

TRES PARADIGMAS BASICOS EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

DANIEL GIL PEREZ

SUMMARY

In this paper we put forward a form of science teaching as investigation, which tries to integrate coherently the most relevant contributions of the educational research. It also criticises two other paradigms which guide the usual science teaching practice.

INTRODUCCION

Los intentos de renovación de la enseñanza de las ciencias que se han producido en las últimas décadas giran —como muestra la abundantísima literatura acumulada— en torno al binomio adquisición significativa de conocimientos/familiarización con la metodología científica. La importancia relativa que se da a cada uno de estos objetos y, sobre todo, la forma en que se propone su consecución, es lo que viene a diferenciar las distintas orientaciones.

En este trabajo trataremos de mostrar la existencia de tres grandes concepciones, de tres paradigmas, que están orientando explícita o implícitamente gran parte de la investigación, la práctica educativa y los proyectos de renovación que desde los años 60 han proliferado en respuesta a una enseñanza de las ciencias casi exclusivamente centrada en los contenidos (Bybee 1977). Unos proyectos guiados inicialmente por una idea clave y que, de forma intuitiva, el profesorado ha considerado justa: aproximar contenidos y métodos, realzando el papel educativo de estos últimos. De acuerdo con ello, las revistas se vieron inundadas por artículos sobre la «aplicación del Método Científico» o sobre la «Enseñanza por Descubrimiento». Pero se trata de propuestas en las que se da una gran confusión, incurriéndose en visiones simplistas, muy alejadas de la forma en que realmente se producen los conocimientos científicos (Rachelson 1977) y carentes de suficiente fundamentación teórica (Novak 1982). De hecho, las continuas referencias e invocaciones al «Método Científico» resultan demasiado ambigüas e imprecisas (Keislar y Shulman 1966) y se traducen en propuestas muy diferentes. Resulta pues necesario, para poder entender y enjuiciar dichas propuestas, proceder a una mínima clarificación de qué entender por metodología científica.

Nuestro trabajo está centrado, precisamente, en una clarificación del proceso de producción de conocimientos científicos y de las implicaciones que se derivan para una enseñanza acorde con dicho proceso. Trataremos así de mostrar que dicha enseñanza integraría coherentemente las aportaciones más significativas de la investigación educativa, articulándose en un verdadero paradigma teórico. Y trataremos también de poner de relieve las características y limitaciones de otros dos paradigmas que orientan la práctica docente habitual.

Comenzaremos, pues, por poner de relieve algunos aspectos esenciales del trabajo científico:

1. CARACTERISTICAS ESENCIALES DEL TRABAJO CIENTIFICO

Como es lógico, no vamos a intentar una exposición, ni siquiera superficial, de la naturaleza del trabajo científico, ni tampoco referirnos a los debates y discrepancias profundas que se dan en su análisis. Resaltaremos tan sólo algunos aspectos esenciales en los que se da una amplia coincidencia entre epistemólogos de muy distintas orientaciones y que podemos resumir así:

1. En primer lugar hemos de referirnos al rechazo de la idea misma de «Método Científico», con mayúsculas, conjunto de reglas perfectamente definidas a aplicar mecánicamente... (Hempel 1976) (Bunge 1972) (Cohen y Nagel 1973) (Popper 1962) (Piaget 1969)...
2. En segundo lugar hay que resaltar el rechazo generalizado de lo que Piaget denomina «el mito del origen sensorial de los conocimientos científicos» (Piaget 1971), es decir, el rechazo de un empirismo que concibe los conocimientos como resultado de la inferencia inductiva a partir de «datos puros». Por el contrario,

se insiste, toda la investigación y la misma búsqueda de datos viene marcada por paradigmas teóricos —es decir, por visiones coherentes, articuladas— que orientan dicha investigación.

Es preciso insistir en la importancia de los paradigmas conceptuales, de las teorías, como origen y término del trabajo científico, en un proceso complejo que incluye eventuales rupturas —cambios revolucionarios— del paradigma vigente en un determinado dominio y surgimiento de nuevos paradigmas teóricos (Khun 1971) (Althousser 1977).

Y es necesaria esta insistencia porque, pese al acuerdo básico que existe al respecto entre los epistemólogos, en el profesorado de ciencias persiste, por el contrario, una visión marcada por un empirismo extremo, sorprendentemente generalizada (Giordan 1978).

3. En tercer lugar hay que resaltar el papel jugado en la investigación por el pensamiento divergente que se concreta en aspectos fundamentales —y erróneamente relegados en los planteamientos empiristas— como son la emisión (invención) de hipótesis o el propio diseño de experimentos. En realidad, si bien la obtención de evidencia experimental en condiciones definidas y controladas ocupa un lugar central en la investigación científica, es preciso relativizar dicho papel que sólo cobra sentido con relación a la hipótesis a contrastar y a los diseños concebidos a tal efecto. En palabras de C. Hempel (1976), «al conocimiento científico no se llega aplicando un procedimiento inductivo de inferencia a datos recogidos con anterioridad, sino más bien mediante el llamado método de las hipótesis a título de intentos de respuesta a un problema en estudio y sometiendo luego estas a la contrastación empírica». Unas hipótesis que, a su vez, nos remiten al paradigma conceptual de partida y que de nuevo evidencian el error de los planteamientos empiristas.

