

HISTORIA



Y EPISTEMOLOGIA DE LAS CIENCIAS

EPISTEMOLOGÍA Y DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS. UN ANALISIS DE SEGUNDO ORDEN

LÓPEZ RUPÉREZ, F.
Instituto Español de París.

SUMMARY

This work shows an analysis of the relationship between epistemology and science learning research. In this context, the progressive character of research programmes in Lakatos's philosophy of science is invoked in order to clarify the place of the non-refuted results of the Piagetian School in the evolution of the Constructivist Paradigm. Several conclusions for the progress of Science Education are also presented.

INTRODUCCIÓN

El reconocimiento de la existencia de relaciones entre epistemología y enseñanza/aprendizaje científicos forma parte de una especie de consenso, a veces tácito, a veces explícito, dentro de la comunidad científica que trabaja en el ámbito de la didáctica de las ciencias. Así,

con cierta frecuencia aparecen en las revistas especializadas trabajos con títulos tales como Filosofía de la ciencia, ciencia y educación científica (Hodson 1985); "Epistemología e historia en la enseñanza de la ciencia" (Rogers 1982); "Epistemología y educación cien-

tífica" (Gawthron et al 1978); "Filosofía de la ciencia y enseñanza de las ciencias" (Terhart 1988) o "La metodología científica y la enseñanza de las ciencias: unas relaciones controvertidas" (Gil Pérez 1986), porejemplo.

Por otra parte se invoca, muy a menudo, la coherencia entre una perspectiva de aprendizaje científico y la moderna filosofía de la ciencia como un argumento de cualificación, como la apelación a un criterio de autoridad. La filosofía de la ciencia se convierte, entonces, en un tipo de conocimiento superior capaz de iluminar los procedimientos de enseñanza y las ideas sobre el aprendizaje (Terhart 1988).

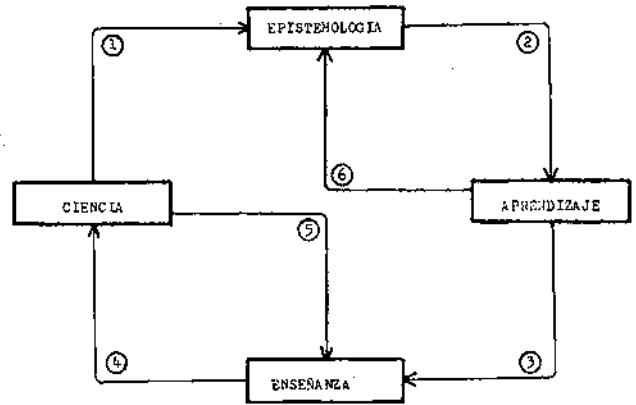
Sin embargo, la epistemología en tanto que producto de una reflexión sobre la ciencia, sobre sus fundamentos, sus métodos y su modo de crecimiento, no constituye una construcción racional aislada en las alturas de su nivel metacientífico sino que forma parte de un entramado de relaciones fluidas con la ciencia, con su enseñanza y con su aprendizaje, algunas de las cuales tienen una indiscutible dimensión práctica. Tiene sentido, por tanto, tomar tal entramado de relaciones, o alguna de sus partes, como tema de reflexión. Se trataría, entonces, de un análisis de corte epistemológico pero de segundo orden, en la medida en que es la propia epistemología la que se convierte en objeto de crítica y de reflexión. Este es el enfoque general del presente artículo cuyo propósito final es desembocar en las relaciones entre la investigación en didáctica de las ciencias y la moderna epistemología científica, así como en la cuestión de su utilidad para abordar los problemas de existencia y progreso de dos importantes paradigmas: el piagetiano y el constructivista.

En primer lugar, consideraremos, de una forma esquemática, las relaciones entre la epistemología, la ciencia y su didáctica, centrandó particularmente la atención en lo que concierne a epistemología y aprendizaje científico. A continuación, abordaremos la vertiente pragmática de las relaciones entre epistemología y didáctica de las ciencias y describiremos sus limitaciones. Más tarde, y dentro del marco que ofrece la filosofía de la ciencia de Lakatos, analizaremos el carácter progresivo de las teorías en didáctica como criterio de científicidad y lo aplicaremos a la confrontación entre los dos paradigmas referidos. Algunas consecuencias para el avance de la didáctica de las ciencias como disciplina científica serán, asimismo, planteadas.

EL SISTEMA CIENCIA-DIDÁCTICA-EPISTEMOLOGÍA

La ciencia, su enseñanza, su aprendizaje y su epistemología pueden ser tratados como un sistema complejo. Aun cuando no consideramos en esta oportunidad la interacción ciencia-sociedad y el papel de la educación científica a modo de interfase (López Rupérez 1985), el análisis de las relaciones entre estos cuatro componentes, supuestos aislados, puede iluminar el marco de operaciones en el que se desenvuelve la didáctica de las ciencias como disciplina.

figura 1
Esquema simplificado de relaciones entre la ciencia, la epistemología, la enseñanza y el aprendizaje científicos.



- 1- Análisis histórico-crítico, lógico y metodológico
- 2- Transposición epistemológica
- 3- Modelos de aprendizaje (componente psicológica)
- 4- Educación científica
- 5- Transposición didáctica (componente lógica)
- 6- Análisis psicogenético

La figura 1 muestra, de una forma esquemática, algunas de las relaciones entre los diferentes componentes del sistema. Así, la ciencia se vierte en su didáctica mediante un conjunto de transformaciones adaptativas que convierten el saber científico en objeto de enseñanza. Esta *transposición didáctica* (Chevallard 1985) tiende a respetar la estructura de la disciplina y aporta, por tanto, a la enseñanza la *componente lógica* de la ciencia. De otro lado, las exigencias derivadas de la *componente psicológica* del proceso de aprender constituyen una contribución imprescindible de los modelos y teorías sobre el aprendizaje científico. La enseñanza interviene, a su vez, en la construcción de la ciencia a través de la formación de los futuros científicos dotándolos de un bagaje de conocimientos y destrezas que constituye una parte importante de su herencia social.

