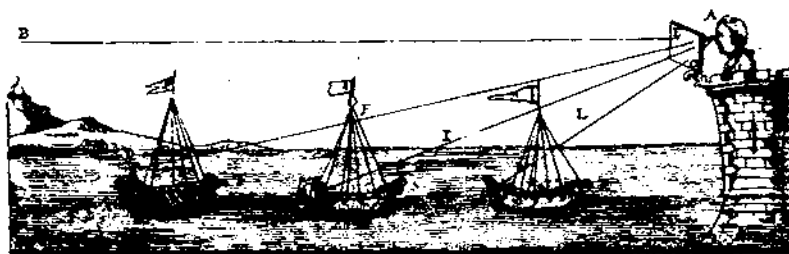


INVESTIGACIÓN



Y EXPERIENCIAS DIDÁCTICAS

MÁS ALLÁ DEL CONOCIMIENTO: LOS DESAFÍOS EPISTEMOLÓGICOS Y SOCIALES DE LA ENSEÑANZA MEDIANTE EL CAMBIO CONCEPTUAL

DUSCHL, R.A.

School of Education, Department of Instruction and Learning, University of Pittsburgh,
Pennsylvania 15260, USA.

SUMMARY

The focus of this paper is on the generic assessment practices teachers need to adopt in order to support the shift in perspective about classroom management. This research show that actions, practices, products and discourse patterns of the classroom can provide the necessary assessment information in the epistemic, cognitive, and social domains teachers need to facilitate science learning.

INTRODUCCIÓN

Los avances obtenidos en la comprensión del uso de los procesos cognitivos que utilizan los individuos y el posterior desarrollo de modelos de procesamiento de información del razonamiento han contribuido, en los

últimos años, a un cambio en la perspectiva sobre las estrategias de dirección del aula. Las ideas más recientes sobre dirección del aula se centran sobre el profesor como facilitador del aprendizaje y que pretenden reem-

plazar a las del profesor que actúa como difusor aprendizaje. La perspectiva del profesor-facilitador está centrada en el estudiante, que exige al profesorado acceder a la información y las ideas generadas por el alumnado y a actuar sobre éstas (por ejemplo mediante *feedback*, es decir, mediante el retorno y ampliación de dicha información). Concretamente, el conjunto de información e ideas debería incluir el conocimiento denominado declarativo, lo que sabemos, y el tipo de conocimiento llamado procedimental o estratégico, es decir, cómo lo sabemos. Al trabajar a partir de las ideas aportadas por estudiantes, los profesores están en una mejor posición para diagnosticar tanto las estructuras de conocimiento como las estrategias de razonamiento de los estudiantes. A su vez, pueden llevar a cabo un plan de acción que satisfaga las necesidades de los estudiantes. En resumen, se puede administrar un *feedback* eficaz que permita al estudiante comprometerse en la construcción y la modificación del conocimiento científico y los métodos científicos de razonar y conocer.

El cambio en las perspectivas sobre dirección del aula, que ha pasado de *impartir* el currículo y la instrucción con objeto de difundir el conocimiento a *usarlos* para facilitar el aprendizaje, es un problema complejo. Opino que los cambios que hemos introducido en la dirección del aula requieren como mínimo modificaciones concomitantes en nuestros enfoques sobre lo que representan los currículos escritos y aquello en que se convierte el núcleo de las estrategias de instrucción que adoptamos. Los entornos de aprendizaje en el aula que apoyan el papel del profesor-facilitador deben tomar muy en serio la necesidad de que el profesor tenga acceso a la información que le permita actuar precisamente de esta manera. Por consiguiente, la dinámica del currículo y las acciones de instrucción deben ser diseñadas de tal modo que los enseñantes puedan recibir información reconocible sobre el aprendizaje de los estudiantes que, a su vez, pueda ser empleada para determinar la(s) siguiente(s) etapa de instrucción.

El cambio en el enfoque sobre cómo conducir el aula, formar entornos de aprendizaje y los subsiguientes cambios en el papel del profesorado y en los énfasis del

currículo representa en su nivel más básico un cambio en el tiempo y en la calidad de la atención prestada a la información y en las ideas producidas por los estudiantes. La posición que trataré de desarrollar en este artículo es que al menos tres clases de información acerca de cómo los niños aprenden, construyen y desarrollan sus pretensiones de conocimiento científico y sus habilidades deben ser parte de cómo el profesor decide sobre su tarea facilitadora. La tabla I recoge estos tres aspectos.

Sin embargo, la creación de un entorno de aprendizaje, de un estilo de dirección y de las actividades y tareas instruccionales que faciliten el acceso a la información descrita en la tabla I no es una cuestión sencilla ni trivial. En primer lugar, tenemos el complejo problema de cómo crear situaciones capaces de generar la información. Además están los problemas con los que tienen que enfrentarse los profesores a la hora de aprender a reconocer la información útil y después trazar un plan de acción, es decir, saber qué hacer con esta información una vez que ha sido obtenida. Por lo tanto, pienso que las reformas eficaces que se introduzcan en la reestructuración de la clase de ciencias serán aquellas que: a) modifiquen el papel de los enseñantes, o sea el cambio de difusor a facilitador; b) impliquen un cambio fundamental en la perspectiva sobre la dirección de la clase desde la visión centrada en tener en cuenta y conducir el comportamiento de los estudiantes a la de tener en cuenta y conducir sus ideas y razonamientos; c) adopten prácticas que permitan al profesorado participar en estrategias de evaluación que desarrollen las habilidades del estudiante con respecto a los objetivos sociales, cognitivos y epistemológicos así como las dinámicas de aprender y practicar ciencia. En lo sucesivo, me referiré a estas tres dinámicas como los tres campos de evaluación.

Así pues, centraré esta presentación en las prácticas genéricas de evaluación que los profesores deben adoptar para apoyar el cambio de la perspectiva sobre la dirección del aula. Pero antes mencionaré dos prácticas vigentes e influyentes en la enseñanza de la ciencia que yo considero que actúan como barreras e impiden el cambio en la conducción del aula que defendemos. La

Tabla I
Campos de construcción conjunta en un entorno de aprendizaje orientado a la evaluación y preguntas básicas para cada campo.

CAMPO	PREGUNTA BÁSICA
Conocimiento epistemológico / científico	¿Qué conocimiento, pruebas o datos elegimos utilizar y con qué objetivo los utilizamos?
Habilidades cognitivas / pensamiento	¿Qué estrategias de razonamiento y de construcción de significado supervisamos y empleamos?
Habilidades sociales / de comunicación	¿Cuáles son las acciones que favorecen la obtención de información sobre conocimiento científico, habilidades de pensamiento y habilidades de comunicación?

investigación que he llevado a cabo con mi colega Drew H. Gitomer (Duschl y Gitomer 1991, actualmente en revisión) en el proyecto SEPIA (*Science Education through Portfolio Assessment*) muestra que las acciones, las prácticas, los productos y los modelos de discurso en el aula pueden suministrar la necesaria información de evaluación sobre los campos epistemológicos, cognitivos y sociales que precisan los profesores para facilitar el aprendizaje de la ciencia. Asimismo, nuestra investigación está mostrando que el profesor puede utilizar la información de estos tres campos para *a)* el diseño, la realización y la evaluación de tareas y actividades de instrucción, y *b)* el seguimiento y la evaluación de la capacidad de los alumnos para razonar, construir significados, adquirir y comunicar el conocimiento científico, y para comprender la naturaleza y práctica de la ciencia. Los datos que hemos recopilado apuntan a que los tres campos de evaluación, y por tanto las fuentes de información sobre las que se puede realizar la evaluación deben coexistir en aquellas clases que pretendan comprometer al alumnado en un aprendizaje significativo y en la práctica de la ciencia. La consecuencia es, pues, que el alumno necesita participar en actividades de aprendizaje que permitan la construcción conjunta de habilidades en estas tres áreas de instrucción. Nuestra perspectiva sobre la enseñanza de la ciencia es aquella que no pretende distinguir entre la construcción de significados y la práctica de la ciencia (Duschl y Gitomer 1991). Por consiguiente, un entorno para aprender la ciencia eficazmente será aquél que ofrezca al profesor la oportunidad de:

- 1) *recibir* información de los estudiantes en cada uno de los tres campos de evaluación;
- 2) *reconocer* la información que se debe emplear para evaluar los niveles de habilidad alcanzados por los alumnos en estas tres áreas;
- 3) *desplegar* la información para facilitar el *feedback* a los alumnos.

