso de modos de razonamiento de los alumnos sobre el dominio tratado. La experimentación didáctica trata esencialmente sobre la introducción de una física explicativa mediante nuevas modelizaciones que se proponen, sobre las modalidades de un debate verdadero en la clase y sobre la modificación de la relación con lo experimental.*

#### 1. Problemas de la enseñanza científica

Los autores se apoyan en anteriores investigaciones que han permitido establecer una constante largamente compartida: numerosos obstáculos epistemológicos se resisten a la enseñanza de forma diacrónica. Según los autores la razón de esta resistencia sería que en los modelos clásicos de enseñanza los alumnos no ne-

cesitan superarlos, puesto que son estos modelos los que crean los obstáculos didácticos.

## **2. Elección del contenido de enseñanza**

Se ha elegido un contenido bien delimitado por los programas, pues se sabe que tiene grandes dificultades para las prácticas clásicas de enseñanza: la electrocinética. Pero éste es un contenido sobre el que ya hay resultados de investigación disponibles que permiten señalar mejor los "nudos de dificultad" y los obstáculos a trabajar, así como la ventaja de avanzar en tratamientos didácticos alternativos.

## **3. Objeto de la investigación**

El objeto de la investigación consiste en introducir situaciones didácticas nuevas, precisamente centradas en los obstáculos que la enseñanza tiende habitualmente no sólo a rodear sino a desarrollar. Los autores describen rigurosamente las estrategias didácticas desarrolladas, de tal manera que se pueden reproducir (*perspectiva de ingeniería didáctica*).

La unidad de análisis la constituye el conjunto de la clase.

## **4. Métodos de investigación**

La elaboración de secuencias didácticas se ha realizado en estrecha colaboración con los profesores responsables de las clases. Gran parte de las concepciones que se manejan parecen provenir del investigador, pues sus propuestas son las que organizan el trabajo, incluso si nos fijamos tanto en su acogida<sup>(1)</sup> como en las reservas suscitadas.

## **5. Conceptos didácticos centrales**

Se toman un cierto número de conceptos de la didáctica de las matemáticas. Por

ejemplo, se hace uso de la idea de que la enseñanza es tributaria de un *sistema didáctico* que la condiciona, determinando fuertemente sus acciones y decisiones. El concepto de contrato didáctico, en el sentido tan particular que se le ha dado en la enseñanza de las matemáticas, es su corolario.

Los autores denuncian además la ideología empirista que reina todavía en la enseñanza de las ciencias. Ellos recusan el método "natural" de aprendizaje, pretendido reflejo silencioso del "método de descubrimiento". Privilegian una hipótesis de artificialidad de la situación didáctica, lo que les abre al uso de modelizaciones originales. Se esfuerzan en introducir el "debate científico" en las clases, prefiriendo la validación a la demostración.

## **6. Productos teóricos**

Se construye una organización de secuencias, que permite la elaboración de una modelización original de los circuitos eléctricos (analogía del tren). Este modelo es creado "ex novo" para las necesidades didácticas sin presentar el equivalente en la ciencia acabada, y la investigación muestra la eficacia de su uso.

## **7. Orientaciones que se proponen para la enseñanza**

La enseñanza científica puede aprovecharse de las "buenas" situaciones didácticas, que precisamente la investigación permite "calibrar", impidiendo el rodeo frecuente de los obstáculos por los alumnos. Se ejerce una vigilancia particular sobre los obstáculos didácticos, a fin de evitar que los alumnos movilicen analogías espontáneas, pues se sabe que son el origen frecuente del obstáculo. Lo importante es que la enseñanza construya correctamente

(1) N. del T.: Se refiere a la acogida que se dispensa al investigador en el campo.

algunos conceptos físicos, de una manera suficientemente operatoria para que los alumnos sepan lo que es verdaderamente la física.

Guy CALANDE, Cécile DE BUEGER-VANDER BORGHT, et al.