4. Por último es preciso comprender el carácter social, colectivo, del desarrollo científico, lo que se evidencia no sólo en el hecho de que el punto de partida —el paradigma teórico vigente— es la cristalización de las aportaciones de generaciones de investigadores, sino también en que la investigación responde cada vez más a estructuras institucionalizadas (Khun 1971) (Bernal 1967) en las que la labor de los individuos es orientada por las líneas de investigación establecidas, por el trabajo del equipo del que forman parte, careciendo prácticamente de sentido, la idea de investigación completamente autónoma.

Insistimos en que estos son aspectos esenciales en torno a los cuales existe amplia coincidencia y que hemos resaltado con objeto de mostrar hasta qué punto toda una serie de aportaciones de la investigación educativa, a las que nos referimos a continuación, pueden interpretarse como apoyo a una enseñanza de las ciencias basada en la puesta de los alumnos en situación de producir conocimientos.

2. HACIA UNA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS ACORDE CON EL PROCESO DE PRODUCCION CIENTIFICA: PRINCIPALES ASPECTOS DEL NUEVO PARADIGMA

Partiendo de las características esenciales del trabajo científico que hemos puesto de relieve, de forma somera, en el apartado anterior, vamos a considerar algunas de las principales aportaciones de la investigación educativa con objeto de ver en qué medida apoyan una enseñanza de las ciencias acorde con la propia metodología científica. Mostraremos así que la importancia de los paradigmas conceptuales como origen y término de una investigación tiene su equivalente, en la enseñanza, en la importancia de la estructura cognoscitiva del alumno. Mostraremos también la necesidad del pensamiento divergente completado por el tratamiento riguroso de sus implicaciones y abordaremos, por último, el papel del trabajo colectivo de los alumnos, cubriendo así lo que hemos presentado como trazos característicos de la metodología científica.

2.1. La estructura cognoscitiva de los alumnos como punto de partida

Quizas haya sido el problema de la existencia de graves errores conceptuales, difíciles de erradicar, el que haya obligado a prestar una particular atención a las ideas con que los alumnos llegan a la clase y a la forma en que los nuevos conocimientos se integran —o no— en la estructura cognoscitiva preexistente. En efecto, el estudio de los errores conceptuales se ha convertido en una de las líneas de investigación que mayor atención está recibiendo en la enseñanza de las ciencias (Leboutet y Barrell 1976) (Viennot 1978) (Helm 1980) (Elton 1980) (Nussbaum 1981) (Carrascosa y Gil 1982.a), habiéndose establecido que su origen está ligado a la existencia de ideas previas, o, mejor dicho, de toda una estructura cognoscitiva, fruto de la actividad anterior de los alumnos, lo que ha llevado a hablar de la «prehistoria» del aprendizaje (Vigotsky 1973) y a plantear el rastreo del origen psicológico de las nociones hasta sus estadios precientíficos (Piaget 1971).

No puede pues plantearse la enseñanza como si el alumno partiera de cero, sin tener en cuenta sus representaciones, de una gran tenacidad, que no se dejan abolir fácilmente por una enseñanza sistemática (Astolfi, 1978). Por el contrario, es preciso tener en cuenta que a menudo «se conoce contra un conocimiento anterior, destruyendo conocimientos mal hechos» (Bachelard 1938).

Por otra parte, las investigaciones realizadas por Piaget y colaboradores en el Instituto de Epistemología Genética (Piaget 1970) han mostrado el paralelismo entre evolución histórica de una ciencia y la adquisición de las ideas correspondientes en el niño. Así, por ejemplo, estos estudios han dejado patente cómo las expe-

riencias cotidianas sobre el movimiento de los cuerpos generan una visión del comportamiento mecánico de la materia muy próxima a la física aristotélico-escolástica. De acuerdo con ello, la introducción de los alumnos a la mecánica newtoniana debería ser contemplada como verdadero cambio conceptual (Nussbaum y Novick 1980) (Gilbert, Michael, Watts y Osborne 1982): no se trata simplemente de salir al paso de algunos «errores» conceptuales, sino de provocar un cambio que, a nivel de los alumnos, presenta las características y las dificultades de una revolución científica (Carrascosa, Gil y Gonzalez 1982).

Esta importancia de la estructura cognoscitiva de los alumnos es resaltada también —desde un enfoque ligado a la adquisición significativa de conocimientos— por D.P. Ausubel (1978) quien llega a afirmar: «Si yo tuviera que reducir toda la psicología educativa a un solo principio enumeraría este: averigüese lo que el alumno ya sabe y enseñese consecuentemente».

Se dibuja así con toda claridad el paralelismo entre los paradigmas teóricos y su desarrollo - incluidos los periodos de crisis o cambios de paradigmas- y la estructura cognoscitiva de los alumnos y su desarrollo - incluidas las reestructuraciones profundas, los cambios conceptuales-, lo que supone un primer e importante apoyo al paradigma didáctico que proponemos en este trabajo, de una enseñanza de las ciencias concorde con las características de la investigación científica.