ANTECEDENTES

La investigación sobre la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia nos revela que los entornos de aprendizaje eficaz de la ciencia se basan en ideas de los alumnos y construcciones personales de explicaciones, modelos, argumentos y exploraciones, y son creados a partir de ello (Gil y Carrascosa-Alis 1994, 1990, Osborn y Freyberg 1985, White 1988, White y Gunstone 1992). Lo que también parece que se necesita, según señala Deanna Kuhn (1993), es un equilibrio entre el tiempo y el esfuerzo asignados a las habilidades de los alumnos para la exploración y el tiempo y esfuerzo dedicados a sus habilidades de argumentación. En demasiados programas de ciencias, la estrategia de reforma de la educación científica consiste en llevar a cabo un enfoque práctico mediante el cual se perfeccionan las habilidades de los estudiantes para la exploración. Pero se olvidan el razonamiento *contextualizado* y las habilida-

des de comunicación necesarias para entrelazar conjunta y coherentemente las pretensiones de conocimiento de la ciencia (Kuhn 1991). Según Kuhn, la auténtica práctica de la ciencia y una auténtica descripción de su práctica deberían reflejar un equilibrio entre la exploración y la argumentación. Naturalmente, esto coincide con la teoría de enseñanza de Glaser que afirma que hay «tres componentes esenciales de una teoría de la instrucción»: *a)* descripción de las realizaciones competentes, conocimiento y habilidad que deseamos que adquieran los alumnos; *b)* análisis del estado inicial del conocimiento y la habilidad del estudiante; y *c)* explicación del proceso de aprendizaje, la transición del estado inicial al estado deseado que puede ser alcanzado en situaciones instruccionales (Glaser y Bassok 1989, p. 631).

Así pues, la posición de Deanna Kuhn, empleando el lenguaje de Glaser, es que una de las realizaciones importantes (conocimiento y habilidad) para los alumnos (de ciencias es la habilidad de argumentación. Apoyo totalmente la aplicación de estructuras correspondientes a la filosofía de la ciencia como modelos de argumentación. Concretamente, en Duschl (1990) investigo el uso del modelo de argumento de Giere con el fin de comprobar teorías científicas como una especie de herramienta para comprender las partes constituyentes de las teorías o explicaciones científicas. En Smith y Duschl (actualmente en revisión), este método de integrar explicaciones científicas en el currículo se aplica a modelos con enfoques divergentes sobre el interior de la Tierra.

La habilidad de articulación de teorías y de razonar con o acerca de explicaciones científicas es otra de las realizaciones descuidadas en la enseñanza de la ciencia (Ohlsson 1992). Los nuevos puntos de vista de la filosofía de la ciencia mantienen que una comprensión del papel de las teorías científicas en la ciencia y de cómo las teorías científicas cambian es esencial para el desarrollo y la comprensión de la ciencia. La adopción de actividades de instrucción que hacen que los estudiantes participen en la construcción y evaluación de argumentos y explicaciones es un elemento primordial de un programa de estudios de ciencias que pretenda incluir las actuales prácticas de ciencia. Ayuda a crear una comunidad de práctica en la que se puede dar un equilibrio entre los dos contextos de ciencia fundamentales —la generación/descubrimiento y la justificación/comprobación de las pretensiones, los métodos y los objetivos de conocimiento científico— (Duschl 1990, Duschl y Gitomer 1991, Gil y Carrascosa-Alis 1994, Stewart y Hafner 1991). De este modo, las actividades sobre lo que conocemos son equilibradas con actividades sobre cómo adquirimos esos conocimientos y lo que juzgamos como conocimiento, métodos y objetivos que consideramos que vale la pena perseguir.

El razonamiento para la inclusión de estrategias de instrucción en la adopción de la argumentación y la explicación como práctica y objetivo de entornos de aprendizaje no admite duda; sin embargo, resulta más complicado obtener descripciones y análisis de cómo funcionaría un determinado entorno de aprendizaje. Todavía

tenemos que describir un sistema para comprender las demandas y acciones de instrucción del profesorado que deben ser utilizadas durante la puesta en práctica de lecciones que se centran en la adquisición de conocimientos dentro de un campo específico (Glaser 1984), cognición en contexto (*situated cognition*) (Brown, Collins y Duguid 1989), o la instrucción basada en un tema concreto (*anchored instruction*) (*Cognition and Technology Group* 1992). He aquí algunas de las preguntas importantes: ¿Qué apariencia tiene esta instrucción? ¿Qué necesidades prácticas y cognitivas son asignadas a los profesores? ¿Qué limitaciones se introducen en el currículo? ¿Cuáles son los papeles y las responsabilidades que deberían adoptar los estudiantes?

UN NUEVO CAMBIO EN LAS PRÁCTICAS DE CLASE

Desde los años 50, se han producido dos innovaciones conceptuales importantes en la enseñanza de la ciencia, que han tenido un gran impacto en los esfuerzos por elaborar *currículos* de ciencias y en los enfoques sobre la enseñanza de ciencias en el aula. La primera de ellas es la adopción de la perspectiva de Joseph Schwab, que consiste en enseñar la ciencia (como una reflexión sobre la investigación, *as an inquiry into inquiry*). La segunda es la adopción, por parte de los educadores de ciencias, de las teorías de los estadios de desarrollo cognitivo elaboradas por Jean Piaget, que consideran el aprendizaje como una guía de enseñanza. Muchas de las decisiones adoptadas por profesores y supervisores que conforman lo que se hace en clase de ciencias se basan en interpretaciones de estas dos posiciones. Dentro del aula representan la visión recibida de la enseñanza de la ciencia. No obstante, la mala aplicación de estas ideas dificulta más que ayuda a reformar la enseñanza de la ciencia. En la interpretación de Schwab se echa de menos el papel central que los conceptos directores tienen en la investigación; y, en la de Piaget, lo que falta es el aprendizaje contextualizado. El próximo apartado da más explicaciones acerca de estas dos perspectivas dominantes (investigación y estadios de desarrollo de aprendizaje) de la enseñanza de ciencias y sobre cómo la mala interpretación y la aplicación incorrecta de ambas afecta negativamente a la práctica.

Reflexionar sobre el proceso de investigación

La enseñanza de la ciencia como una investigación, tal como propone Schwab, es un argumento que tiene por objeto acercar la práctica de la ciencia a situaciones de enseñanza. La práctica, tal como la describe Schwab (1958, 1962a, 1962b) y como la amplía elocuentemente su estudiante F. Michael Connelley (Connelley y Fingold 1977), consiste en desarrollar los hábitos mentales que permitan al individuo razonar científicamente y así poder participar en prácticas que giren en torno a la evaluación y la construcción de conocimiento científico.