*Plaisirs des sciences. Didactique des sciences et autonomie dans l'apprentissage. L'immunologie: un prétexte.*

Bruxelle, París: De Boeck/Ed. Universitaires: 1990

Breve presentación:

*Esta obra se inserta en la perspectiva de una práctica de clase que tiene por objetivo formar al alumno en la decodificación y la elaboración de informaciones científicas procedentes de fuentes diversas. Los autores se han centrado en la enseñanza de la biología, y más concretamente en la experimentación de una estrategia didáctica sobre la inmunología. Esta estrategia, cuyo informe constituye lo esencial de la obra, consiste en una serie de situaciones de enseñanza que permiten una confrontación entre el aporte de informaciones ya elaboradas y las que poseen los alumnos, situaciones que utilizan las potencialidades de la clase (producir ideas, comunicar, decidir, etc.) respetando los ritmos y los estilos de trabajo propios de cada uno. Diferentes aspectos de la enseñanza "tradicional" aparecen cuestionados, sobre todo la relación que enseñantes y alumnos mantienen habitualmente con el saber.*

### **1. Problemas de la enseñanza científica**

El problema señalado es que los conocimientos científicos de los alumnos están insuficientemente "anclados" en su saber personal y social, pues la formación cientí-

fica no les permite ser capaces de deducir problemas científicos de las situaciones vividas. Eso genera en los alumnos un cierto desinterés.

### **2. Elección del contenido de enseñanza**

El contenido es explícitamente elegido como un "pretexto" particularmente favorable para tratar, a través de un contenido científico preciso (en este caso la inmunología), capacidades generales actualizadas en esta temática. El punto de vista es casi siempre metodológico y no parece introducir una discusión crítica sobre el saber establecido.

### **3. Objeto de la investigación**

Se trata de elaborar un modelo de enseñanza, que funciona en un período relativamente largo. Se pueden distinguir muchas formas de actividad didáctica, integradas en un modelo que se experimenta en las clases. El proyecto tiene una finalidad proposicional, la experimentación parece sobre todo ejemplificadora del modelo, haciéndolo "dar vueltas".

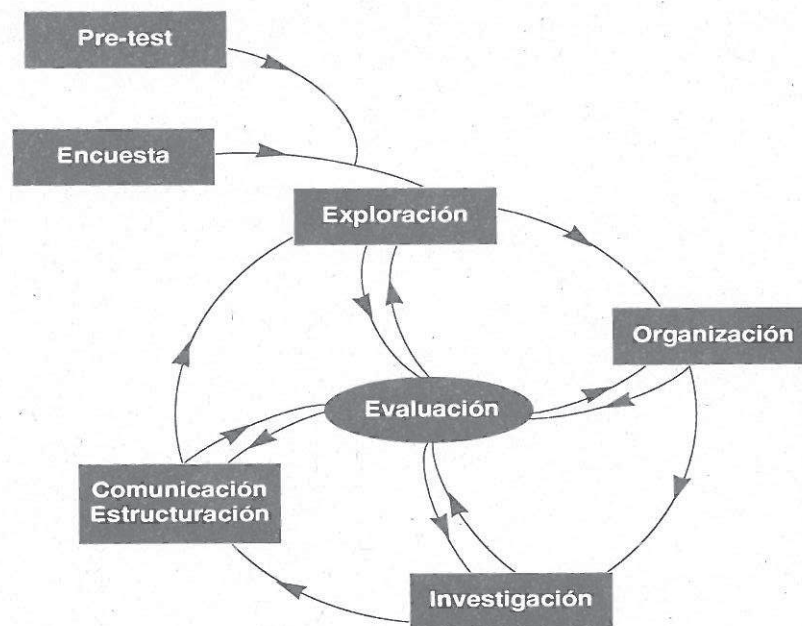
Unidad de análisis: la clase. (Ver cuadro).

### **4. Método de investigación**

Se trata de una forma de investigación-acción, que desarrolla "innovaciones controladas". Se hace una propuesta inicial para planificar las acciones didácticas y sobre esta base se estimula continuamente la creatividad didáctica de los profesores, con especial preocupación por el desarrollo de una gran diversidad de variantes. El conjunto de los ensayos es analizando y recapitulado, lo que permite su "tabularización".

### **5. Conceptos didácticos centrales**

Los conceptos que se trabajan conllevan *capacidades transversales* del cuestionamiento científico y de la investigación



autónoma (exploración, organización, estructuración y comunicación). Incluso en el centro del trabajo se sitúa la idea de *un anclaje funcional* en los problemas cotidianos de la vida y de la sociedad en relación con el saber científico (relación experto-ciudadano).

#### 6. Productos teóricos

Es la falsabilidad, experimentada en situación real, de una estrategia pedagógica que se organiza alrededor de un modelo de actividades sucesivas, pero que ha sido mejorado por experiencias didácticas. Los autores ilustran, sobre ejemplos precisos, lo que promueven las hipótesis iniciales, con los logros de funcionamiento y los problemas planteados. Lo que produce la investigación es la organización de un conjunto estructurado y razonado de secuencias generales, más que la construcción de secuencias particulares.