En el plano de la epistemología, la ciencia aporta su estructura, sus métodos, sus fundamentos y su historia como objeto del análisis epistemológico. Pero lejos de construir una reflexión pura, la epistemología influye tanto en la enseñanza como en el aprendizaje científico, lo que conlleva una retroalimentación, por vía indirecta, sobre la propia ciencia. En lo que sigue centraremos la atención en el análisis de las relaciones entre epistemología y aprendizaje científico.

Algunos epistemólogos, que realizaron su obra mucho antes de que se pudiera hablar de una comunidad científica en didáctica de las ciencias, apostaron por este tipo de relaciones. Tal es el caso del insuficientemente citado G. Bachelard; su análisis crítico del desarrollo del espíritu científico le permite avanzar orientaciones en relación con la enseñanza/aprendizaje de las ciencias las cuales, en una etapa como la presente de auge constructivista, gozan de plena actualidad. Sirvan

como ejemplo algunas referencias generales extraídas de "La formación del espíritu científico" (Bachelard 1987):

"Los profesores de ciencias se imaginan que el espíritu comienza como una lección, que siempre puede rehacerse una cultura perezosa repitiendo una clase, que puede hacerse comprender una demostración repitiéndola punto por punto. No han reflexionado sobre el hecho de que el adolescente llega al curso de Física con conocimientos empíricos ya constituidos; no se trata, pues, de *adquirir* una cultura experimental, sino de *cambiar* una cultura experimental, de derribar los obstáculos amontonados por la vida cotidiana... (p. 21). En efecto, se conoce *en contra* de un conocimiento anterior... (p. 15)".

"El historiador de la ciencia debe tomar las ideas como hechos. El epistemólogo debe tomar los hechos como ideas insertándolas en un sistema de pensamientos. Un hecho mal interpretado por una época, sigue siendo un *hecho* para el historiador. Según el epistemólogo es un *obstáculo*, un contrapensamiento... (p. 20). La noción de *obstáculo epistemológico* puede ser estudiada en el desarrollo histórico del pensamiento científico y en la práctica de la educación... (p. 19)".

Otras muchas ideas presentadas en la obra referida —desde la propia denominación de *conceptos precientíficos nucleados inconscientemente* (p. 54)— hasta el análisis del origen de los *obstáculos epistemológicos* guardan estrecha similitud con las expuestas en revisiones recientes sobre preconcepciones o marcos alternativos (McDermott 1984, Driver et al. 1985, Serrano Gisbert 1987, Driver 1988); lo cual viene a corroborar la fecundidad potencial de la reflexión epistemológica y, a un tiempo, las raíces filosóficas de esa nueva corriente de investigación en la educación científica.

Por otra parte, la obra de Piaget ha reforzado las conexiones entre epistemología y aprendizaje científico. Aun cuando Piaget no prestó demasiada atención a lo que él mismo denominó aprendizaje en sentido estricto (Piaget 1959), el desarrollo de su programa de investigación sobre epistemología genética pone de manifiesto su interés por el aprendizaje en sentido amplio, es decir, como progreso de las estructuras cognitivas mediante mecanismos de equilibración (Pozo 1987). Sin prescindir del método histórico crítico en el análisis de la evolución de la ciencia y del ideal científico, Piaget introduce el método psicogenético que procura una explicación causal de los mecanismos intelectuales analizando su formación (Blanche 1972).

"... Si la epistemología genética ha retomado la cuestión, es con la doble intención de constituir un método para proporcionar controles y, sobre todo, para apelar a las fuentes, a la génesis misma de los conocimientos, de la cual la epistemología tradicional no conoce más que los estados superiores, esto es, algunas resultantes. Lo propio de la epistemología genética es, pues, intentar aislar las raíces de las distintas variedades de conocimiento desde sus formas más elementales y seguir su desarrollo hacia los niveles ulteriores hasta incluir el pensamiento científico" (Piaget 1976 p. 6).

Con esta original aportación piagetiana un esquema simple de relaciones entre epistemología y aprendizaje científico se hace circular (Fig. 1), la epistemología concierne al aprendizaje y está concernida por él. Otros elementos del pensamiento de Piaget, como su visión constructivista del aprendizaje y su valoración del análisis crítico de la historia de la ciencia en calidad de guía adecuada para orientar su didáctica. Piaget et al. (1981), no han hecho más que contribuir a esa relación de cierre.

Posteriormente, el desplazamiento experimentado en la psicología del pensamiento, de la forma al contenido, de la sintaxis a la semántica o de los procesos de razonamiento a la representación (Pozo 1987), ha ejercido, sin duda, una influencia decisiva en la investigación sobre la enseñanza/aprendizaje de las ciencias. Es así como puede explicarse el interés, creciente desde la pasada década, por los aspectos específicos de la generación del conocimiento científico de los alumnos y la preocupación por las preconcepciones, los marcos alternativos o la "ciencia de los niños" (Serrano Gisbert 1987) que se incorpora a una perspectiva constructivista del aprendizaje científico, según la cual dicho aprendizaje es considerado como un proceso de desarrollo y transformación conceptual.

La acumulación de evidencia empírica, mediante la detención de preconcepciones (Driver et al. 1983), se ha resuelto en la articulación de una perspectiva teórica explícitamente definida, que no sólo permite explicar la evidencia acumulada, sino que se convierte, además, en una guía orientadora tanto de la investigación como de la enseñanza. Se trata de la llamada "teoría del cambio conceptual" (Posner et al. 1982). El modelo de cambio conceptual propuesto por Posner et al. sitúa explícitamente sus bases epistemológicas en las ideas de Thomas Kuhn (1962) sobre las revoluciones científicas, en algunas nociones extraídas de la filosofía de Stephen Toulmin (1972) sobre la evolución de los conceptos y en el falsacionismo metodológico de Lakatos y su metodología de los programas de investigación científica (1976). A modo de ejemplo puntual, la observada estabilidad de los marcos alternativos y la relativa lentitud del cambio conceptual recuerda indiscutiblemente la siguiente idea de Lakatos:

"... "La metodología de los programas de investigación científica no ofrece una racionalidad instantánea. Hay que tratar con benevolencia los programas en desarrollo; pueden transcurrir décadas antes de que los programas despeguen del suelo y se hagan empíricamente progresivos". (Lakatos 1983 p. 16).