2.2. Una actividad coherente con la metodología científica

El paralelismo mostrado por los estudios de epistemología genética entre la evolución histórica de una ciencia y la adquisición de las correspondientes ideas por el niño, presenta nuevas implicaciones a las que vamos a referirnos brevemente:

El hecho de que nuestros alumnos tengan una visión del comportamiento mecánico de la materia similar al aristotélico-escolástico no puede ser fruto del azar, sino responder a unas mismas causas. Conviene notar a este respecto que las concepciones aristotélicas sólo fueron desplazadas, tras largos siglos de vigencia, gracias a un cambio metodológico superador de la tendencia usual a sacar conclusiones precipitadas, a generalizar de manera acrítica en base a experiencias limitadas, una tendencia no sólo perfectamente perceptible en ese edificio aristotélico -no en vano calificado como «la física del sentido común» (Gil 1981)- sino presente con mayor razón e igualmente difícil de contrastar en el niño y el adolescente (Piaget 1971) (Ausubel 1978). Y si el edificio aristotélico sólo fué derribado -con todas las dificultades que conlleva un cambio de paradigma- gracias a una nueva metodología que auna el pensamiento divergente con el rigor que supone el experimento en condiciones controladas, etc, es lógico suponer que igual ocurrirá con nuestros alumnos. Poner a los alumnos en situación de aplicar esta

metodología -es decir, de emitir hipótesis, de diseñar experimentos, de realizarlos y analizar con rigor sus resultados- se convierte así en una necesidad tanto para la superación de los «errores conceptuales», es decir, para hacer posibles los profundos cambios conceptuales que ello implica, como para entender, en general, los resultados del trabajo científico. En particular, la emisión de hipótesis juega un papel insustituible en la explicación de las ideas que constituyen el paradigma inicial de los alumnos. Una explicación absolutamente necesaria para que los alumnos puedan confrontar dichas ideas con los resultados obtenidos al aplicarlas en situaciones que actúan como verdaderos conflictos cognoscitivos, provocando la modificación de la estructura cognoscitiva, análogamente a como la ha ocurrido en la historia de las ciencias con los cambios de paradigmas (Hewson 1981) (Aguilar, Carrascosa, Gil y Martínez 1982).

Este complejo proceso de modificación de esquemas conceptuales no puede reducirse, por supuesto, a simples exposiciones o clarificaciones del profesor y la emisión/contrastación de hipótesis aparece como el abordaje metodológico necesario, tanto para mostrar las ideas iniciales de los alumnos como para favorecer una modificación real de su estructura cognoscitiva, es decir, para favorecer el aprendizaje significativo, a través de una reconstrucción o «redescubrimiento», por medio de actividades adecuadas, de aquellos conocimientos que se trata de enseñar (Piaget 1969). Este tratamiento conjunto de las ideas básicas de la ciencia y sus métodos ha sido recomendado también por organismos como la National Science Teachers Association (NSTA, 1964) o por quienes, desde el «Developmental Learning Paradigm» consideran la inteligencia como la «la habilidad para resolver problemas a través del uso de estrategias de razonamientos» (Lawson 1979) superando una visión empirista y reduccionista de los métodos de la ciencia al trabajo del laboratorio y, a menudo, a la simple manipulación.

2.3. Papel del trabajo colectivo y orientado de los alumnos

Ya hemos señalado el carácter de actividad social, colectiva y orientada del desarrollo científico. En este apartado trataremos de mostrar en qué medida la enseñanza de las ciencias precisa de la actividad de los alumnos y, más concretamente, de una actividad colectiva que no quede reducida a la asimilación del discurso profesoral ni a la simple interacción alumno/profesor.

Es obligado aquí referirse a los trabajos en torno al papel de la actividad y de la interacción social en el desarrollo intelectual realizados por Piaget, decidido defensor, en base a los resultados de sus investigaciones, del trabajo por equipos (Piaget 1969). Por supuesto, la importancia de la actividad en el desarrollo intelectual es deudora de muchas otras contribuciones que han con-

ducido, en la enseñanza, al «Developmental Learning Paradigm» (Lawson 1979). Y en la literatura pedagógica se prodigan las investigaciones sobre el trabajo en grupos. Un panorama de dichas investigaciones es presentado por Ausubel (1978) quien une a una amplia bibliografía el análisis contrastado de los resultados obtenidos por los distintos autores. Y aunque Ausubel no se pronuncia de forma general sobre las ventajas del trabajo en grupos, reconoce que «la discusión es el método más eficaz y realmente el único factible de promover el desenvolvimiento intelectual con respecto a los aspectos menos bien establecidos y más controvertidos de la materia de estudio». Y conviene notar que toda nueva tarea tiene para los alumnos la característica de «poco establecida» y «controvertida». En particular ya hemos hecho referencia a la necesidad de plantear la enseñanza como cambio conceptual allí donde los alumnos tienen ya una visión con la que es preciso romper. Y un tal cambio conceptual exige confrontación, discusión detenida de las distintas alternativas (Nussbaum y Novick 1980) (Carrascosa, Gil y Gonzalez, 1982). En definitiva, a menos que sólo se pretenda hacer repetir a los alumnos tareas ya mostradas (resueltas) por el profesor o el texto, el trabajo en grupo aparece como un útil indispensable, «el único factible» según Ausubel.

Estas conclusiones generales son coherentes con las investigaciones centradas en la enseñanza de las ciencias (Jonson 1976) (Abraham 1976) y permiten concluir que, efectivamente, la enseñanza de las ciencias, en la medida en que supone -como la misma investigación- una exploración activa de alternativas, se ve favorecida por la formación de pequeños grupos (Mayfield 1976).