#### 7. Orientaciones para la enseñanza

La enseñanza que se valoriza en este trabajo se apoya en una estrategia que bus-

ca más la continuidad que las rupturas entre la ciencia y la vida cotidiana. La dimensión constructivista del aprendizaje enfatiza más al sujeto que aprende, sus etapas intelectuales y sus procesos, que al objeto de enseñanza (necesidad de una investigación personal, construcción de referencias para analizar los problemas de la vida a partir de un esquema científico, etc).

Jean Louis MARTINAND (1986).  
*Connaître et transformer la matière.*  
Berne: Peter Lang. 1986

Breve presentación:

*La obra se apoya en tres estudios de caso: un proyecto de iniciación a las técnicas de fabricación mecánica; la noción de elemento en el programa de química de quinto y un proyecto de iniciación a las propiedades mecánicas de los materiales. El autor especifica los problemas que se plantean, pues busca explicitar las intenciones gene-*

rales sobre la elección de los contenidos de enseñanza, ya que se quiere pasar del programa oficial a la elaboración detallada del contenido conceptual correspondiente, pues se quieren determinar los comienzos y las fases de una progresión. Las respuestas aportadas son en principio conceptuales puesto que el autor cuestiona el modo habitual de caracterización de los objetivos (él propone pasar de objetivos posibles a la noción de objetivo obstáculo) e introduce el concepto de prácticas sociales de referencia para plantear situaciones didácticas diversificadas para la iniciación a la enseñanza científica, en la enseñanza primaria y secundaria. Varios ensayos, en situación didáctica, han permitido esta elaboración y apoyan las propuestas presentadas.

### **1. Problemas de la enseñanza científica**

Las actividades escolares son referidas exclusivamente al saber formalizado, lo que las limita a un estrecho espectro de posibilidades. Esta limitación del saber a una forma académica empobrece, pues se excluye el universo social y conduce a olvidar importantes objetivos, puede incluso que los más esenciales.

### **2. Elección del contenido de enseñanza**

Se ha elegido la introducción de nuevos objetos de enseñanza (técnicas de fabricación mecánica, el elemento químico, la dureza) porque impide integrar las tradiciones pedagógicas y permite plantear de forma demostrativa y nítida ciertos problemas de investigación.

### **3. Objeto de la investigación**

El objeto de la investigación es ver como introducir en clase nuevas prácticas sociales, susceptibles de servir de referencia para la enseñanza. Es también buscar recursos e indicadores que permitan a los

enseñantes tomar decisiones didácticas mejor fundamentadas sobre:

- la interpretación de las dificultades que encuentran los alumnos cuando se enfrentan a una tarea,
- las decisiones curriculares (en el momento del diseño),
- las intervenciones individualizadas para los alumnos que las necesitan según las transformaciones intelectuales apuntadas.

La unidad de análisis es la clase.

### **4. Métodos de investigación**

El trabajo se apoya en "ensayos-evaluación" efectuados con profesores voluntarios. Se deducen diversas informaciones sobre las características de las sesiones así como sobre la forma en que son percibidas por los profesores.

### **5. Conceptos didácticos centrales**

Numerosos conceptos didácticos se elaboran y se prueban en este estudio, especialmente el de *objetivo-obstáculo*, el de *prácticas sociales de referencia*, y el de *modos de actividad didáctica*.

### **6. Productos teóricos**

Estos conceptos creados "ex novo" constituyen los verdaderos productos de la investigación. Son utilizados para conceptualizar mejor los dos ejes mayores de la didáctica: el de la toma de decisiones pedagógicas acerca de las modalidades de intervención con los alumnos y el que orienta las decisiones de naturaleza curricular.

### **7. Orientaciones para la enseñanza**

La idea es que la enseñanza científica (primaria y secundaria obligatoria) no puede organizarse alrededor de un programa rígido y cerrado. Pero para que quede "abierto" es preciso poner a disposición de los profesores instrumentos que faciliten la toma de decisiones y la regulación del mismo.