A la hora de proponer estrategias para promover el cambio conceptual algunos autores han recurrido igualmente al falsacionismo metodológico en busca de orientación. Junto a la idea de que no son los hechos los que falsan una teoría sino la aparición de otra teoría mejor, Lakatos ha expuesto con toda claridad en qué condiciones una teoría es falsada por otra:

"Para el falsacionista sofisticado una teoría científica T queda falsada si y sólo si otra teoría T' ha sido propues-

ta y tiene las siguientes características: 1) T' tiene un exceso de contenido empírico con relación a T, esto es, predice hechos nuevos improbables o incluso excluidos por T; 2) T' explica el éxito previo de T, esto es, todo el contenido no refutado de T está incluido (dentro de los límites del error observacional) en el contenido de T; 3) una parte del exceso de contenido de T' resulta corroborado" (Lakatos 1983 p. 46).

Ello ha permitido, en el ámbito de la educación científica, diseñar secuencias de acciones que estimulen conflictos cognitivos entre concepciones rivales, tratando los marcos conceptuales de los alumnos de una forma semejante a como Lakatos "trata" sus teorías T y T' (Pozo 1987, López Rupérez 1988).

En esta línea de progresiva influencia, o inspiración, se ha extremado aún más el paralelismo entre epistemología y reflexión sobre el aprendizaje científico, postulándose un cambio metodológico además de conceptual como fundamento de una educación científica efectiva (Gil Pérez 1986):

"... No debe olvidarse que las concepciones aristotélicas/escolásticas sólo pudieron ser desplazadas —después de siglos de vigencia— gracias a un *cambio metodológico* nada fácil, que vino a superar la seguridad en las evidencias de sentido común, introduciendo una forma de pensamiento a la vez más creativa y rigurosa; ... Cabe esperar, pues, que igual ocurra con los alumnos: sólo si son puestos reiteradamente en situación de aplicar la nueva metodología... podrán llegar a superar la "metodología de la superficialidad" haciendo posible los profundos cambios conceptuales que la adquisición de los conocimientos científicos exige... El nuevo modelo didáctico debería, pues, enfocar el aprendizaje, no sólo como cambio conceptual, sino como *cambio conceptual y metodológico*." (Gil Pérez 1986 p. 115)

La conexión entre la reflexión sobre la construcción de la ciencia y la reflexión sobre su aprendizaje —que supone en mayor o menor medida una reconstrucción de la actividad intelectual del científico— justifica, pues, por su propia naturaleza, la vertiente epistemológica de la relación entre didáctica y filosofía de la ciencia. Sin embargo nos interesa ahora profundizar en algunos aspectos de la vertiente pragmática de esa misma relación.

LA EXPLOTACIÓN DE LA EPISTEMOLOGÍA POR LA DIDÁCTICA

Althusser (1985) hace un análisis de las relaciones entre las ciencias humanas y la filosofía que resulta apropiada para nuestro propósito de abordar el problema de la utilización de la epistemología por la didáctica. Este filósofo francés señala que, a diferencia de las ciencias exactas en cuya construcción todo ocurre sin la intervención visible de la filosofía, en las ciencias humanas se utilizan categorías filosóficas sometiéndolas a sus objetivos. No es por tanto el plano de la validez o de la oportunidad de la crítica filosófica el

que se discute, sino el del consumo de filosofía con fines de utilidad. Se trata, según Althusser, de una *explotación* por parte de las ciencias humanas de ciertas categorías filosóficas o de ciertas filosofías que son utilizadas por aquéllas como sustituto de la base teórica que les falta.

La didáctica de las ciencias ocupa un lugar de excepción entre las ciencias humanas. Junto a su preocupación por los procesos de enseñanza/aprendizaje en un contexto escolar está, sin duda, influenciada por el tipo de disciplinas que profesa y, consiguientemente, por la formación y procedencia científicas de sus practicantes (Gutiérrez 1987). No es casualidad que su comunidad científica a nivel internacional sea la más activa, dentro del ámbito de las diferentes didácticas, ni que los trabajos de investigación que se presentan en las revistas especializadas se asemejen tanto, en cuanto a forma y estilo expositivo, a los de las disciplinas correspondientes. Existe de hecho una *trasposición* de la ciencia a su didáctica que trasciende las diferencias de objeto y de técnicas particulares entre ambas disciplinas.

Frente a una tal impregnación del "estilo científico", la didáctica de las ciencias comparte algunos problemas de métodos, de fundamentación y de estructura comunes a otras ciencias humanas, entre los que es posible destacar los siguientes:

a) Carece de una teoría instrumental o interpretativa razonablemente sólida que sea firme garante de los "hechos observados" y aportados a la construcción, a la justificación, a la falsación, o a la operación que convenga —según el papel que se asigne a aquéllos en el marco metodológico correspondiente— con relación a las teorías de orden superior. Tal situación recuerda la objeción hecha por el padre Clavius a las observaciones astronómicas de Galileo en el sentido de no disponer de ninguna prueba de que lo observado por Galileo en su telescopio existiera fuera de él (Drake 1980). Volviendo al terreno de la didáctica, las duras críticas mutuas vertidas en la literatura por los partidarios de la investigación cualitativa y los partidarios de la cuantitativa (Smith 1983, Rist 1982, Campbell et al 1963) han servido para poner al descubierto este factor de "debilidad" de la didáctica como disciplina científica. En el mismo sentido pueden ser consideradas las críticas de Stewart (1979) a los resultados de los tests de asociación de palabras empleados ampliamente por Shavelson (1972) y por otros investigadores como herramienta para la elucidación de la estructura conceptual del sujeto.

b) Por tratarse de una disciplina que concierne a la dimensión superior del ser humano, en su construcción se dejan sentir, con mayor intensidad que en las ciencias de la naturaleza, los efectos de los compromisos metafísicos, de los diferentes modelos de hombre y, en general, de lo que precisamente en la teoría de Posner et al. se describe bajo el nombre de *ecología conceptual* (Posner et al. 1982).

c) Debido en parte a su juventud, predomina en ella la elaboración de modelos parciales que se resuelven, en

el mejor de los casos, en diseños de instrucción definidos (Helle et al. 1984) más que en teorías bien articuladas que los engloben. Tales ausencias son obviadas, frecuentemente, utilizando el término *teoría* en un sentido blando, esto es, con un significado de *perspectiva teórica* (Jiménez Aleixandre 1987).