Schwab sostiene que las dinámicas de esta práctica son determinadas por la estructura de la disciplina. Es decir, el establecimiento de lo que se consideran problemas significativos por resolver, las preguntas que hay que plantear, los métodos, las herramientas y las técnicas que se deben emplear, los datos existentes para juzgar el resultado de la investigación y los resultados y las explicaciones apropiadas, todo ello viene determinado por: a) los conceptos directores aceptados o las declaraciones de conocimiento previas de un campo científico concreto, y b) las normas de investigación y razonamiento adoptadas y empleadas por una comunidad de científicos. Schwab denomina a los conceptos directores, las estructuras substantivas de la disciplina, y, a las normas de investigación y razonamiento, las estructuras sintácticas de la disciplina.

Por tanto, para Schwab, la auténtica práctica de la ciencia es aquella en que los individuos y los grupos utilizan principios conceptuales para participar en la adquisición y la evaluación del conocimiento científico. El elemento clave de la tesis de Schwab para enseñar la ciencia mediante una investigación de la investigación es el análisis de los conceptos directores. Cuando los conceptos directores de la ciencia son inalterables, Schwab lo denomina investigación científica estable. Cuando los conceptos directores de la ciencia son cuestionados y sustituidos por otros, entonces nos encontramos ante un período de investigación fluida.

La enseñanza de la ciencia mediante la investigación y haciendo uso de la perspectiva estructural de Schwab se basa en la propuesta general consistente en que los currículos de ciencias deberían reflejar tanto las dimensiones estables como las fluidas de la naturaleza de la ciencias. Su postura respecto a la práctica de clase conlleva dos consecuencias:

- 1) Hacer que el alumno adquiera los conocimientos y las experiencias científicas a través de investigaciones en las que ponga en práctica procedimientos similares a los empleados por los científicos.

- 2) Hacer que el alumno sea consciente de que el conocimiento adquirido a partir de la investigación está sujeto a cambios.

Sin embargo, el examen y análisis de los primeros proyectos para crear planes de estudios llevados a cabo por la NSF revela que la mayoría de actividades e investigaciones apoyan una versión de la forma final del conocimiento científico (Duschl 1988, 1990, Nadeau y Desautels 1984, Russell 1981) y, por tanto, están de acuerdo con una perspectiva estable o normal de la investigación científica. La aplicación de las ideas de Schwab acerca de enseñar la ciencia como una «reflexión sobre el proceso de investigación» sólo tuvo éxito en uno de sus dos frentes: la investigación estable. Con todo, la investigación efectuada desde los años 60 sobre la manera en que los estudiantes comprenden la naturaleza provisional de la ciencia reveló que éstos mantienen una percepción autoritaria de la ciencia y la consideran como la búsqueda de la verdad y de afirma-

ciones *definitivas* sobre el mundo. Lederman (1992) nos ofrece un repaso de treinta años de investigación sobre las concepciones que profesores y alumnos tenían acerca de la naturaleza de la ciencia.

El concepto de hacer de la enseñanza de la ciencia una reflexión sobre el proceso de la investigación fue (Schwab 1964), y todavía es, una buena idea (Kyle 1980, Welch, Klopfer, Aikenhead y Robinson 1981). El enfoque basado en la investigación en la ciencia estableció firmemente el papel del laboratorio y la práctica de la ciencia por los alumnos. El problema es que, en los años 50 y 60, el concepto de investigación se limitaba a aprender cómo comprobar las declaraciones de conocimiento y, por tanto, se concentraba en la investigación estable.

La enseñanza de la ciencia ha estado, y continúa estando, dominada por la enseñanza de hechos, hipótesis y teorías, debido a la contribución de cada una de ellas en el establecimiento del conocimiento moderno. Schwab (1964) lo llama «la retórica de las conclusiones», Duschl (1990), «ciencia definitiva» (*final form science*). Las causas que dieron lugar al conocimiento científico son consideradas como inabordables, y, así, las razones que obligan a cambiar teorías, modificar métodos y reestructurar objetivos son eliminadas del discurso instruccional.

La consecuencia de centrarse en la ciencia definitiva es que se presenta a los estudiantes un perfil incompleto de la ciencia y de la práctica de la ciencia. A los alumnos se les proporcionan tareas instruccionales que únicamente van dirigidas a lo que se conoce por ciencia. Al enseñar «el qué» sin enseñar el «cómo», se corre el riesgo de ofrecer una enseñanza de las ciencias incompleta. Kilbourn (1982) ha acuñado el término «monotonía epistemológica» para describir los materiales curriculares o las estrategias de instrucción de la ciencia que no ofrecen un perfil completo de los conceptos que se enseñan. Afirma que, con demasiada frecuencia, la enseñanza de la ciencia es sacada fuera de contexto y presentada sin el material de antecedentes críticos necesario para comprender bien los significados y las transiciones de la ciencia.

La ciencia, tal como la conciben los científicos que practican la disciplina, es la ampliación lógica de las tesis de Schwab, es decir, la enseñanza de la ciencia centrada en lo que hacen los científicos, y es por eso que se convierte en una reflexión sobre la investigación. Sin embargo, la representación del trabajo realizado por científicos individuales difiere bastante de la representación de una comunidad de científicos. Asimismo, la representación de la ciencia aplicada aisladamente es diferente a una representación que la sitúa en un contexto social, político, económico o religioso. De este modo, lo que se convierte en prácticas prioritarias que los estudiantes deberían llegar a conocer y desarrollar varía de una perspectiva a otra.

Cuando la práctica de la ciencia en clase hace lo posible por ser leal a las prácticas de los científicos, las dimensiones sociales entran en juego. Los debates, las normas de argumentación, el repaso detallado, las presentacio-

nes y las revisiones de ideas son prácticas científicas que ayudan a los estudiantes a aprender el lenguaje y las normas de la ciencia como una manera de conocer. Para conseguir que un entorno de aprendizaje de ciencias sea eficaz, resulta fundamental tener en cuenta la naturaleza cambiante de la ciencia en lo que se refiere a sus conceptos directores; es lo que Schwab denomina investigación fluida. Al hacer que los alumnos participen en tareas de enseñanza y actividades que les exijan examinar críticamente y evaluar teorías contrapuestas, programas de investigación alternativos y diseños experimentales, estamos empezando a cumplir la petición de argumentación de D. Kuhn y la de rendimiento de R. Glaser, formuladas ambas para hacer referencia a lo que es importante en los entornos efectivos de aprendizaje de la ciencia. Si trabajamos a partir de y con las ideas y la producción de los estudiantes primero y luego incluimos las ideas y la producción de otros (incluso de científicos del pasado y actuales), permitiremos a los alumnos aprender el lenguaje, las normas y los estándares de la ciencia así como los hábitos mentales necesarios para entender y hacer ciencia.

Las unidades curriculares del proyecto SEPIA, unidas a prácticas de enseñanza, están haciendo un esfuerzo por devolver los «conceptos directores» al lugar central que ocupaban en la ciencia. Al trabajar a partir de y con las ideas y producciones de los estudiantes, hacemos que participen en discusiones sobre lo que determina que una explicación sea correcta y mejor que otra, que un diseño experimental sea acertado, que un modelo sea preciso o un argumento más consistente. Los estudiantes despliegan sus ideas y sus producciones y participan en una variedad de actuaciones que refuerza el lugar que ocupan los conceptos directores en la ciencia.