Por otra parte es preciso insistir en que trabajo en grupos conlleva un papel orientador sobre cada alumno, superador de los errores personales (Barnbund 1959) y que es un aspecto esencial, coherente con la naturaleza social, colectiva y orientada del trabajo científico. Por supuesto el profesor juega un papel relevante en esta labor orientadora, sin que ello suponga alejar a los alumnos de lo que es un tratamiento científico en el que, insistimos, dicha orientación se da a través de la existencia de equipos de investigadores con líneas de trabajo definidas y expertos que impulsan y controlan la labor de quienes se inician, etc, etc.

De acuerdo con ello la guía del profesor está presente en la programación misma de las actividades a proponer a los grupos de alumnos; unas actividades que permitan rehacer, en cierta medida el proceso histórico de forma coherente con la metodología científica y eviten tanto una adquisición dispersa como la realización de tareas de la que los alumnos no vean claramente el hilo conductor, lo que las convertiría en recetas sin significado a priori. Y este entender lo que va a hacerse y su conexión con lo que ya se ha realizado, es esencial en una tarea con aspiración científica en que, por supuesto, la actividad ha de responder a una cierta es-

trategia y no a un errabundo ensayo y error ni a la aplicación de recetas. Estamos por ello de acuerdo con Ausubel en que el aprendizaje por descubrimiento será efectivo sólo en la medida en que la situación de aprendizaje esté muy estructurada, simplificada y programada expertamente. En este sentido son del mayor interés las aportaciones realizadas desde una óptica muy diferente, del «Hierarchical Learning Paradigm» (Jones y Russell 1979) (Gagné 1970) que pone el acento en la importancia de la secuencia con que se introducen los conceptos y se proponen las actividades.

3. CONTRA LAS ENSEÑANZAS POR DESCUBRIMIENTO AUTONOMO Y POR TRANSMISION VERBAL

Hasta aquí hemos intentado mostrar cómo las aportaciones más significativas de la investigación educativa pueden integrarse en un paradigma de enseñanza de las ciencias concorde básicamente con la naturaleza misma del trabajo científico y que podemos designar como enseñanza por descubrimiento dirigido. A continuación analizaremos brevemente otros dos grandes paradigmas de enseñanza de las ciencias mostrando sus insuficiencias.

3.1. Contra la enseñanza por descubrimiento inductivo y autónomo

Recordemos de nuevo que, como señalábamos en la introducción, la idea de enseñanza por descubrimiento ha dominado los intentos de renovación de enseñanza de las ciencias a lo largo de más de treinta años, en respuesta a una situación marcada por la atención casi exclusiva a los contenidos, la falta casi total de trabajo experimental y el papel preponderante del profesor, la asimilación de cuyo discurso es la única «actividad» propuesta a los alumnos. Quizás por ello —y de acuerdo con toda la corriente de «pedagogía moderna» que se remonta a las filosofías educativas de Rousseau y Froebel— se va a hacer gran incapie en la actividad autónoma de los alumnos, llegando a rechazarse, como señala Ausubel (1978) cualquier tipo de guía o dirección en el aprendizaje. No es difícil estar de acuerdo con él en contra de una enseñanza totalmente autónoma que concibe el desarrollo de los niños como un proceso de maduración espontánea. Sin entrar aquí en una crítica general al «no-directivismo» en la que hemos insistido reiteradamente en otros trabajos (Seminario de Pedagogía 1975) y centrándonos en la enseñanza de las ciencias, baste recordar lo expuesto sobre el carácter social y dirigido del trabajo científico.

Un segundo error —ligado sin duda al anterior— de la enseñanza por descubrimiento autónomo es el planteamiento empirista que preside la totalidad de las propuestas. Como señala Ausubel «los métodos de descubrimiento aplicados a la enseñanza se basan a menudo en la ingenua premisa de que la solución autó-

noma de problemas ocurre necesariamente con fundamento en el razonamiento inductivo a partir de datos empíricos». Se deforma así la naturaleza de la investigación científica (Kyle 1980) (Giordan 1978) (Lebouret 1973) convirtiendo los trabajos prácticos en meras manipulaciones (Colmez, Delacote y Richards 1978) en las que faltan absolutamente —como hemos mostrado en otro lugar (Gil y Payá 1982)— aspectos esenciales como la emisión de hipótesis o el diseño de experimentos (Enycour, Baker y Vanharlingen 1980), aspectos que ni siquiera aparecen entre los objetivos de los trabajos prácticos (Swain 1974) (Gunning y Johnstone 1976) (Bound, Dum, Kennedy y Torley 1980). Por otra parte, esta orientación empirista no sólo afecta a los trabajos prácticos, sino a la misma resolución de problemas como indica Selvaratman (1974) o como nosotros mismos hemos puesto en evidencia (Gil y Martínez 1982.a)

Por último, y coherentemente con el planteamiento inductivo y autónomo que se pretende dar al aprendizaje, se produce una falta de atención a los contenidos, en la creencia de que la elección de la materia de estudio carece de importancia, o bien que la ejecución de algunos experimentos inconexos proporcionarían al alumno, incidentalmente, lo fundamental de dicha materia (Ausubel 1978). Pero ello supone, insistimos, ignorar el papel esencial que los paradigmas conceptuales juegan en todo el proceso de investigación científica, ignorar que, como puntualiza Host (1978), cada disciplina está caracterizada por una estructura que define las necesarias relaciones entre los conceptos. De aquí que una búsqueda a tientas a partir de comienzos cualesquiera —como preconiza la enseñanza por descubrimiento autónomo— corre el riesgo de no proporcionar más que un conjunto de adquisiciones dispersas.