Guy BROUSSEAU  
 "Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques", in *Recherches en didactiques des mathématiques*, 7.2.  
 Grenoble: La Pensée sauvage. 1986

Breve presentación:

*Este extenso artículo constituye en realidad el capítulo teórico de la tesis doctoral defendida por el autor, que presenta de forma sintética la problemática de la didáctica de las matemáticas tal como él la define y que da sentido a los diversos estudios de caso. Se presentan, en principio, un cierto número de fenómenos didácticos frecuentes que afectan a las situaciones de enseñanza ("efectos"). Para optimizar los aprendizajes matemáticos, el autor propone elementos teóricos, introduciendo las ideas de contrato didáctico y de devolución en el que señala sus paradojas. Se presenta una modelización de las situaciones didácticas y a-didácticas en torno a la teoría de los juegos, mostrando las transformaciones del status de los conceptos matemáticos en el curso del desarrollo didáctico (teoría de las situaciones didácticas).*

### 1. Problemas de la enseñanza científica

El funcionamiento escolar de los conocimientos es analizado a través de un cierto número de "efectos", a los que el autor denomina *efecto Topaze*, *efecto Jourdain*, *efecto Dienes*, *deslizamiento metacognitivo*... Estos efectos evitan el aprendizaje e impiden que los alumnos dispongan de un saber matemático con una dimensión operatoria.

### 2. Elección del contenido de enseñanza

Los contenidos específicos parecen bastante indiferentes pues quedan poco axiomatizados. Numerosos campos con-

ceptuales de las matemáticas son objeto de exploración.

### 3. Objeto de la investigación

El trabajo consiste en organizar las actividades de enseñanza de forma tal que el carácter paradójico del aprendizaje pueda ser tomado en cuenta. Son los alumnos los que deben ser los actores principales de las situaciones-problemas, aunque ellos no las hayan elegido e incluso aunque el aprendizaje los enfrente a obstáculos que deberan superar después. El proyecto consiste en estudiar de qué manera el profesor puede jugar un rol decisivo por sus propuestas, pero sin sustituir jamás la actividad propia de la clase.

La unidad de análisis es la clase considerada como un grupo indivisible, que el profesor debe esforzarse en hacer funcionar como tal, introduciendo las dinámicas correspondientes.

### 4. Métodos de investigación

Se registran y analizan secuencias didácticas construidas con precisión por la investigación, y encadenadas en un orden determinado, atendiendo a la forma en que se construye el saber.

### 5. Conceptos didácticos centrales

En el marco de este trabajo se han introducido numerosos conceptos "mayores" de la didáctica de las matemáticas, especialmente los de *devolución* y *contrato didáctico*. Más allá de la construcción de secuencias específicas de un contenido, el autor busca validar una "teoría de las situaciones didácticas" en la que distingue lo que denomina situaciones de acción, de formulación, de validación y de institucionalización.

### 6. Productos teóricos

Esta elaboración de conceptos didácticos nuevos conduce a establecer, para ca-

da campo conceptual, una sucesión de acciones didácticas, juzgada como óptima.

### 7. Orientaciones para la enseñanza

Este estudio conduce hacia una forma de enseñanza que se esfuerza por evitar los "falsos aciertos" de los métodos tradicionales (cf. los efectos Topaze o Jourdain), los cuales en realidad cortocircuitan lo esencial del aprendizaje. Es la clase la que construye el saber gracias a una validación interna de sus resultados. El rol del profesor consiste en abstenerse de pronunciarse autoritariamente sobre lo verdadero o lo falso, pero sí interviene proponiendo las reglas del juego, modificando los cursos de actividad, etc.

Guy RUMELHARD.

*La génétique et ses représentations dans l'enseignement.*

Berne: Peter Lang. 1986

Breve presentación:

*Analizando los manuales de enseñanza secundaria y superior, así como los textos oficiales actuales, y antiguos franceses y extranjeros, el autor estudia el sistema de representación de alumnos y profesores, sobre la enseñanza científica, y más concretamente sobre la teoría genética: ¿qué entienden por el concepto de gen? ¿qué es la herencia? ¿qué representa la idea de don? ¿qué recogen las leyes de Mendel? La obra se apoya también para ello en el análisis de cuestionarios y de producciones en situación escolar. Propone fundamentar verdaderamente la enseñanza en los conceptos, pues éstos son inseparables del análisis de un contenido científico preciso y delimitado.*

### 1. Problemas de la enseñanza científica

La enseñanza científica está centrada en los resultados de la ciencia más que en los procesos, lo que hace desaparecer las cuestiones, los problemas científicos y los obstáculos que la investigación ha debido afrontar. En resumen, se reorganiza y se dogmatizan los resultados del saber

### 2. Elección del contenido de enseñanza

El contenido -la genética clásica- ha sido elegido por razones epistemológicas. Corresponde a un concepto central de la biología, elegido para evitar un punto de vista reduccionista (como lo sería la elección de la genética molecular). Es un campo donde interfieren fuertemente ideologías y representaciones sociales; que permite delimitar el nivel de formulación y el campo de validación de un concepto.