Teorías de aprendizaje basadas en los estadios de desarrollo piagetianos

El segundo avance en importancia ocurrido en la enseñanza de las ciencias, que ha contribuido significativamente a determinar las actividades que los profesores llevan a cabo en clase es la aplicación de la teoría de Piaget sobre el aprendizaje, basada en los estadios de desarrollo (Piaget 1970). Durante las décadas de 1950 y 1960 representó un gran paso adelante en relación a los modelos de aprendizaje conductistas. Demostró que los niños progresan mediante estadios de desarrollo cognitivo y que después de los diez años podrían ser clasificados como pensadores formales o concretos. La asignación al estadio formal o concreto del razonamiento, o cualquiera de los distintos estadios intermedios, viene determinado por la actuación del niño en tareas de dominio general que establecieron los niveles de razonamiento lógico-matemáticos de los estudiantes.

No obstante, la naturaleza de las tareas asignadas a los niños carecía de contenido o contexto, lo cual resultó problemático (Gardner 1991). Así, por ejemplo, vemos que, en las pruebas tipo Piaget (Evaluación del Pensamiento Lógico de Georgia elaborado por Capie y Tobin o el Test de Pensamiento Lógico elaborado por Lawson),

los niños observan dos dibujos, el Sr. Bajo y el Sr. Alto (*Mr. Short y Mr. Tall*), para determinar el nivel de razonamiento proporcional de un alumno, mezclan soluciones para determinar el nivel de estrategias lógicas combinatorias para controlar variables; y los adultos participan en una tarea de cuatro cartas para valorar si son capaces o no de emplear una estrategia de razonamiento de falsificación.

Examinar al Sr. Bajo y al Sr. Alto es una tarea de razonamiento proporcional en la que se muestran a los niños los dibujos de dos hombres, uno más bajo que el otro. Se les da una cadena de clips pequeños y se les pide que midan al Sr. Bajo. Luego, se repite la operación con una cadena de clips grandes. En ese momento, el niño ya cuenta con la proporción entre clips pequeños y grandes para el Sr. Bajo. Entonces preguntamos al niño cuántos clips pequeños mide el Sr. Alto y le pedimos que determine el número exacto de clips grandes.

La mezcla de soluciones es una tarea que hace que los estudiantes combinen líquidos claros para producir una combinación que acabe convirtiéndose en una solución de color. Para conseguirlo, el niño debe ser sistemático, porque la solución requiere la combinación de tres líquidos juntos.

La tarea de las cuatro cartas exige encontrar la solución a un problema condicional. Al individuo se le muestran cuatro cartas: una descubierta con un número par, otra boca abajo con un reverso negro, otra descubierta con un número impar y la última boca abajo con un reverso rojo. Los alumnos deben determinar qué carta se necesitaría girar para verificar la siguiente afirmación (regla): «Si la carta es roja, entonces es par.»

Este enfoque de las tareas, utilizado para descubrir lo que un individuo sabe y es capaz de hacer, presenta el problema que se da en una situación desprovista de realidad y contenido. Los sujetos no son capaces de recurrir a conceptos directores para ayudarse. Cuando cambiamos la investigación a un campo que resulta familiar al individuo o en el que puede proyectarse a sí mismo de forma real, mejora sensiblemente su actuación. Wason y Johnson-Laird (1972) informaron del clásico estudio que demuestra lo dicho: a los individuos se les mandó realizar la tarea con los cuatro naipes pero esta vez en la forma lógicamente equivalente de cartas abiertas/cerradas con sellos de 4 y 5 peniques y se les pidió que averiguaran si la siguiente regla había sido violada o no: «si un sobre está cerrado, entonces es que tiene un sello de 5 peniques». Al aplicar la condición de la carta, realista y concreta, se obtuvo el siguiente resultado: de 24 sujetos, 21 acertaron; mientras que en la condición simbólica y abstracta sólo 2 dieron respuestas correctas. Todo ello les llevó a extraer esta conclusión:

«Los resultados muestran que, si la tarea es usada de tal modo que podría ser utilizada en un contexto realista, entonces el rendimiento mejora ostensiblemente. La regla condicional, que demostró ser tan difícil de fijar cuando sus términos y conexiones eran arbitrarios, al incorporarla a una tarea real, se convierte en algo muy

fácil de resolver. Estos dos experimentos juntos nos fuerzan a una reconsideración radical del papel del contenido en el razonamiento (Wason y Johnson-Laird 1972, p. 193)

Lawson (1987) se propuso evaluar la influencia de la lógica hipotético-deductiva en el razonamiento tomando la situación de la tarea efectuada con los cuatro naipes para así verificar la anterior conclusión. Su método incluía: una preevaluación de la tarea con los cuatro naipes, en el que se empleaban vocales y números (si la carta tenía una vocal en un lado, entonces tenía un número par en el otro lado); *feedback* a los estudiantes siguiendo la preevaluación de los errores cometidos; realizar inmediatamente una postevaluación empleando un contexto similar (si una carta tenía un triángulo en un lado, también tenía unos puntos verdes en el otro lado); y finalmente una postevaluación retardada (si la carta tenía un dibujo de un pez en un lado, entonces tenía un número impar en el otro lado). Lawson rechaza la conclusión anterior elaborada por Wason y Johnson-Laird basándose en que el contexto familiar permite a los individuos (es decir, empleados de correos) memorizar las reglas. Pero su conclusión es incorrecta por dos razones. Una de ellas se basa en el diseño de este estudio. Al no hacer que los sujetos participen en una tarea significativa que emplee un contexto realista, se elimina la posibilidad de comparar sus resultados con el estudio de Wason y Johnson-Laird. Argumentar, tal como él hace, que «la dificultad que experimentan los sujetos en los problemas de cuatro cartas no es debida a la falta de familiaridad con el contenido», sugiriendo que el uso de vocales, números, peces, perros, etc. resulta familiar a los estudiantes, es una enorme fallo de interpretación de la noción de contexto realista. Si incluimos como términos: vocales, números, peces o perros en problemas lógicos no es lo mismo que si seleccionamos variables que emplean los estudiantes en contextos sociales o de trabajo y después pedirles que tomen una decisión. De este modo, al concluir que esto es resultado de memorizar una serie de reglas en el contexto familiar y no de razonar en ese mismo contexto, Lawson se equivoca porque precisamente no ha comprobado esas condiciones. Un contexto realista al que se pueda transferir la tarea de las cuatro cartas no formaba parte del diseño tal como lo concebían Wason y Johnson-Laird.

Resultados recientes de la investigación que analiza el razonamiento contextualizado, como el que mencionan Newman, Griffin, y Cole (1989), Resnick (1987) y Rogoff y Lave (1984), establecen claramente la importancia del contexto social en el proceso de aprendizaje.