Como vemos, los supuestos teóricos de este paradigma que podemos denominar «enseñanza por descubrimiento autónomo, inductivo e incidental» entran en contradicción tanto con las aportaciones de la investigación educativa como con la naturaleza de la metodología científica en que dice inspirarse.

Pero ¿cuáles han sido los resultados alcanzados, concretamente en los EE.UU., donde se ha aplicado más extensamente? En palabras de Ausubel (1978) «como los términos 'laboratorio' y 'método científico' se volvieron sacrosantos en las preparatorias y universidades norteamericanas, los estudiantes fueron obligados a recordar los aspectos exteriormente conspicuos pero inherentemente triviales del método científico (...). En realidad con este procedimiento, aprendieron poco de la materia y menos aún del método científico». Se trata de una conclusión sin duda muy negativa pero que, tal como hemos tratado de clarificar, no pone en cuestión una enseñanza de la ciencia coherente con la metodología científica —una verdadera enseñanza por descubrimiento—, puesto que lo que aquí se ha pre-

sentado y criticado dista mucho de poseer las características básicas de una investigación científica.

3.2. Contra la enseñanza por transmisión de conocimientos ya elaborados

La crítica, muy justificada, de la enseñanza por descubrimiento inductivo y autónomo ha venido acompañada por una defensa del «aprendizaje por recepción», o, dicho de otro modo, de la enseñanza por transmisión verbal, que, dicho sea de paso, en países como el nuestro es absolutamente dominante. Así, para Ausubel (1978), el rechazo de la enseñanza por transmisión verbal ha sido el resultado de la insatisfacción creada por una situación cuyas deficiencias fueron exageradas, y considera necesario resaltar el papel que la guía del profesor puede jugar como facilitadora de un aprendizaje significativo en vez de las adquisiciones dispersas que proporciona el descubrimiento incidental. Por supuesto estamos de acuerdo con Ausubel en el papel positivo de la guía. Y ello partiendo de la naturaleza misma de la investigación científica: cualquier investigador conoce bien el papel que juegan sus compañeros más experimentados, las discusiones de posibles líneas de trabajo, etc. que en ningún caso permite hablar de trabajo autónomo o de descubrimiento incidental. Lo que ya no parece tan claro es que dicha «guía» deba consistir en proporcionar los conocimientos ya elaborados para su aprendizaje por recepción. En efecto, si bien es cierto que la verdadera asimilación de conceptos exige un proceso activo de «relación, diferenciación y reconciliación integradora con los conceptos pertinentes que ya existan» (Ausubel 1978) y que «cuanto más activo sea este proceso, tanto más significativos y útiles serán los conceptos asimilados», no está nada claro que una enseñanza por transmisión verbal favorezca dicha actividad. Ello exigiría, si más no, tener en cuenta las necesidades de *tiempo propio* para que los alumnos puedan *trabajar* los conceptos hasta ligarlos a su estructura cognoscitiva. Y habría que plantear las actividades que favorezcan dicho trabajo de relación, diferenciación, ... e introducir los mecanismos de retroalimentación para constatar hasta que punto los alumnos han asimilado y se puede seguir adelante, etc. etc. En definitiva, hacer activo el proceso de asimilación *en la clase* supondría modificar su estructura, romper el discurso profesoral con más trabajo de los alumnos y más tiempo propio para estos. Y ello sin plantearnos hasta que punto pueden resultar significativos unos conocimientos que no respondan a problemas que los alumnos hayan tenido ocasión, al menos, de plantearse previamente. Más grave nos parece, sin embargo, la defensa de la enseñanza por transmisión verbal en base a criterios de falta de capacidad de la mayoría de los alumnos para descubrir autónomamente todo lo que deben saber (Ausubel 1978). Una vez más hemos de insistir en que —sin negar el papel de las individualidades— el trabajo científico tiene un indiscutible carácter colectivo y que no se trata, pues, de

generar autónomamente y mucho menos individualmente los conocimientos, sino de insertar a los alumnos en un proceso de búsqueda orientada —como lo está toda investigación— que les permita adquirir conocimientos realmente significativos, derivados de problemas planteados desde un esquema conceptual coherente.