En una situación como la descrita, no es de extrañar que se recurra a alguna forma de conocimiento superior que sirva de fundamento y de guía teórica, siendo, sin duda, la filosofía de la ciencia una de las opciones preferidas; desde este punto de vista pragmático la epistemología sería a la didáctica de las ciencias lo que las filosofías son a las ciencias humanas en general, según la tesis de Althusser.

No obstante, un análisis histórico-crítico comparativo entre la ciencia y su filosofía pone de manifiesto diferencias importantes entre las secuencias de evolución de ambas disciplinas que puede alertarnos respecto de las posibles consecuencias de un consumo indiscriminado de epistemología por la didáctica. En un orden de ideas análogo, el propio Althusser puntualiza:

“En la historia de las ciencias vemos desarrollarse constantemente un doble proceso: el proceso de eliminación pura y simple de errores (que desaparecen totalmente) y el proceso de reinserción de los conocimientos y elementos teóricos anteriores en el contexto de los nuevos conocimientos adquiridos y de las nuevas teorías contruidas. En suma, una doble “dialéctica” de eliminación total de los “errores” y de integración de los anteriores resultados que, aunque transformados, siguen siendo válidos en el sistema teórico originado por los nuevos hallazgos. La historia de la filosofía “procede” de muy distinta manera: mediante una lucha por el dominio de las nuevas modalidades filosóficas sobre las anteriores, que a su vez eran antes dominantes... Pero la paradoja está en que esa lucha solamente conduce a la sustitución de una dominación por otra y no a la eliminación pura y simple de una formación pasada... es decir, del adversario. El adversario nunca es totalmente vencido, nunca es, por consiguiente, totalmente eliminado, totalmente borrado de la existencia histórica... subsiste como formación filosófica dominada dispuesta naturalmente a resurgir por poco que la coyuntura se lo permita y se lo indique (Althusser 1985 p. 85).

La evolución de la filosofía de la ciencia no se aleja en demasía de esta especie de retrato-robot descrito por Althusser para la filosofía en general. Un mismo acontecimiento científico, como la revolución copernicana o el establecimiento de la teoría newtoniana de la gravitación, ha sido interpretado de forma diferente por corrientes epistemológicas sucesivamente dominantes (Lakatos 1983). Tales corrientes han encontrado en sus análisis particulares de la historia de la ciencia puntos de apoyo relevantes aparentemente indiscutibles, y es que “cada historiografía tiene sus paradigmas victoriosos característicos” (Lakatos 1983).

Descendiendo al ámbito de la didáctica de las ciencias, un análisis histórico indica que, con frecuencia, se

explotaron orientaciones epistemológicas que posteriormente fueron desplazadas por otras dominantes. Tal circunstancia ha afectado a la didáctica, que ha padecido, en tales casos, los efectos de ese modo de evolución característico de la filosofía, lo cual se ha traducido en un escaso progreso de la disciplina, cuando no en un considerable retraso. Así, por ejemplo, la crisis del movimiento de reforma curricular (Gutiérrez 1987) no es independiente del fracaso de la aplicación de una epistemología empiricista, descrito por diferentes autores (Strike et al. 1985, Hodson 1985) que tuvo su incidencia en la sensación de crisis vivida dentro de la educación científica como disciplina a finales de los setenta (Yager et al. 1982).

Por otra parte autores tan destacados como Novak (1985) han identificado un rebrote de la dada ya por muerta epistemología empiricista (Popper 1982), en la floreciente “ciencia cognitiva”, lo que de ser cierto haría también buenos la descripción y el pronóstico contenidos en el análisis de Althusser.

Del estudio comparado entre la historia de la ciencia y la historia de su filosofía, parece, pues, desprenderse la superioridad del mecanismo de evolución de la primera frente al de la segunda, mecanismo que en el caso de la ciencia es, a fin de cuentas, responsable del incuestionable progreso científico. Desde esta perspectiva resulta entonces razonable que la explotación, probablemente ineludible, de la epistemología por la didáctica se efectúe empleando un criterio de selección que tome en consideración, de alguna forma, la idea de progreso interno.

EL CARÁCTER PROGRESIVO DE LOS PROGRAMAS DE INVESTIGACIÓN EN DIDÁCTICA COMO CRITERIO DE CIENTIFICIDAD

El modo de desarrollo de la didáctica de la ciencia como disciplina científica no es independiente del problema de su científicidad. Con cierta frecuencia sus bases teóricas se ven desplazadas por otras nuevas y, como si se tratara de un proceso en cadena, proliferan las críticas —a veces fundamentadas tan sólo superficialmente— con respecto al antiguo paradigma que es progresivamente abandonado como totalmente insertible. La repercusión de este modo de evolución en la práctica escolar se produce a través de los movimientos de reforma, los cuales, como ha señalado Hodson (1985), tienden a su vez a hacer caso omiso de énfasis anteriores en busca de su orientación particular.