### 3. Objeto de la investigación

El proyecto consiste en analizar la materia desde un punto de vista histórico-epistemológico, para detectar los conceptos claves, las técnicas y los obstáculos. La finalidad de este estudio es netamente crítica (se puede hablar de "didáctica de la sospecha") por la deslegitimación de las prácticas habituales. Desde este punto de vista, trasciende cada objeto del saber tomado por él mismo. Pero la construcción detallada de situaciones didácticas alternativas deja la responsabilidad a los profesores.

### 4. Método de investigación

El autor utiliza de forma sistemática un cierto número de ideas claves, como la vigilancia frente a todo reduccionismo en biología, el espíritu de examinar las modalidades y las condiciones de los descubrimientos científicos, la identificación de los procesos de dogmatización, etc. Estas ideas hacen de "bisturí" para el análisis crítico, sin método sistemático, de los contenidos

enseñados. Paralelamente, se establece un corpus de textos teóricos de referencia.

### 5. Conceptos didácticos centrales

Los conceptos empleados son principalmente los de obstáculo epistemológico, condición de posibilidad y representación social, insistiendo en la función ideológica de los obstáculos, más que en la cognitiva (fuerte referencia psicoanalítica).

### 6. Productos teóricos

Se establecen nuevos conocimientos se establecen sobre los obstáculos a superar en un campo del saber, poniendo en relación las representaciones de los alumnos y el análisis de los conceptos.

### 7. Orientaciones para la enseñanza

Una enseñanza derivada de esta investigación muestra a los alumnos las cuestiones, los obstáculos, los procesos y las técnicas que conducen a los saberes científicos actuales y que les dan sentido. La dimensión constructivista conduce al desarrollo de una sensibilidad epistemológica en los alumnos, a una vigilancia crítica frente a los datos científicos acabados. Esta enseñanza busca, por una suerte de ascetismo, controlar todas las facilidades que se otorga de ordinario el pensamiento.

Brigitte PETERFALVI (dir.)  
*Recherche sur les objectifs-obstacles et les situations d'apprentissage autour du concept de transformation de matière (ROOSA).*  
 (investigación actualmente en curso, dirigida por el equipo de didáctica de las ciencias del INRP)

Breve presentación:

*Esta investigación estudia los aprendizajes escolares en torno al concepto de*

*transformación de la materia, que es transversal a la biología y a la física y química. Analiza la red de obstáculos epistemológicos, psicológicos y pedagógicos y se esfuerza en precisar las condiciones y las etapas de su superación didáctica. Paralelamente, se elaboran una diversidad de estrategias didácticas, que se relacionan con el trabajo con obstáculos. La investigación se apoya, para esto, en varios estudios de caso, tanto en primaria como en secundaria, y debe conducir a producciones analizadas de secuencias didácticas.*

### 1. Problemas de la enseñanza científica

Muchos, y también los didactas de las ciencias, estiman que el uso didáctico de las representaciones ha fracasado o se revela imposible, puesto que verdaderamente no se han dado los medios para conseguirlo. Las dificultades encontradas estarían, en principio, ligadas a la formación de los profesores.

### 2. Elección del contenido de enseñanza

El campo conceptual de "transformación de la materia" ha sido elegido en razón de su carácter transversal, pues toca la física, la química y la biología. Pues esto es justamente lo que caracteriza los obstáculos, que no se corresponden con los marcos de las disciplinas, sino que los trascienden. Al contrario, el trabajo didáctico de los obstáculos (cuando existe) queda prisionero de ellas. De golpe, los alumnos aprenden en el marco de la costumbre didáctica de cada disciplina y no se hacen los "puentes".

### 3. Objeto de la investigación

El conjunto de obstáculos encontrados por los alumnos es analizado a partir de las representaciones encontradas. Se examina la manera en que se constituyen en red dinámica y funcional, que los conforta mu-

tuamente y asegura el mantenimiento de las representaciones. La investigación busca construir secuencias de enseñanza centradas en la superación de estos obstáculos a lo largo de la escolaridad y a través de las disciplinas. Estas secuencias, y sus efectos, son objeto de análisis precisos.