En definitiva, si bien la crítica de Ausubel al aprendizaje que el denomina «por descubrimiento» —a lo que nosotros consideramos necesario añadir los calificativos de «inductivo y autónomo»— parece justa y bien fundamentada, el simple retorno a la enseñanza por transmisión verbal —liberada de algunos errores—, tal como se propone desde el «reception Learning Paradigm» (Miller 1980) (Novak 1979) o «Verbal Style» (Houston 1975), plantea serias dudas. En cualquier caso, como el mismo Ausubel reconoce, la actividad de los alumnos durante la asimilación de conceptos es menos rica que durante la formación de conceptos. Y ello incluso en lo que se refiere a aspectos considerados como ocasión privilegiada para la iniciativa de los alumnos como son los trabajos prácticos o la resolución de problemas. En efecto, en una enseñanza por transmisión verbal de conocimientos ya elaborados, los trabajos prácticos sólo pueden jugar un papel de ilustración —a menudo realizada por el propio profesor como experiencia de cátedra—, de comprobación de lo que se ha expuesto (Belousov 1973). En cualquier caso y más aún, si cabe, que en la enseñanza por descubrimiento inductivo y autónomo, los trabajos prácticos de limitan a manipulaciones (Giordan 1978) /White 1979) (Charen 1970) siguiendo recetas pormenorizadas en las que falta la mínima posibilidad de emitir hipótesis (Rachelson 1977), de diseñar experimentos (MacDuffie 1973) o incluso de analizar los resultados (Tamir 1977) (Pickering y Golstein 1977) (Gil y Payá 1982.a.)

Los resultados no pueden ser más lógicos: los alumnos reconocen obtener poco beneficio de los experimentos realizados cuando los montajes están completamente dispuestos o la experiencia completamente preparada (Leboutet 1973) (Bonet et Al 1982).

En lo que se refiere a la resolución de problemas, la situación es en todo comparable (Gilbert 1980) (Larkin y Reig 1979). De hecho, no se enseña a resolver problemas sino a comprender y memorizar soluciones explicadas por el profesor como ejercicios de aplicación de la teoría (Gil y Martínez, 1982.a.) Y es quizás aquí donde el fracaso de la enseñanza por transmisión verbal resulta más evidente, puesto que el grado de transferencia es mínimo y los alumnos se limitan a «reconocer» problemas ya resueltos o a abandonar. (Mettes et Al 1980).

La preocupación por este fracaso generalizado ha motivado una atención prioritaria a la resolución de problemas, como prueban las recomendaciones de los organismos educativos (NSTA 1971) o la abundante bibliografía existente.

En nuestra opinión, «el problema de los problemas» sólo puede encontrar solución con un replanteamiento de su didáctica que tenga en cuenta el carácter de investigación, es decir, de tarea para la que de entrada no existe solución evidente, que se les debe dar. (Kapitza 1977) (Gil y Martínez 1982.a.) (Hudgins 1966) (Riche 1978) (Davis 1966) (Burton 1977). Pero ello supone precisamente romper con el esquema de aprendizaje por recepción y tener en cuenta las exigencias propias de la metodología científica, sin renunciar por ello a un aprendizaje significativo, es decir, a la inserción de las adquisiciones en esquemas coherentes. Este es, pensamos, el verdadero reto, que obliga a la superación de una enseñanza tanto por «descubrimiento» inductivo y autónomo como por transmisión verbal.

CONCLUSION

A lo largo de este breve estudio hemos tratado de mostrar la necesidad —y la posibilidad— de un nuevo paradigma de enseñanza de las ciencias que integrara las aportaciones más significativas de la investigación educativa. Dicho paradigma consistiría básicamente en una enseñanza de las ciencias acorde con la propia metodología científica. Una metodología que a menudo ha sido mal entendida por los docentes que han asumido visiones muy simplistas, marcadas por un positivismo extremo. Ha sido necesario, pues, proceder a clarificar las características del trabajo científico, dar una visión correcta del mismo y considerar a la luz de dicha visión, los principales aspectos del paradigma propuesto.

A continuación hemos analizado críticamente los paradigmas que orientan la práctica docente habitual; concretamente, la enseñanza «por transmisión de conocimientos ya elaborados» y la enseñanza por «descubrimiento inductivo y autónomo».

El paradigma de enseñanza de las ciencias como investigación, o dicho de otro modo, de una enseñanza «acorde con el proceso de producción de conocimientos científicos» que aquí hemos esbozado, exige todavía investigaciones concretas de contrastación y precisión en sus distintos aspectos. Actualmente procedemos a algunas de estas investigaciones, relativas a la introducción de conceptos y errores conceptuales (Carrascosa y Gil 1982 a y b), familiarización con la metodología científica (Gil y Payá 1982 a y b) (Gené y Gil a y b) y la resolución de problemas (Gil y Martínez 1982 a y b).