Este modo de hacer se aleja de los criterios de racionalidad postulados por la moderna filosofía de la ciencia para las ciencias empíricas y, en la misma medida, afecta a la valoración de la disciplina por parte de los propios científicos. De acuerdo con Lakatos el carácter progresivo de las teorías está íntimamente relacionado con el criterio de demarcación, o reglas de aceptación de una teoría como científica, y con la propia explicación de la racionalidad. Un hecho dado —afirma Laka-

to— se explica científicamente sólo cuando otro hecho nuevo queda explicado además del primero. En el ámbito de las teorías, el carácter científico o no científico se atribuye a una serie de teorías y no a una teoría aislada; aplicar el término “científica” a una teoría única equivale, según Lakatos, a equivocarse las categorías.

“Durante mucho tiempo el requisito empírico de una teoría satisfactoria era la correspondencia de los hechos observados. Nuestro requisito empírico, para una serie de teorías, es que produzca nuevos hechos. *La idea de crecimiento y la noción de carácter empírico quedan soldadas en una*” (Lakatos 1983 p. 50).

“En el seno de un programa de investigación una teoría sólo puede ser desplazada por otra teoría mejor, esto es, por una que tenga un exceso de contenido empírico con relación a sus predecesores, parte del cual resulta posteriormente confirmado... Por tanto el progreso se caracteriza por incidencias verificadoras de un exceso de contenido en lugar de incidencias refutadoras... Una teoría rival que actúa como catalizador externo, según la falsación popperiana de las teorías, aquí se convierte en un factor interno. En la reconstrucción de Popper (y en la de Feyerabend), tal teoría, tras la falsación de la teoría que se contrasta, puede ser eliminada de la reconstrucción racional; según mi reconstrucción debe permanecer en la historia interna porque de otro modo la falsación queda anulada” (Lakatos 1983, p. 147).

En la reconstrucción racional de la ciencia, en la versión de Lakatos, subyace, pues, la idea simple de identificar ciencia y progreso proporcionado una explicación plausible del avance característico de las ciencias experimentales. La posibilidad de transportar este marco de análisis al ámbito de la didáctica de las ciencias se beneficia de las ventajas de disponer de un modelo epistemológico explícito, algunas de las cuales han sido descritas por Doran (1978), pero además resulta interesante por otras razones, entre las que destacamos las siguientes:

a) La aceptación de los criterios de racionalidad atribuidos a las ciencias empíricas puede contribuir a reducir la “incómoda” diferencia de estatus epistemológico entre la ciencia y su didáctica.

b) Debido a la juventud de la didáctica de las ciencias, en tanto que disciplina científica, la explotación de esta particular base epistemológica, característica de la ciencia madura, puede servir para orientarla, con una mayor eficacia, hacia su consolidación como tal.

Recientemente Gilbert y Swift (Gilbert et al. 1985) han efectuado un análisis lakatosiano de la “escuela de Piaget” y de lo que ellos denominan “movimiento de las concepciones alternativas”, el cual puede, de hecho, extenderse a la perspectiva constructivista del aprendizaje científico que lo engloba (Driver 1988).

Según la metodología de los programas de investigación científica de Lakatos un programa de investigación consta, esencialmente, de un *centro firme*, constituido por el núcleo esencial de la teoría, que incluye sus

supuestos fundamentales, considerados irrefutables; un *cinturón protector* formado por un conjunto de hipótesis auxiliares, compatibles con el centro firme, que son susceptibles de cambio y de refutación, protegiendo, de este modo, el centro firme; y *dos heurísticas*, o conjuntos de reglas metodológicas, cuya función es indicar qué rutas de investigación deben ser seguidas (heurística positiva) o evitadas (heurística negativa). *La heurística positiva* se dirige al cinturón protector y permite modificarlo, refutarlo y desarrollarlo; *la heurística negativa* impide la refutación del centro firme desviando la voluntad contrastadora de los científicos que trabajan en el programa hacia el cinturón protector, el cual puede ser ajustado, reajustado o completamente sustituido.

En el análisis de Gilbert y Swift se identifican como componentes del centro firme de la “escuela de Piaget” la noción de equilibración y la idea de que el desarrollo psicológico tiene lugar a través de una serie de estadios cualitativamente diferentes que se suceden en un orden fijo. Como cinturón protector consideran la operacionalización del centro firme mediante la teoría de los estadios; la descripción de las etapas con sus intervalos de edad y demás detalles constituyen, en su conjunto, la variante refutable del programa. Dicho cinturón es capaz de digerir las anomalías postulando, mediante la heurística positiva, modificaciones protectoras del centro firme tales como la hipótesis del quinto estadio, por ejemplo.

Por su parte, para el “movimiento de las concepciones alternativas” identifican como componentes del centro firme los siguientes supuestos:

- El mundo es real.
- Todas las observaciones están cargadas de teoría.
- Los sujetos usan hipótesis explicativas personalmente atrayentes para enfrentarse con los acontecimientos de su entorno.
- El sujeto contrasta estas hipótesis en interacción con la realidad que constituye, a su vez, una guía respecto de la adecuación de tales hipótesis contrastables.
- Cuando, tras la prueba, las hipótesis son consideradas inadecuadas, o bien las hipótesis o los criterios de la prueba, que sirvieron para juzgarla, son modificados o reemplazados.

En cuanto al cinturón protector consideran los citados autores que, debido al estado actual de desarrollo incipiente del programa, sus predicciones son comparativamente vagas y generales, por lo que sus anomalías son también escasas.

Entre los diferentes argumentos que se emplean para justificar el carácter regresivo del programa de la “escuela de Piaget” destacamos los siguientes:

- La exigencia de una secuencia invariante de etapas del desarrollo intelectual es problemática.
- Las diferencias observadas entre la competencia del sujeto, presumible de acuerdo con su nivel de desarrollo cognitivo, y su actuación en circunstancias diversas no es explicable satisfactoriamente.

— El trabajo dentro del programa no demuestra progresos teóricos, no predice hechos nuevos, no da lugar, en fin, a un cambio progresivo de problemática.

Respecto del movimiento de las concepciones alternativas los autores resumen su postura en los siguientes términos:

“La posición del movimiento de las concepciones alternativas en el continuo progresivo-regresivo de Lakatos no es aún clara, no obstante, disponemos de indicios que demostrarán su carácter progresivo” (p. 694).