#### **4. Método de investigación**

El trabajo se desarrolla de una manera participativa, en colaboración con profesores de diferentes niveles: primaria, secundaria y bachillerato. El énfasis se pone en la elaboración por parte de los profesores de una diversidad de dispositivos didácticos, regulados por estar inscritos en un marco teórico general (perspectiva de "innovación controlada").

#### **5. Conceptos didácticos centrales**

En el centro de la investigación están los conceptos de *representación*, *obstáculo* y *objetivo-obstáculo*. Pero también otros que ayudan a la elaboración de dispositivos, tales como conflicto socio-cognitivo o metacognición.

#### **6. Productos teóricos**

Los productos de la investigación serán de dos clases. De una parte, el conjunto de dispositivos de enseñanza, acompañados de su análisis didáctico, constituirán un corpus de lo que parece posible en este campo, sin limitarse al conflicto socio-cognitivo (a menudo sólo utilizado de una manera discutible). Por otra parte, sobre un plano teórico, la idea de superación de obstáculo se encuentra afinada (con el descubrimiento de momentos conceptuales y temporalmente diferentes) y el uso diversificado de objetivos-obstáculos.

#### **7. Orientaciones para la enseñanza**

La enseñanza surgida de esta perspectiva de investigación, articularía lo que, a menudo, aparece como opuesto: el rigor

de la concepción y la flexibilidad de la adaptación (perspectiva llamada de lo "duro-flexible"). Es este rigor de adecuación a la realidad pedagógica, en el marco de un análisis teórico que le da sentido a la acción, el que engrandece la carencia en la formación de los profesores.

### **Concepciones implicadas en las investigaciones en didáctica**

Nos parece posible, después de estas presentaciones, sugerir diversas ideas implicadas en las investigaciones en didáctica. Una vez más somos conscientes del carácter delicado de la empresa, dada su naturaleza largamente interpretativa. Dado también que es difícil ocultar el punto de vista del investigador, así como sus prácticas de investigación. Recordamos, de nuevo, que el análisis propuesto es exclusivamente sobre los trabajos analizados y no etiqueta para nada a los autores como tales.

A pesar de estos riesgos evidentes, la tentativa nos ha parecido útil, pues, como principio, hemos pretendido mostrar el largo espectro de investigaciones en este campo. La intención no es hacer una categorización, más bien es la de un "elogio de la diversidad". La didáctica de las ciencias es todavía joven, con características teóricas y metodológicas lejos de estar estabilizadas. Hay que suponer, por lo demás, que éstas puedan serlo algún día, y que no se trata de una característica permanente de nuestro campo. Las tentativas que apuntan aquí y allá para regentarla son por lo menos prematuras, en todo caso seguramente reduccionistas.

#### **"La didáctica es..."**

Intentemos pues, en algunas frases, indicar lo que parecen ser las características

principales de la didáctica en las obras estudiadas.

*Johsua y Dupin (1988)*. Establecer un modelo científico original para la enseñanza de un concepto y construir rigurosamente situaciones didácticas nuevas, en las que se estudie su viabilidad para los participantes: profesores y alumnos.

*Calande, De Bueger y otros (1990)*. Describir diversas realizaciones, por profesores colaboradores, de un modelo pedagógico definido de antemano con ellos, que se encuentra de este modo, ejemplificado, afinado y enriquecido con numerosas variantes.

*Martinand (1986)*. Elaborar nuevos recursos teóricos que renueven las "anteojeras" con que se analizan las situaciones de enseñanza y que orienten los modos de intervención de los profesores, así como las decisiones curriculares.

*Brousseau (1986)*. Construir una teoría prescriptiva con el carácter y el viso de científica, sometiendo las situaciones de enseñanza al control riguroso de la investigación, con el objeto de optimizar los procesos de aprendizaje y evitar sus errores clásicos.

*Rumelhard (1986)*. Desarrollar una función crítica mediante una análisis epistemológico en profundidad, introduciendo como parte integrante de la cultura científica la sensibilización por los obstáculos e ilustrando las condiciones de posibilidad de los aprendizajes (pero los dispositivos concretos los construye cada uno).

*Peterfalvi y otros (en curso)*. Traducir un modelo didáctico complejo, desarrollado por investigaciones anteriores, en secuencias de enseñanza diversificadas, construidas por equipos de profesores colaboradores, y analizadas luego colectivamente desde el punto de vista de los objetivos de la investigación.