BIBLIOGRAFIA

- ABRAHAM, M.R. 1976. «The Effects of Grouping on Verbal Interaction During Science Inquiries» (J of Res in Sci Teach 13 pp 127-35).
- AGUILAR R., CARRASCOSA J., GIL D. y MARTINEZ J. 1982. «Papel de las hipótesis en la enseñanza de la Física» (Primeras Jornadas de Investigación en la Didáctica de la Física y la Química. Valencia 1982).
- ALTHOUSSER L. 1975. «Curso de filosofía para científicos» (Laia, Barcelona).
- ASTOLFI J.P. 1978. «Les représentations des Enfants en Situation de Classe» (Rev. Fran. de Péd. 45, pp 126-28).
- AULT R.L. 1973. «Problem-Solving Strategies of Reflective, Impulsive Fast-Accurate and Slow-Accurate Children» (Child Devel. 44 pp 259-66).
- AUSUBEL D.P. 1978. «Psicología Educativa. Un punto de vista cognoscitivo» (Trillas, México).
- BACHELARD G. «La formation de l'Esprit Scientifique» (Vrin, Paris, 1938).
- BARBUND D.C. 1959. «A comparative Study of Individual, Majority and Group Judgment» (J. Abnorm Soc Psychol 58 pp 55-60).
- BECCHI E. 1981. «Per una Fondazione Teorica della Ricerca Educativa» (Scuola e Città 11 pp. 498-500).
- BELOUSOV V.A. 1973 «Techniques for Conducting an Experiment in Physics» (Soviet Education Nov-Dec. 1973, pp. 116-121).
- BERNAL J.D. 1967. «Historia Social de la Ciencia» (Península, Barcelona).
- BONET A., QUINDOS L.S., SOTO J. y VILLAR E. 1982. «A new laboratory Course for Physics Students» (Phys Educ 17 pp 44-45).
- BOUND, DUMM, KENNEDY y TORLEY 1980. «The aims of Science Laboratory Courses: A Survey of Students, Graduates and Practical Scientists» (Eur J. Sci Educ, 2 pp. 415-428).
- BUNGE M. 1972. «La investigación científica» (Ariel 1972).
- BURTON L. 1977. «The Three Ms» (Math Ed for Teaching 3 pp 13-20).
- BYBEE R.W. 1977. «The New Transformation of Science Education» (Sci Educ 61 pp 85-97).
- CARRASCOSA J. y GIL D. 1982.a. «Los errores conceptuales en la enseñanza de la Física. I. Un estudio de su persistencia» (Las Jornadas de Investigación y Renovación de la F y Q en el BUP y COU. Valencia 1982).
- CARRASCOSA, J. y GIL, D. 1982.b. «Los errores conceptuales en la enseñanza de la Física. II. Una propuesta para su tratamiento» (Primeras Jornadas de Investigación y Renovación de la Física y Química en el BUP y COU. Valencia).
- CARRASCOSA, J. GIL, D. y GONZALEZ, A. 1982. «Por un replanteamiento de la noción de error conceptual» (Primeras Jornadas de Investigación y Renovación de la Física y Química en el BUP y COU. Valencia 1982).
- CHAREN, G. 1970. «Do laboratory Methods Stimulate Critical Thinking» (Sci. Educ. 54 pp. 267-271).
- COHEN M.R. y NAGEL, E. 1973. «Introducción a la lógica y el método científico» (Amorrortu).
- COLMEZ, DELACOTE y RICHARDS, 1978. «Statut de l'observation et de l'activité expérimentale chez l'élève» (Rev. Fran. de Péd. 45 pp. 55-65).
- DAVIS, G. 1966. «Current Status of Research and Theory in Human Problem Solving» (Psycho Bul 66 pp. 36-54).
- ELTON, L. 1980. «The Physics Curriculum — A Suitable Case for Treatment?» (Phys Educ 15 p. 129).
- ENYEART, BAKER y VANGERLINGEN, 1980. «Correlation of Inductive and Deductive logical Reasoning to College Physics Achievement» (J. Res. Sci. Teach. 17 pp. 263-267).
- GAGNÉ, R.M. 1970 «Las condiciones del aprendizaje» (Aguilar, Madrid).
- GENÉ, A. y GIL, D. 1982.a. «Els treballs pràctics de Biologia i el mètode científic. I. Anàlisi Crític» (Primeres Jornades de Investigació Didàctica. Lleida).
- GIL, D. 1981. «Evolució de la idea de materia» (ICE Universidad de Valencia).
- GIL, D. 1982. «La investigación en el aula de Física y Química» (Anaya, Madrid).
- GIL, D. y MARTINEZ-TORREGROSA, J. 1982.a. «La resolución de problemas de Física: un análisis crítico» (Las Jornadas de Investigación y Renovación de la F. y Q. en el BUP Y COU. Valencia).
- GIL, D. y M.-TORREGROSA, 1982.b. «Un modelo de resolución de problemas acorde con la metodología científica» (Primeras jornadas de Investigación y Renovación de la F. y Q. en el BUP y COU. Valencia).
- GIL, D. y PAYA J. 1982.a. «Los trabajos prácticos en la enseñanza de la Física. I. Un análisis crítico.» (Las Jornadas de Invest. de F. y Q. en BUP. Valencia).
- GIL, D. y PAYA, J. 1982.b «Los trabajos prácticos en la enseñanza de la Física. II. Un modelo coherente con la metodología científica.» (Jornadas I. de la F. y Q. Valencia).
- GILBERT, G.L. 1980. «How do I get the answer?» (J. Chem Educ. 57 pp. 79-81).
- GILBERT J.K., MICHAEL D., WATTS y OSBORNE R.J. 1982. «Students' Conception of Ideas in Mechanics» (Phys. Educ. 17 pp. 62-66).
- GIORDAN, A. 1978. «Observations-Experimentation: Mais comment les élèves apprennent-ils?» (Rev. Fran. de Péd. 44 pp. 66-73).
- GUNNING, D.J. y JOHNSTONE, A.H. 1976. «Practical work in the Scottish O-Grade» (Educ. in Chem jan 1976 pp. 12-14 y 16).
- HELM, H. 1980. «Misconceptions in Physics amongst South African Students» (Phys Educ. 15 pp. 92-97 y 105).
- HEMPEL, C.G. 1976. «Filosofía de la ciencia natural» (Alianza, Madrid).
- HEWSON, P.W. 1981. «A conceptual Change Approach to Learning Science» (Eur. J. Sci. Educ. 3 pp. 383-396).
- HOST, V. 1978. «Procédures d'apprentissage spontanées dans la formation du scientifique» (Rev. Fran. de Péd. 45 pp. 103-10).
- HOUSTON, J. 1975. «The Effects of Verbal Style in Physics Teaching» (Phys. Educ. 10 pp. 38-41).
- HUDGINS, B.B. 1966. «Como enseñar a resolver problemas en el aula» (Paidós, Buenos Aires).
- JOHNSON, R.T. 1976. «The Relationship between Cooperation and Inquiry in Science Classroom» (J. of Res in Sci. Teach. 13 pp. 55-63).
- JONES H.L. y RUSSELL, J.M. 1979 «Hierarchical Learning Paradigm» (J. of Res. in Sci. Teach. 16 pp. 489-99).
- KAPITZA, P.L. 1977. «Le livre du Probleme de Physique» (CEDIC, PARIS).
- KEISLAR, E.R. y SHULMAN, L.S. 1966. «Learning by Discovery: a critical Appraisal» (Chicago, Rand McNally).