El problema es que en la práctica de clase a menudo se echa en falta un contexto realista para el aprendizaje. Al tomar decisiones sobre las normas que han de regir el diseño de currículo y práctica instruccional, la aplicación de la teoría de los estadios de desarrollo de Piaget ha creado una visión del aprendizaje de la ciencia consistente en declarar que «los niños no pueden hacer eso». Este punto de vista rechaza los contextos realistas para el aprendizaje por considerarlos demasiado abstractos

para los alumnos jóvenes. El resultado es que con demasiada frecuencia se pide a los niños que empleen la versión simbólica de la ciencia sin ningún sentido del contexto realista (Schauble, Glaser, Duschl, Schultz y John, en prensa). Dado que nuestras asignaturas han dividido los procesos cognitivos de la ciencia y los procesos manipulativos de la ciencia en lecciones discretas, nosotros hemos sacado sin querer las lecciones fuera de la realidad de los niños. Desgraciadamente, hay profesores que racionalizan las dificultades de aprendizaje y los fracasos de los estudiantes basándose exclusivamente en la falta de madurez cognitiva. Consideremos la siguiente conversación mantenida con uno de nuestros profesores del proyecto SEPIA que se sentía frustrado por la incapacidad de los estudiantes para diseñar un experimento:

G. *—De acuerdo, eso es lo que estoy diciendo ¿sabes? Les ha costado muchísimo proponer una hipótesis sobre esto. Tenían un problema. Podría sentarme y contártelo pero cuando tú...*

L. *—¡Hay que verlo para creerlo!*

G. *—Cuando ves lo que está pasando y estoy allí sentado mirando a aquellos niños, me frustra que estén frustrados, ¿sabes? Está mal, realmente mal. Y pensé que no quería que mis chicos tuvieran que pasar por esto. ¿Sabes? Mira, ahí estoy yo como si fuese posesivo con mis niños.*

L. *—Hombre, es que son tus niños.*

G. *—Pero... ¿sabes?, fue muy, no sé, muy frustrante pasar por aquello. Me doy cuenta, no sé... me doy cuenta de lo que estamos haciendo... la idea... Toda la idea está bien pero tengo que darme cuenta.*

L. *—Es realmente duro.*

G. *—Y pienso incluso yo mismo... yo... esto es algo duro de aceptar para mí. Pero yo... yo pienso que realmente tenemos que considerar la posibilidad de que quizás no puedan. A esta edad, quizás no puedan. Quiero decir que, si Piaget está en lo cierto, tal vez no puedan.*

Esta actitud de que « los niños no pueden hacer» es una interpretación involuntaria pero muy real de la teoría del aprendizaje mediante los estadios de desarrollo de Piaget, que muchos profesores de ciencias adoptan. Siguiendo este esquema mental del «no pueden hacer», los profesores de ciencias y los redactores de currículos de ciencias han desprovisto a las secuencias educativas de todas las trampas de practicar ciencia real y de cualquier necesidad de hacer un examen de los principios directores de la ciencia. Los contextos innovadores para la enseñanza son rechazados por razones como: «no se puede enseñar eso porque los niños no pueden hacerlo»; «no puedes hacer esa actividad porque los conceptos implicados son demasiado abstractos».

Resulta verdaderamente irónico que, en nombre de la investigación y la enseñanza de la ciencia a niveles

apropiados de progreso —ambas ideas son muy buenas—, las actividades de tipo exploratorio y manipulativo en las clases de ciencias representen la totalidad de las prácticas de ciencias. Es un paso necesario. El problema es que, aunque esta práctica implique la generación de pruebas, los vínculos con conceptos directores, los auténticos contextos de investigación y los procesos de la ciencia están separados o ausentes. El problema se agrava porque muchos profesores de ciencias creen que estos tipos de exploraciones reflejan verdaderamente lo que significa hacer ciencia.

En nuestra investigación, efectuada con profesores de ciencias de enseñanza media, cuando visitamos las clases, la mayoría de las veces parece que los alumnos de ciencias participan en investigaciones o experimentos científicos siguiendo todos los pasos necesarios para recabar pruebas, hacer observaciones, etc. sin que aparentemente el alumno tenga un propósito claramente definido para llevar a cabo la investigación. Lo que no existe es la exploración y la experimentación auténticas en las que el objetivo y la motivación para participar en mediciones, observaciones, dibujos de gráficas, modelaciones y diseños de experimentos sean comprendidos por los alumnos y tengan lugar dentro de un contexto de trabajo sistemático para explorar un fenómeno o cuestión relevante para ellos.

«En lugar de realizar un trabajo sistemático y amplio para explorar un fenómeno o cuestión que les resulte relevante, los estudiantes inmersos en programas “prácticos” participan con demasiada frecuencia en una serie de “actividades” de 40 minutos, de un sólo período e inconexas, que hacen hincapié en el uso de materiales y equipos científicos pero que, desde el punto de vista del estudiante, son a menudo poco o nada motivadores. Aunque es posible que haya un diseño o plan global detrás de la secuencia, éste está típicamente motivado por la estructura de la disciplina científica. Puesto que los estudiantes no comparten esta comprensión de la estructura global de la disciplina, la lógica que hay detrás de la secuencia puede ser aparente para los profesores, pero puede constituir un misterio para los alumnos (Schauble et al., en prensa).»

Lo que falta en esas lecciones de ciencia «prácticas» y abreviadas son conceptos directores y contextos reales que conformen y den significado a la investigación. Siendo más exactos, las conversaciones que mantienen profesores y alumnos acerca de la práctica de la investigación carecen de información importante desde un punto de vista crítico, información que de hecho se encuentra en los 3 campos de evaluación de la tabla I.

CAMBIO DE ENTORNOS DE APRENDIZAJE DE LA CIENCIA A TRAVÉS DE CONVERSACIONES EVALUATIVAS

Cuando pedimos a los profesores que adopten prácticas que cambien su toma de decisiones, desde rutinas que

dirigen los comportamientos del estudiante por otras que dirijan la formación de significados, ideas, información y estrategias de razonamiento los estudiantes, les estamos pidiendo que adopten modelos de toma de decisiones en la dirección de la clase muy nuevos y a menudo desconocidos. En general, el cambio que va de dirigir comportamientos a dirigir información e ideas requerirá ajustes en el rol de profesores y alumnos, en el currículo y en la dinámica de clase y en el entorno de la escuela (Schwab 1969). Los cambios son necesarios para hacer posible que surja la información sobre cómo emerge el aprendizaje de los estudiantes. Las actividades instruccionales deben ser diseñadas para permitir: 1) producción de ideas y explicaciones por parte de los estudiantes; 2) conversaciones sobre estas ideas y comprensión, y 3) evaluación y *feedback* de las mismas.

Uno de los objetivos del proceso de reestructuración de la clase que intenta encontrar un equilibrio entre la exploración y la argumentación (Kuhn 1992) y posibilitar el rendimiento del alumno (Glaser 1976) es el suministro a profesores y estudiantes de información que cada uno de ellos pueda emplear. Concretamente, en el proyecto SEPIA queremos utilizar esta información para:

- 1) facilitar el proceso de aprender significativamente la relación entre conceptos,
- 2) permitir el desarrollo de habilidades de razonamiento,
- 3) apoyar las prácticas que se necesitan para comunicar y evaluar esta información.

Estos tres puntos representan respectivamente los tres campos de evaluación que se encuentran en la tabla I.

La clave para la enseñanza orientada hacia la evaluación es lo que se considera *información útil*. La información útil *no* se obtiene con tareas de enseñanza que tengan a todos los estudiantes trabajando para lograr exactamente los mismos resultados. La información útil *no* se obtiene de actividades (tareas escritas o preguntas formuladas por el profesor) en las que se pide a los estudiantes que trabajen con elecciones limitadas y que en la mayoría de las veces son reducidas a respuestas del tipo de opción 50-50, como una medida de comprensión y entendimiento. Y, lo que es más importante, la información útil *no* se obtiene de actividades en las que los alumnos no comprendan los objetivos de lo que se les pide que hagan.

Sin embargo, la información útil *sí* que se obtiene cuando las tareas de enseñanza se basan en las soluciones a problemas auténticos y con sentido. Prevalece cuando se consigue que los estudiantes participen en la estructuración del problema y en la producción de afirmaciones que describan su percepción o su significado. Prevalece cuando se da a los estudiantes la posibilidad de analizar y discutir las producciones, afirmaciones e ideas de cada uno de ellos sobre los procesos de investigación. Prevalece cuando a los estudiantes se les da la oportunidad de rehacer o volver a trabajar una producción. Igualmente, la información útil también se crea cuando el espíritu de

la clase anima a los estudiantes a ser aprendices activos y no pasivos, y a los profesores a ser facilitadores y modelos a imitar antes que suministradores de información. En resumen, el flujo de información predomina cuando la actividad en el aula se modela a partir de las prácticas científicas empleadas en la comunicación, la argumentación y la explicación de afirmaciones de conocimiento científico, de procedimientos metodológicos y objetivos de investigación.