### ***Algunas dimensiones de análisis***

De este rápido recorrido resulta una gran diversidad de modelos de investigación a pesar del número limitado de textos estudiados. El panorama se alargaría todavía más si se ampliara el campo a las publicaciones de André Giordan, de Philippe Jonnaert o al equipo del LIREST, por ejemplo. Oscila la voluntad de fundamentar la didáctica como una ciencia con todas sus exigencias (Brousseau, Johsua y Dupin) o como prácticas, mucho más abiertas, con la participación de profesores de niveles diversos. Se puede hablar de "innovaciones controladas", cuando la creatividad de los profesores se fundamenta en un esquema proposicional inicial (Calande y de Bueger, Peterfalvi y otros), e incluso de "ensayos-evaluaciones" según la terminología de Martinand. Pero otros trabajos son predominantemente interpretativos, basados en estudio de casos o en análisis de un cuerpo de conocimientos, en el que se busca desvelar su sentido. Se puede hablar de investigaciones "hermenéuticas" (Martinand, Peterfalvi y otros). En otros casos, la perspectiva es mucho más teórica y se esfuerza, prioritariamente, en clarificar los preliminares epistemológicos o conceptuales con el fin de modificar en profundidad las perspectivas pedagógicas tradicionales (Rumelhard).

Pero está claro que una misma investigación puede participar de muchos de estos registros, lo que constituye una división más de las dimensiones de análisis.

No hemos encontrado aquí trabajos de carácter experimental, pero nuestro corpus es parcial: la obra de Philippe Jonnaert: *Conflictos de saberes y didáctica*, podría ser representativa. Pero es preciso reconocer que, muy globalmente, las publicaciones de didáctica de las ciencias en lengua francesa no se encuadran en este paradigma. Incluso cuando se afirma la voluntad de cientificidad de la investigación,

se trata a menudo de una perspectiva de ciencias humanas, y se prefiere apoyar sobre problemáticas relevantes más que sobre métodos comparativos, a menudo ilusorios en nuestro campo.

### **Descriptivo o prescriptivo**

Pocos trabajos se declaran prescriptivos, aunque algunos contienen elementos de carácter descriptivo, se trata de la descripción de procedimientos pedagógicos estándares en los que se inscribe la investigación (Brousseau, Rumelhard) o de situaciones puestas en juego (Calande y De Bueger, Martinand, Peterfalvi y otros).

Por tanto, los elementos indirectamente prescriptivos no están totalmente ausentes. Resultan derivados de presupuestos que los autores anuncian y en los que los ejemplos descritos dan fe de su factibilidad (Calande y De Bueger, Peterfalvi y otros), o apoyados en resultados científicos, en cuyo caso parece imponerse su evidencia.

Inevitablemente, las investigaciones didácticas oscilan entre tres dominios que las califican de especulativas, praxiológicas y axiológicas; su ciencia -descriptiva o experimental- presenta a menudo una dimensión de "ciencia de la acción" y es necesariamente portadora de valores formativos y educativos. Se quiere asumir mejor esta situación -inconfortable pero inevitable- y, al mismo tiempo que se hace, se puede precisar la parte intencional del proyecto y sus efectos, dejando a los profesores mejor informados, pero libres para hacer sus propias elecciones. Por defecto, la voluntad científica cambiará rápidamente en ideología, en el sentido que Canguilhem le ha dado al término: una ideología "lucha del lado de una ciencia cuando reconoce el prestigio y busca imitar el estilo". Pues una ideología no funciona eficazmente más que en estado oculto, cuando se vuelve invisible por

una especie de "naturalización". Y en nuestras sociedades, el ropaje científico es de los más eficaces desde este punto de vista.

### **¿Teórico o pragmático?**

Otra distinción, que no recoge exactamente la precedente, concierne al carácter teórico o pragmático de los proyectos de investigación. Martinand y Calande, por ejemplo, que se identifican en cuanto a la inserción de elementos descriptivos derivados de prácticas puestas en juego por los profesores participantes, se oponen netamente en virtud de este nuevo criterio.

La "armadura" teórica es también variada, y utiliza de forma diferente elementos prestados y aplicados (en Rumelhard, Martinand y Brousseau) y, en los otros casos, elementos específicamente contruidos. Por otra parte, el carácter teórico puede corresponder al fundamento inicial de la investigación, determinando de esta manera sus hipótesis de trabajo (Peterfalvi y otros), o constituyendo sus productos esenciales (Martinand). Pero aquí todavía, las cosas no son tajantes.