- KUHN, TH. S. 1971. «La estructura de las revoluciones científicas» (Fondo de Cultura Económica).
- KYLE W.C. Jr. 1980. «The distinction between Inquiry and Scientific Inquiry and Why High School Students Should be Cognizant at the Distinction». (J. of Res. in Sci. Teach. 17 pp. 123-130).
- LARKIN, J.H. y REIF, F. 1979. «Understanding and Teaching Problem-Solving in Physics» (Eur. J. Sci. Educ. 1 pp. 191-203).
- LAWSON, A.E. 1979. «The developmental Learning Paradigm» (J. Res in Sci Teach, 16 pp. 501-15).
- LEBOUTET, L. 1973. «L'enseignement de la Physique» (P.U.F., Paris).
- LEBOUTET, L. y BARRELLI, 1976. «Concepts of Mechanics Among Young People». (Phys Educ. 11 pp. 462-65).
- MACDUFFIE, D.E. 1973. «Learning Through Practical Work» (Educ. in Chem. May 1973, pp. 87-88 y 93).
- MAYFIELD, J.M. 1976. «Factor Affecting Rationality in the Discussion of a Problem by Small Groups of Secondary School Students» (Sci. Educ. 60 pp. 170-83).
- METTES, C.T.C. et AL. 1980. «Teaching and Learning Problem Solving in Science. Part I.: A general Strategy» (J. of Chem. Educ. 57 pp. 882-885).
- MILLER, R.L. 1980. «Ausubelian Psychology - Help for Learning Difficulties» (Phys. Educ. 15 pp. 186-90).
- N.S.T.A. 1964. Curriculum Committee pp. 17-18.
- N.S.T.A. 1971. Committee on Curriculum Studies.
- NOVAK, J.D. 1979 «The Reception Learning Paradigm» (Res. Sci. Teach. 16 pp. 481).
- NOVAK, J.D. 1982. «Teoría y Práctica de la Educación» (Alianza Universidad).
- NUSSBAUM, J. 1981. «Towards the Diagnosis by Science Teachers of Pupils' Misconceptions: an Exercise with Student Teachers» (Europ J. Sci. Educ. 3 pp. 159-169).
- NUSSBAUM, J. y NOVICK, S. 1980. «Brainstorming in the Classroom to Invent a Model: a Case Study» (Jerusalem: Israel Science Teaching Centre, The Hebrew University).
- PIAGET, J. 1969. «Psicología y Pedagogía» (Ariel, Barcelona).
- PIAGET, J. 1970. «La epistemología genética» (A. Redondo, Barcelona).
- PIAGET, J. 1971. «Psicología y Epistemología» (Ariel, Barcelona).
- PICKERING y GOLSTEIN, 1977. «The Educational Efficiency of Lab. Reports». (J. Chem Educ. 54 pp. 315-317).
- POPPER, K.R. 1962. «La lógica de la Investigación Científica» (Tecnos).
- RACHELSON, S. 1977. «A Question of Balance: A Wholistic View of Scientific Inquiry» (Sci. Educ. 61 pp. 109-17).
- RICHE, N. 1978. «Trame pour Rediger un Exercice de Physique» (Rev. Fran. de Péd. 45 pp. 183-199).
- SELVARATMAN, M. 1974. «Use of Problems in Chemistry Courses» (Edu. in Chem. nov. 1974 pp. 201-205).
- SEMINARIO DE PEDAGOGIA, 1975. «Por una reforma democrática de la enseñanza» (Avance, Barcelona).
- SWAIN, R. L. 1974. «Practical Objectives - A Review» (Educ. in Chem., sep 1974, pp. 152-54 y 156).
- TAMIR, P. 1977. «How are the laboratory used?» (J. Res. Sci Teach. 14 pp. 311-16).
- VIENNOT, L. 1897. «Le Raisonnement Spontané en Dynamique Elementaire». (Rev. Franc. de Péd. 45 pp. 16-23).
- VIGOTSKY, L.S. 1973. «Aprendizaje y desarrollo intelectual en la edad escolar». Publicado en «Psicología y Pedagogía», Akal).
- WHITE, R.T. 1979. «Relevance of Practical Work to Comprehension of Physics». (Phys. Educ. 14 pp. 384-87).