La investigación que llevamos a cabo en el proyecto SEPIA muestra, no obstante, que la adopción de prácticas instruccionales enraizadas en y guiadas por estrategias que favorecen y valoran el flujo de información es compleja, difícil y lleva mucho tiempo (Duschl y Gitomer, en revisión; Schauble et al., en prensa). Tal como se ha apuntado, requiere que los profesores, a la hora de tomar sus decisiones, incluyan consideraciones de conceptos, de procesos de la ciencia y de las dinámicas sociales del aula. La exposición del conocimiento del estudiante, la evaluación de este conocimiento y la modificación del mismo requiere que en clase se ponga en práctica un tipo de conversación especial. Esta conversación —que denominamos conversación evaluativa basada en criterios— es una secuencia instruccional de cinco pasos cuyo objetivo es que estudiantes y profesores participen en un diálogo que lleva a los participantes a través de una especie de secuencia de desacuerdo-acuerdo-desacuerdo (Fig. 1). Es decir, es una conversación en la que las explicaciones y los modelos iniciales son examinados y comparados con las pruebas y experiencias disponibles y con el conocimiento previo que es establecido como predominante. Requiere que el profesor: 1) domine las relaciones entre los conceptos en la unidad; 2) esté de acuerdo con que «practicar» la ciencia implica relacionar datos con explicaciones y comunicar

Figura 1
Cinco pasos en una conversación (evaluativa).

1. HACER QUE LOS SUJETOS O LOS GRUPOS PARTICIPEN EN TAREAS QUE PRODUZCAN UNA DIVERSIDAD O GAMA DE RESULTADOS.
2. LLEVAR A CABO PRESENTACIONES EN PÚBLICO PARA DAR UNA IDEA PRECISA DE LA DIVERSIDAD DE ESFUERZO Y SIGNIFICADOS.
3. ANALIZAR Y DISCUTIR LAS CARACTERÍSTICAS DE TAL DIVERSIDAD CONCENTRÁNDOSE EN EL OBJETIVO.
4. SÍNTESIS COMO GRUPO; EMPLEAR CONVERSACIONES PARA, EN LO POSIBLE, OBTENER UNA OPINIÓN CONSENSUADA O COMO MÍNIMO UNA REDUCCIÓN DE LA DIVERSIDAD ORIGINAL HACIENDO USO DE LOS CRITERIOS DEL OBJETIVO DE LA TAREA.
5. APLICAR LO QUE SE HA APRENDIDO A UN MARCO DIFERENTE. VOLVER A ANALIZAR UNA TAREA YA REALIZADA O EMPLEARLA CON OTRAS NUEVAS.

estos resultados; y 3) se comprometa a utilizar las ideas de los estudiantes como la fuente de información útil.

Así pues, un elemento clave, son las conversaciones evaluativas que surgen a partir del análisis y la discusión de la *información útil* producida por los estudiantes («cultura del portafolios» o «portfolio culture»). El propósito de la conversación evaluativa es facilitar canales de *feedback* que sirvan para evaluar la información generada por el alumnado. Analicemos el siguiente ejemplo extraído de nuestra unidad «Barcos». Uno de los primeros trabajos de esta unidad consiste en que los estudiantes construyan un primer barco utilizando una hoja de aluminio de tamaño estándar. Inevitablemente, vemos que los estudiantes producen una amplia diversidad de diseños y de tamaños (conversación evaluativa, paso 1). Algunos estudiantes doblan la hoja por la mitad. Otros optan por hacer un barco con un casco grande. Otros lo hacen con costados muy altos y algunos cogen objetos de clase como botellas de refrescos vacías para emplearlas como moldes y así conseguir una forma redondeada. Luego, los estudiantes ponen a prueba los barcos en cubos de plástico llenos de agua para determinar cuántas arandelas hacen falta para hundir su diseño.

Con la información sobre el diseño y la producción a mano, cada barco es presentado públicamente sobre una línea numerada/gráfico que muestra concretamente la relación entre las características de diseño y el comportamiento de los barcos (conversación evaluativa, paso 2). En este caso, los profesores obtienen buenos resultados a la hora de hacer que los estudiantes: a) analicen la diversidad; b) identifiquen las características de diseño que parecen ser importantes (tamaño del casco, altura de los costados y forma). Naturalmente, los estudiantes reconocen, comparando los extremos en la gráfica, que los mejores barcos son los más grandes. Pero lo que también nos interesa es desarrollar en clase de ciencias una especie de dinámica social para que los estudiantes «admitan explicaciones alternativas» (conversación evaluativa, paso 3). De este modo, resulta importante que los estudiantes no sólo examinen las diferencias en el diseño de los barcos basadas en los distintos resultados sino también —y más importante— que analicen las diferencias en el diseño de los barcos basadas en el mismo resultado. Es en la última situación cuando los alumnos elaborarán por sí mismos la idea de que la variable de la altura de los costados o la variable de la forma del barco es importante (conversación evaluativa, paso 4), y la utilizan en un segundo intento de construir otro barco (conversación evaluativa, paso 5).

No debería sorprendernos que los estudiantes no sean capaces de participar de forma natural en este tipo de conversaciones. Lo que sí es sorprendente es el grado de dificultad con el que estamos enfrentándonos al intentar que los profesores del proyecto adopten y empleen esas estrategias de evaluación (cultura del portafolio). Pensamos que tal dificultad procede del hecho de que se debe establecer un nuevo entorno de aprendizaje en clase y los profesores todavía tienen que participar en los cambios fundamentales de opinión necesarios para que este nuevo entorno sea una realidad. En la actualidad, los

profesores no tienen una visión de lo que implica la evaluación del conocimiento. Otra dificultad viene determinada por la concepción que los profesores tienen de la ciencia y su enseñanza, que les hace considerarlas básicamente como procesos de exploración, y de las dinámicas sociales de la clase dirigidas a controlar las conductas de los alumnos. Nuestros profesores no están acostumbrados a usar información de los alumnos para dirigir y revisar la toma de decisiones instruccionales. La mayor parte del *feedback* está relacionado con un buen o mal comportamiento. No encontramos casos de *feedback* dirigidos, por ejemplo, a la argumentación, ni tampoco están presentes las dinámicas sociales de la clase que hacen hincapié en la dirección y evaluación de la información y las ideas. Teniendo esto en cuenta, podemos decir que, aunque existe un compromiso para practicar la ciencia, la «práctica» es sólo parcial. Este problema podría ser denominado de «ciencia parcial». En el proyecto SEPIA, nuestro propósito principal es cambiar esencialmente lo que se entiende por hacer ciencia.

La unidad «Barcos» ofrece a los estudiantes la oportunidad de hacer ciencia en el sentido completo de lo que significa hacer ciencia. Y este sentido completo quiere decir: 1) construir explicaciones y modelos basados en experimentos y experiencias; la dinámica epistemológica del campo; 2) razonar sobre la relación de las pruebas con la explicación (la dinámica cognitiva); y 3) comunicar y discutir las afirmaciones de conocimiento y las pruebas con los miembros de la clase (la dinámica social). En la unidad «Barcos», los estudiantes construyen individualmente un barco; ponen a prueba su capacidad de carga; comparan y contrastan la diversidad de diseños producidos por todos los alumnos; identifican por medio de conversaciones las características de diseño asociadas a los productos finales; exploran mediante demostraciones y conversaciones lo que ocurre si se modifica la profundidad del agua; diseñan y dirigen experimentos que someten a prueba las características específicas de diseño; informan mediante conversaciones acerca de los resultados de los experimentos y cuentan con la oportunidad de construir un segundo y un tercer barco. Y, a lo largo de toda la unidad, se les anima a pensar y comunicar sus pensamientos sobre por qué flotan las cosas y por qué un diseño es capaz de aguantar más peso que otro.