Quizás como consecuencia de su conocido compromiso con el “movimiento de las concepciones alternativas” (Gilbert et al. 1980, 1982a,b, 1985a) en el referido trabajo, los autores no muestran demasiado interés en llevar su análisis lakatosiano hasta sus últimas consecuencias. Que la “escuela de Piaget” pueda considerarse en la actualidad como un paradigma regresivo frente al “movimiento de las concepciones alternativas”, el cual, aun cuando joven, tiene visos de progresividad, es algo que es sugerido no sólo por un análisis lakatosiano como el que ellos efectúan, sino también por consideraciones que tienen que ver con la sociología de la ciencia. Desde esta perspectiva puede interpretarse, por ejemplo, la declaración de Marcia C. Linn, destacada investigadora ampliamente conocida por su compromiso con la “escuela de Piaget”; en un reciente artículo (Linn 1987) — que resume las orientaciones para la educación científica derivadas de una conferencia que reunió en la Universidad de California a matemáticos, científicos, científicos cognitivos y especialistas en educación científica— Linn admite la existencia de un consenso creciente sobre la perspectiva constructivista del aprendizaje científico, alineándose decididamente con el “movimiento de las concepciones alternativas”.

Ante esta situación surge inmediatamente la cuestión razonable del valor de las investigaciones efectuadas en el marco de la “escuela de Piaget”. Estudios sistemáticos, rigurosos en sus procedimientos, efectuados con reconocida honestidad científica, han puesto de manifiesto una evidencia empírica internamente consistente y, a su vez, coherente con las grandes líneas del paradigma Piagetiano que les sirvió de teoría de referencia (Lawson 1985, Shayer et al. 1984, López Rupérez et al. 1988). La respuesta trivial, a la que parecen apuntarse no sin cierto sigilo Gilbert y Swift, pasa por desconfiar de los instrumentos desarrollados a los que les hace “susceptibles de muchas, sino de todas, las críticas de los tests de inteligencia” (Gilbert et al. 1985).

Tal opción nos aproxima de nuevo al viejo problema de las teorías interpretativas, que pretendió restar toda justificación filosófica a las observaciones astronómicas de Galileo. Pero, precisamente por ello, puede alcanzar, de un modo similar, a los métodos observacionales responsables de suministrar los datos en los que se apoya el “movimiento de las concepciones alternativas”. Llegados a este punto no nos queda más remedio que tomar en ambos casos como garantes “los juicios básicos de valor de la élite científica”, la cual, con el uso frecuente de tales metodologías ha sancionado su validez. Criticando las críticas de los aristoté-

licos a las observaciones de Galileo, Drake (1980) hace una reflexión, no exenta de ironía, que en este contexto merece la pena traer a colación:

“... Lo que si podría haber ocurrido es que no tuviéramos ciencia alguna, sino únicamente filosofía; bien mirado esto hubiera sido una bendición, puesto que entonces estaríamos libres de toda duda” (p. 76).

Una postura que puede ir asociada a tal tipo de análisis consiste en ignorar los resultados anteriores, hacer “tábula rasa” de los “hallazgos” obtenidos en el viejo paradigma e incorporarse activamente y sin reservas al nuevo. Tal planteamiento aproximaría el modo de evolución de la didáctica de la ciencia al de la filosofía y lo alejaría de los criterios de racionalidad científica que inspiran precisamente, aunque a nivel interno, el nuevo paradigma; frente a esta orientación sugerimos una superación de la “escuela de Piaget” como marco teórico al que referir las investigaciones sobre la enseñanza/aprendizaje de las ciencias, pero de corte lakatosiano.

Se podría argumentar que, de acuerdo con las anteriores citas, la idea de progresividad en Lakatos hace referencia a teorías rivales dentro de un mismo programa de investigación, en tanto que la “escuela de Piaget” y el “movimiento de las concepciones alternativas” constituyen programas de investigación en competencia; tal parece ser la consideración otorgada a ambas por Gilbert y Swift. Al margen de que, en nuestra opinión, la determinación del centro firme efectuada por tales investigadores tiene un punto de arbitrariedad —que se manifiesta, por ejemplo, en el hecho de que alguno de los elementos del núcleo que corresponde al movimiento de las concepciones alternativas podrían ser atribuidos igualmente a la “escuela de Piaget”— el que tales movimientos sean en sí mismos programas rivales más que teorías de un mismo programa es una cuestión cuya respuesta requiere tiempo. La característica genérica de un programa de investigación es la continuidad de una serie de teorías que definen una problemática que cambia de forma progresiva, es decir, anticipando hechos nuevos. Es preciso, pues, observar la evolución futura de ambos movimientos para poder efectuar, con más perspectiva histórica, una distinción de esta naturaleza. No obstante, y aun aceptando que puedan ser tratados como programas rivales, la condición de progresividad, de acuerdo con el pensamiento de Lakatos, puede ser invocada para programas de investigación en conflicto del mismo modo que para teorías rivales pertenecientes a un programa dado.

“La idea de programa de investigación científica en competencia nos conduce a este problema: ¿Cómo son eliminados los programas de investigación? ... ¿Puede existir alguna razón objetiva para rechazar un programa...?. En resumen, nuestra postura es que tal razón objetiva la suministra un programa de investigación rival que explica el éxito previo de su rival y le supera mediante un despliegue adicional de poder heurístico” (Lakatos 1983 p. 93).

Aun cuando haya podido alcanzar ya su cuota máxima de crecimiento heurístico, la “escuela de Piaget” no

sólo ha ofrecido un marco teórico con alto poder explicativo y predictivo, sino que ha influido desde un punto de vista conceptual, metodológico y terminológico en movimientos posteriores. Baste recordar, a modo de ejemplo, el papel de las entrevistas clínicas Piagetianas en el desarrollo de los métodos cualitativos o la adopción, si bien con su significado propio, de los términos *asimilación* y *acomodación* en la teoría de Posner et al. (1982) del cambio conceptual. Aceptando el criterio de científicidad de Lakatos puede, entonces, afirmarse que una teoría científica del aprendizaje de la ciencia debe ser capaz de explicar, al menos, lo esencial de los resultados obtenidos (salvo errores observacionales) por la "escuela de Piaget".