### **¿Crítica o proposicional?**

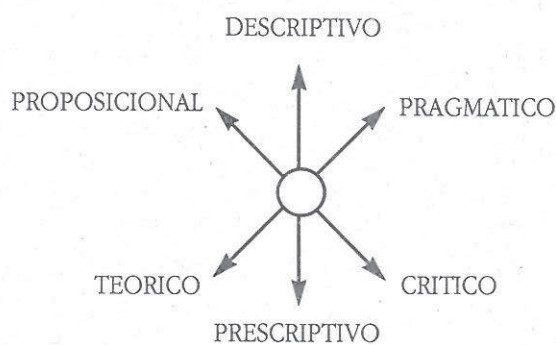
Pocas son las investigaciones en didáctica de las ciencias que no se presentan en principio con la imagen de crítica (Rumelhard), la palabra crítica debe ser entendida en su más amplio sentido como examen en profundidad de presupuestos o prácticas largamente admitidas. Por tanto, es raro que esta función no se cumpla de una forma o de otra: ya sea por la distancia que se toma con las formas pedagógicas dominantes, ya sea sobre todo porque el trabajo de investigación lleva a menudo a ponerlas en cuestión, durante su desarrollo.

Por contra, el carácter proposicional aparece de forma desigual, existiendo des-

de publicaciones que no aportan alternativas elaboradas, para no sustituir el trabajo específico del profesor (Rumelhard) a las que concluyen en organizaciones didácticas especificadas (Brousseau, Johsua y Dupin, Calande y De Bueger), estando también otras que se quedan en orientaciones generales, que proponen ejemplos sin valor normativo (Peterfalvi y otros) o que formulan criterios para la toma de decisiones pedagógicas (Martinand).

Pero cualesquiera que sean las preferencias de los autores, lo que queda es que el trabajo del profesor está constituido por múltiples "micro-decisiones" que se

toman en el momento, sin posibilidad de referirse constantemente a un modelo general de acción. Es por lo demás el caso de los diversos "oficios imposibles" evocados por Freud, tales como educar, gobernar y cuidar (terapia). De tal manera que las propuestas mejor elaboradas y "calculadas" no pueden más que ser objeto de repeticiones "personalizadas". Es, sin duda, mejor así, y ello lleva casi naturalmente a las investigaciones a ser recursos para los formadores y los profesores innovadores, recursos que ganan, al ser diversificados, para una gestión satisfactoria de la complejidad del sistema didáctico.



## SUMMARY

*In the present context of the development of science education, this paper tries to be a parenthesis to analyze how this field functions, on what rules it is based, what regularities follows. To discover also the contrasts of the different ways of research. It has to be seen as a simple tentative, result of the reflexion done in an internal seminar of the Didactic group of the INRP, during 1992 and 1993. We are conscious that this is risky, because they are interpretations from data. With no doubt it will need reformulations, even rectifications. Even more, the diffusion of our point of view tries to collaborate to the debates of the methodological methods, because they are not faced very often. We would like to contribute, to the epistemology of the scientific education research, a reflexion on the main paradigms, usually with many implicit.*

## RÉSUMÉ

*Face au développement actuel de la didactique des sciences, ce texte cherche à opérer une prise de recul, pour analyser comment fonctionne ce domaine, sur quelles règles il s'appuie, à quelles régularités il obéit. Pour dégager aussi des contrastes quant à la diversité des façons d'y conduire les recherches. Il doit être lu comme une simple tentative, fruit de la réflexion commune d'un séminaire interne de l'unité de didactique des sciences de l'INRP, au cours des années 1992 et 1993. Nous sommes parfaitement lucides sur le fait que la tentative est risquée, dans la mesure où elle est largement interprétative à partir des données qui ont servi de support. Inévitablement, elle méritera des reprises et des approfondissements, sinon des nuances et des rectifications.*

*Pourtant, tel quel, la diffusion de ce point de vue nous a semblé utile pour développer des débats de nature méthodologique, dont il ne nous semble pas qu'ils soient si fréquemment abordés. Nous voudrions ainsi contribuer, un tant soit peu, à l'épistémologie de la recherche en didactique des sciences, à une réflexion sur les paradigmes qui y fonctionnent, le plus souvent avec beaucoup d'implicités.*