CONCLUSIÓN

Las preguntas y las recomendaciones sobre reforma y reestructuración escolar deben llegar a la clase y deben conseguir que los profesores supervisen la construcción del conocimiento de sus estudiantes. Todas las innovaciones educativas deben responder a la pregunta: ¿Cuál es su significado por lo que a la clase se refiere? Y, en el caso de los entornos de aprendizaje basados en cambios conceptuales, la pregunta ha de ser: ¿Cómo adquieren los profesores la información necesaria para supervisar, evaluar y facilitar *feedback* sobre la formación de significados, de procesos de razonamiento y de comunicación del conocimiento de los estudiantes?

Tradicionalmente, la valoración y la evaluación del aprendizaje del estudiante ha enfatizado la medición de las adquisiciones de conocimiento declarativo de los estudiantes: hechos, términos y conceptos. La investigación realizada muestra, sin embargo, que el desarrollo de estructuras de conocimiento estratégico o procedimental es lo que parece distinguir a los conocedores expertos de los inexpertos (Glaser y Bassock 1989). Así, uno de los resultados deseados de las tareas de evaluación alternativas es obtener información sobre cómo los estudiantes utilizan, bien o mal, el conocimiento estratégico. Esta información puede ser utilizada para facilitar *feedback* del razonamiento y del desarrollo de estructuras de conocimiento procedimental.

La investigación llevada a cabo sobre el aprendizaje también ha dejado bastante claro que la adquisición de conocimiento —declarativo y procedimental— es una actividad social (Lee y Anderson 1993, Pea 1993, Pintrich, Marx y Boyle 1993). Mucho de lo que un individuo llega a conocer se da en entornos de aprendizaje sociales. Concretamente, los criterios y las normas aplicables al rendimiento se aprenden en situaciones sociales. La investigación demuestra que cuando aumentan las oportunidades de conversación y argumentación, también se incrementa la habilidad de los alumnos para comprender los temas sometidos a investigación y los procedimientos de razonamiento. En resumen, la exposición pública y el dar a conocer la información y las estrategias, así como la posibilidad de obrar sobre esta información y estrategias, es lo que contribuye al crecimiento del conocimiento.

Como ejemplo de la manera en que las situaciones sociales afectan al aprendizaje, fijémonos de nuevo en el ejemplo de los barcos. A partir de esta exposición pública de información, los estudiantes tienen la posibilidad de ver rápidamente algunas de las maneras para rediseñar su barco con objeto de mejorar la capacidad de carga. La conversación sobre qué características de diseño de barcos parecen afectar su rendimiento se hace también pública y social. Si hacemos la pregunta «¿Cómo sabemos cuál de estas características de diseño es la más importante para determinar la capacidad de carga?», crearemos el contexto propicio para la conversación y la argumentación sobre explicaciones y diseños distintos de cómo y por qué los barcos flotan, emergen y se hunden.

Si modificamos el objetivo de enseñanza y, en lugar de actividades y tareas que exigen a los alumnos que simplemente muestren lo que saben (conocimiento declarativo) mediante informes individuales o exámenes, les pedimos que realicen actividades y tareas que les exijan usar, aplicar e informar públicamente sobre el porqué lo saben (conocimiento procedimental), estaremos creando la situación idónea para que los estudiantes formen sus significados, razonen y se comuniquen. En el proyecto SEPIA estamos trabajando para crear un entorno de aprendizaje en clase que facilite a profesores y alumnos información acerca del razonamiento y la formación

de significado de los estudiantes. El núcleo de las características de nuestro enfoque didáctico son los siguientes:

- Participación en una tarea auténtica.
- Empleo de conversaciones evaluativas basadas en criterios.
- Comunicación y muestra en público de ideas, explicaciones e información.
- Participación de los alumnos en tareas de evaluación formativa que giren en torno al trabajo que producen.

A partir del trabajo que estamos realizando con la reforma de la enseñanza de la ciencia en educación secundaria, estamos examinando formas de crear un entorno de aprendizaje en clase que pueda facilitar esta información para evaluar. Los resultados obtenidos son bastante esperanzadores. Las pruebas generadas por nuestras investigaciones y nuestro trabajo con profesores sugieren que la información evaluativa de cada uno de los tres campos dinámicos puede ponerse a disposición de los profesores y puede ser empleada para facilitar el aprendizaje. Los tres campos de valoración son los siguientes:

- 1) *conocimiento científico* (campo epistemológico),
- 2) *habilidades de pensamiento* (campo cognitivo),
- 3) *habilidades de comunicación* (campo social).

El proceso de obtención, reconocimiento, análisis y despliegue de información para encontrar las respuestas a las preguntas de la tabla I es lo que da forma a la enseñanza que favorece un entorno de aprendizaje guiado por información y decisiones evaluativas. Es preciso llevar a cabo un cambio en la perspectiva sobre la dirección de la clase. Hay otros dos factores que resultan decisivos para establecer tal entorno de aprendizaje: los conceptos directores y el aprendizaje contextualizado. Las consideraciones sobre los conceptos directores de los alumnos y del campo científico-epistemológico bajo investigación deben ser parte del diseño didáctico. La recomendación de Gil y Carrasocasa-Alis (1994) para organizar la educación científica y las estrategias de enseñanza en torno a actividades de investigación es sensata y consistente con el enfoque aquí propuesto. El enfoque de «actividad de investigación» similar al del proyecto SEPIA ofrece un contexto perfecto para conseguir la participación del alumno. Cuando se deja tiempo a los estudiantes para que hagan ciencia en el sentido completo de lo que significa hacer, surgen muchas oportunidades para la evaluación. Si las agrupamos, las evaluaciones en estos tres campos, ejecutadas como actividades de construcción conjunta, empiezan a desarrollar un entorno de aprendizaje de evaluación (cultura del portafolio) y a facilitar la enseñanza científica que muestra más paralelismos con las actuales prácticas de la ciencia.