De acuerdo con todo lo anterior, la filosofía de la ciencia de Lakatos se puede convertir en un adecuado instrumento epistemológico de predicción/prescripción respecto de la evolución de la didáctica de las ciencias como disciplina científica que ilumine el camino a recorrer por el investigador en particular y por la comunidad científica en general. El "movimiento de las concepciones alternativas" es un paradigma joven potencialmente progresivo que puede consolidarse como algo más que una perspectiva teórica; pero cabe esperar, no obstante, que el carácter crecientemente científico de la didáctica le hará perder su relativa independencia inicial para incorporarse a un marco teórico más amplio que contenga, en cierta medida, al anterior, esto es, que suministre "el mayor incremento de contenido corroborado".

Por otra parte, el carácter complementario, en un sentido muy general, de ambos enfoques (forma/contenido o sintaxis/semántica) (Pozo 1987), junto con el reconocimiento por otra parte de los máximos exponentes del nuevo movimiento, de su carácter parcial (Jiménez Aleixandre 1987) parecen reafirmar las perspectivas de futuro —desde luego no inmediato— avanzadas por nuestro anterior análisis lakatosiano.

ALGUNAS CONCLUSIONES

El hecho de que la epistemología mantenga relaciones de diversa naturaleza con la ciencia y su didáctica abre la posibilidad de efectuar un análisis de tales relacio-

nes, de corte epistemológico, de segundo orden. El presente trabajo sugiere que la utilización de la epistemología por la didáctica de las ciencias debería efectuarse sobre la base de un criterio de selección que tome en consideración el carácter progresivo que presenta la evolución de la ciencia madura. Por otra parte, éste sería un procedimiento plausible de consolidación del estatus científico de aquélla. La filosofía de la ciencia de Lakatos, al estar asentada sobre este tipo de fundamentos, constituye un marco epistemológico de referencia coherente con dicho criterio de selección.

De nuestro anterior análisis lakatosiano de la "escuela de Piaget" y del "movimiento de las concepciones alternativas" se derivan algunas conclusiones orientadoras del futuro de la investigación. La necesidad de efectuar importantes esfuerzos tanto de carácter empírico como de reflexión teórica y metateórica respecto de ambos paradigmas, dirigidos hacia la construcción de un marco más amplio, es un hecho. Tales esfuerzos podrían suponer, o bien una transformación progresiva del nuevo paradigma hasta incorporar en su justa medida los resultados no refutados del antiguo, o bien una transformación progresiva de ambos que se resuelva en un nuevo y único programa de investigación. Algunas líneas parciales de acción podrían ser las siguientes:

- a) Procurar el avance del nuevo paradigma efectuando predicciones susceptibles de contrastación empírica y no sólo explicaciones "post facto" de los comportamientos de los alumnos.
- b) Identificar qué aspectos de la "escuela de Piaget" relevantes a una teoría del aprendizaje científico han sido seriamente refutados y cuáles no.
- c) Intentar proporcionar desde el "movimiento de las concepciones alternativas", una explicación a los aspectos insuficientemente refutados de la "escuela de Piaget".
- d) Confrontar empíricamente ambos paradigmas en un sentido amplio.

"Este es el camino de la investigación programática. Los fenómenos observados hace tiempo adquieren un nuevo aspecto cuando se les mira desde una perspectiva teórica fresca y se les relaciona con otros fenómenos con los que no se les unió en un principio" (Witkin et al. 1985 p. 26).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTHUSSER, L., 1974. *Philosophie et philosophie spontanée des savants*. (Librairie François Maspéro, Paris). (Trad. cast. *Curso de filosofía para científicos*. Planeta-Agostini: Barcelona. 1985).

BACHELARD, G., 1938. *La formation de l'esprit scientifique*. (Librairie philosophique J. Vrin: Paris). (Trad. cast. *La formación del espíritu científico*. Siglo XXI: México. 1987).

BLANCHE, R., 1972. *L'épistémologie*. (P.U.F.: Paris).

CAMPBELL, D. y STANLEY, J., 1963. *Experimental and quasi experimental designs for research*. (Rang Mc. Nally: Chicago). (Trad. cast. *Diseños experimentales y cuasi experimentales en la investigación social*. Amorrortu: Buenos Aires. 1973).