NOTA

Ponencia presentada en el IV Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias y de las Matemáticas, celebrado en Barcelona los días 13 al 16 de septiembre de 1993. Ha sido traducida del inglés y revisada por Miguel Calvet y Rodolfo Gutiérrez.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BROWN, J.S., COLLINS, A.L. y DUGUID, P., 1989. Situated cognition and the culture of learning, *Education Researcher*, 18 (1), pp. 32-41.
- CAREY, S., 1985a. *Conceptual change in childhood*. (Bradford Books MIT Press: Cambridge, MA).
- CAREY, S., 1985b. Are children fundamentally different kinds of thinkers and learners than adults?, en S. Chipman et al., (eds.), *Thinking and learning skills*, Vol. 2. (Lawrence Erlbaum Associates, Publishers: Hillsdale, N.J.).
- CAREY, S., 1986. Cognitive science and science education, *American Psychologist*, 41, pp. 1123-1130.
- CAREY, S., EVANS, R., HONDA, M., JAY, E., y UNGER, C. An experiment is when you try it and see if it works: a study of grade 7 students' understanding of the construction of scientific knowledge, *International Journal of Science Education*, 11(5), pp. 514-529.
- COGNITION AND TECHNOLOGY GROUP AT VANDERBILT UNIVERSITY, 1992. Anchored instruction in science and mathematics: Theoretical basis, developmental projects, and initial research findings, en Duschl, R. y Hamilton, R. (eds.), *Philosophy of science, cognitive psychology and educational theory and practice*, pp. 244 - 274. (SUNY Press: Albany, Nueva York).
- CONNELLEY, F.M. y FINEGOLD, M., 1977. *Pattern of Enquiry Project*. (OISE Press: Toronto).
- DUSCHL, R., 1988. Abandoning the scientific legacy of science education, *Science Education*, 72, pp. 51-62.
- DUSCHL, R., 1990. *Restructuring science education: The role of theories and their importance*. (Teachers College Press, Columbia University: Nueva York).
- DUSCHL, R. y GITOMER, G., 1991. Epistemological perspectives on conceptual change: Implications for educational practice, *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), pp. 839-858.
- GARDNER, H., 1990. *The Unschooled Mind: How Children Think y How Schools Should Teach*. (Basic Books: Nueva York).
- GEE, J., 1994. Science talk: How do you start to do what you don't know how to do? Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association. Nueva Orleans, abril de 1994.
- GIERE, R., 1988. *Explaining science: A cognitive approach*. (The University of Chicago Press: Chicago).
- GIL, D. y CARRASOCOSA-ALIS, J., 1994. Bringing pupils' learning closer to a scientific construction of knowledge: A permanent feature in innovation in science teaching, *Science Education*, 78, p. 3.
- GIL, D. y CARRASOCOSA-ALIS, J., 1990. What to do about science «misconceptions», *Science Education*, 74, pp. 531-540.
- GLASER, R., 1984. Education and thinking: The role of knowledge, *American Psychologist*, 39, pp. 93-104.
- GLASER, R. y BASSOCK, M., 1989. Learning theory and the study of instruction, *Annual Review of Psychology*, 40, pp. 631-66.
- KILBORN, B., 1982. Curriculum materials: Teaching, and potential outcomes for students: A qualitative analysis, *Journal of Research in Science Teaching*, 19, pp. 675-688.
- KUHN, D., 1993. Science as argument: Implications for teaching and learning scientific thinking, *Science Education*, 77, pp. 319-337.
- KUHN, D., AMSHEL, E., y O'LOUGHLIN, M., 1988. *The development of scientific thinking skills*. (Academic Press: Orlando, FL.).
- KUHN, T., 1962/1970. *The structure of scientific revolutions*, 2a. ed. (The University of Chicago Press: Chicago).
- KYLE, W., 1980. The distinction between inquiry and scientific inquiry and why high school students should be cognizant of the distinction, *Journal of Research in Science Teaching*, 17, pp. 123-130.
- LAWSON, A., 1987. The four-card problem resolved? Formal operational reasoning and reasoning to a contradiction, *Journal of Research in Science Teaching*, 24, pp. 611-627.
- LAWSON, A., 1978. The development and validation of a classroom test of formal reasoning, *Journal of Research in Science Teaching*, 15, pp. 11-24.
- LEDERMAN, N., 1992. Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research, *Journal of Research in Science Teaching*, 29, pp. 331-360.
- LEE, O. y ANDERSON, C.W., 1993. Task engagement and conceptual change in middle school science classrooms,

- American Educational Research Journal*, 30(3), pp. 585-610.
- LEMKE, J., 1990. *Talking science: Language, learning and values*. (Ablex Publishing Co.: Norwood, N.J.).
- NEWMAN, D., GRIFFIN, P., y COLE, M., 1989. *The construction zone: Working for cognitive change in school*. (Cambridge University Press: Nueva York).
- OHLSSON, S., 1992. The cognitive skill of theory articulation: A neglected aspect of science education, *Science Education*, 1, pp. 181-192.
- OSBORNE, R. y FREYBERG, P., (eds.), 1985. *Learning in science: The implications of children's science*. (Heinemann Press: Londres).
- OSBORNE, R. y WITTRICK, M., 1983. Learning science: A generative process, *Science Education*, 67, pp. 489-508.
- PIAGET, J., 1970. *Six psychological studies*. (Vintage Books: Nueva York).
- PINTRICH, P.R., MARX, R.W. y BOYLE, R.S., 1993. Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change, *Review of Educational Research*, 63(2), pp. 167-199.
- PEA, R.D., 1993. Learning scientific concepts through material and social activities: Conversational analysis meets conceptual change, *Educational Psychologist*, 28(3), pp. 265-277.
- RESNICK, L., 1983. Mathematics and science learning: A new conception, *Science*, 220, pp. 477-478.
- ROGOFF, B. y LAVE, J. (eds.), 1984. *Everyday cognition: Its development in social context*. (Harvard University Press: Cambridge, MA.).
- ROTH, K., 1989. Science education: It's not enough to «Do» or «Relate», *American Educator*, Winter, 16-22 y 46-48.
- ROTH, K. J., ANDERSON, C.W., y SMITH, E. L., 1987. Curriculum materials, teacher talk and student learning: case studies in fifth grade science teaching, *Journal of Curriculum Studies*, 19, pp. 527-548.
- RUSSELL, T., 1981. What history of science, how much and why? *Science Education*, 65, pp. 51-64.
- SCHAUBLE, L., GLASER, R., DUSCHL, R., SCHULZ, S. y JOHN, J. (en prensa). Students' understanding of the objectives and procedures of experimentation in the science classroom, *The Journal of the Learning Sciences*.
- SCHWAB, J., 1962a. The concept of the structure of a discipline, *Educational Record*, 43, pp. 197-205.
- SCHWAB, J., 1962b. The teaching of science as inquiry, en Schwab, J. y Brandwein, P. (eds.), *The Teaching of Science*, pp. 1-104. (Harvard University Press: Cambridge, MA.).
- SCHWAB, J., 1964. The structure of the natural sciences, en Ford, G. W. y Pugno, L. (eds.), *The structure of knowledge and the curriculum*, pp. 31-49. (Rand-McNally: Chicago).
- SCHWAB, J., 1958. The teaching of science as inquiry. *Bulletin of the Atomic Scientist*, 14, pp. 374-379.
- SHULMAN, L., 1986. Those who understand: Knowledge growth in teaching, *Educational Researcher*, 15, pp. 4-14.
- SMITH, M. y DUSCHL, R. (en revisión). A case and method for integrating theory and evaluation in science education, *Science Education*.
- STEWART, S. y HAFNER, R., 1991. Extending the conception of «Problem» in problem-solving research, *Science Education*, 75(1), pp. 105-120.
- STRIKE, K. y POSNER, G. (en prensa). A revisionist theory of conceptual change, en Duschl, R. y Hamilton, R. (eds.), *Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice*. (SUNY Press: Albany).
- TROGNON, A., 1993. How does the process of interaction work when two interlocutors try to resolve a logical problem?, *Cognition and Instruction*, 11, pp. 325-345.
- VOSNIADOU, S. y BREWER, W.F. 1987. Theories of knowledge restructuring in development, *Review of Educational Research*, 57, pp. 51-67.
- WASON, P.C. y JOHNSON-LAIRD, P.N., 1972. *Psychology of Reasoning: Structure and Content*. (Harvard University Press: Cambridge, MA.)
- WELCH, W., KLOPFER, L., AIKENHEAD, G., y ROBINSON, J., 1981. The role of inquiry in science education: Analysis and recommendations, *Science Education*, 65, pp. 33-50.
- WHITE, R., 1988. *Learning in Science*. (Blackwell Press: Oxford).
- WHITE, R. y GUNSTONE, R., 1992. *Probing Understanding*. (Falmer Press: Londres).