CAWTHON, L.R. y ROWELL, J.A., 1978. *Epistemology*

- and Science Education, *Studies in Science Education*, 5, pp. 31-59.
- CHEVALLARD, Y., 1985. *La transposition didactique*. (La pensée Sauvage: Grenoble).
- DORAN, R.L., 1978. Models for science education research, *Journal of Research in Science Teaching*, 15(5), pp. 423-431.
- DRAKE, S., 1980. *Galileo*. (Oxford University Press: Oxford). (Trad. cast. *Galileo*. Alianza Editorial: Madrid, 1986).
- DRIVER, R. y ERICKSON, G., 1983. Theories in Action: some theoretical and Empirical Issues in the Study of Student's Conceptual Frameworks in Science, *Studies in Science Education*, 10, pp. 37-60.
- DRIVER, R. GUESNE, E. y TIBERGHIE, A. (eds.), 1985. *Children's Ideas in Science*. (Open University Press: Philadelphia).
- DRIVER, R., 1988. Un enfoque constructivista para el desarrollo del curriculum en Ciencias, *Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), pp. 109-120.
- GILBERT, J.K., OSBORNE, R.J. y FENSHAM, P.J., 1980. I understand but I don't get it: some problems of learning science. *School Science Review*, 61, pp. 64-73.
- GILBERT, J.K., OSBORNE, R.J. y FENSHAM, P.J., 1982. Children's Science and its consequences for teaching, *Science Education*, 66, pp. 623-633.
- GILBERT, J.K., WATTS, D.M. y OSBORNE, R.J., 1982b. Student conception of ideas in mechanics, *Physics Education*, 17, pp. 62-66.
- GILBERT, J.K., WATTS, P.M. y OSBORNE, R.J., 1985. Eliciting student views using interview-about-instances technique, *Cognitive Structure and Conceptual Change*, 2-27, West L.H.T. y León, A. (eds.). (Academic Press: New York).
- GILBERT, J.K. y SWIFT, D.J., 1985. Towards a Lakatosian Analysis of the Piagetian and Alternative Conception Research Programs, *Science Education*, 69(5), pp. 681-696.
- GIL PÉREZ, D., 1986. La metodología científica y la enseñanza de las ciencias: unas relaciones controvertidas, *Enseñanza de las Ciencias*, 4(2), pp. 111-121.
- GUTIÉRREZ, R., 1987. La investigación en didáctica de las ciencias: elementos para su comprensión, *Bordón*, 268, pp. 339-362.
- HELLER, J.I. y REIF, F., 1984. Prescribing Effective Human Problem Solving Processes: Problem Description in Physics, *Cognition and Instruction*, 1(2), pp. 177-216.
- HODSON, D., 1985. Philosophy of Science, Science and Science Education, *Studies in Science Education*, 12, pp. 25-67.
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, 1987. Entrevista a Rosalind Driver, *Cuadernos de Pedagogía*, 155, pp. 31-35.
- KUHN, T.S., 1962. *The Structure of Scientific revolutions*. (University of Chicago Press: Chicago). (Trad. cast. *La estructura de las revoluciones científicas*. Fondo de cultura económica: México, 1975).
- LAKATOS, I., 1976. *The methodology of scientific research programmes philosophical papers. Vol I*, (eds. J. Worall y G. Gurrie, Cambridge University Press: Cambridge). (Trad. cast. *La metodología de los programas de investigación científica* Alianza editorial: Madrid, 1983).
- LAWSON, A.E., 1985. A Review of Research on formal Reasoning and Science Teaching, *Journal of Research in Science Teaching*, 22(7), pp. 569-617.
- LINN, M.C., 1987. Establishing a research base for Science education: Challenges Trends and Recommendations, *Journal of Research in Science Teaching*, 24(3), pp. 191-216.
- LÓPEZ RUPÉREZ, F., 1985. Educación científica y enseñanza de las ciencias, *Mundo Científico (La Recherche)*, 5(50), pp. 915-916.
- LÓPEZ RUPÉREZ, F. y PALACIOS GÓMEZ, C., 1988. *La exigencia cognitiva en Física Básica. Un análisis empírico*. (Ministerio de Educación y Ciencia: Madrid).
- LÓPEZ RUPÉREZ, F., 1988. *Bases para el diseño de módulos EAO en Física*. Centro Anaya de Investigación. Documento Interno.
- McDERMOTT, L.C., 1984. An overview of research on conceptual understanding in mechanics, *Physics Today*, 37, pp. 7-24.
- NOVAK, J.D., 1985. Metalearning and metaknowledge Strategies to help student learn how to learn, *Cognitive Structure and Conceptual Change*, West, L.H.Y. y León, A. (eds.), 189-207. (Academic Press: New York).
- PIAGET, J., 1959. *Apprentissage et connaissance*, P. Greco y J. Piaget (eds.); *Apprentissage et connaissance*. (P.U.F.: París).
- PIAGET, J., 1979. *L'épistémologie génétique*. (P.U.F. París).
- PIAGET, J. y GARCÍA, R., 1981. *Psychogenese et et histoire des Sciences*. (P.U.F. París). (Trad. cast. *Psicogénesis e historia de la ciencia*. Siglo XXI: México, 1982).
- POPPER, K., 1982. *Unended quest: An intellectual autobiography*. (Open Court: London).
- POSNER, G.J., STRIKE, K.A., HEWSON, P.W. y GERTZOG, A., 1982. Accommodation of a Scientific conception: Toward a Theory of conceptual change, *Science Education*, 66(2), pp. 211-277.
- POZO, J.I., 1987. *Aprendizaje de la ciencia y pensamiento causal*. (Visor: Madrid).
- RIST, R.C., 1982. On the application of ethnographic inquiry to education: procedures and possibilities, *Journal of Research in Science Teaching*, 19(6), pp. 439-450.
- ROGER, S.P.J., 1982. Epistemology and History in the Teaching of School Science, *European Journal in Science Education*, 4(1), pp. 1-10.
- SERRANO GISBERT, T., 1987. Los marcos alternativos de los alumnos: un nuevo enfoque de la investigación sobre el aprendizaje de las ciencias, *Bordón*, 268, pp. 363-386.
- SHAVELSON, R.J., 1972. Some aspects of the correspondence between content structure and cognitive structure in Physics instruction, *Journal of Education Psychology*, 63(3), pp. 225-234.
- SHAYER, M. y ADEY, P., 1981. *Towards a Science of Science Teaching*. (Heinemann educational Books: Londres). Trad. cast. *La ciencia de enseñar ciencias*. Narcea: Madrid, 1984).

- SMITH, M.L., 1982. Benefits of Naturalistic Methods in Research in Science Education, *Journal of Research in Science Teaching*, 19(8), pp. 627-638.
- STEWART, J., 1979. Content and cognitive structure: Critique of Assessment and Representation techniques used by Science education Researchers, *Science Education*, 63(3), pp. 395-405.
- STRIKE, K.A. y POSNER, G.J., 1985. A conceptual change view of learning and understanding, *Cognitive Structure and Conceptual Change*, West, L.H.T. y León A. (eds.), pp. 211-230. (Academic Press: New York).
- TERHART, E., 1988. Philosophy of Science and School Science Teaching, *International Journal in Science Education*, 10(1), pp. 11-16.
- TOULMIN, S., 1972. *Human understanding Vol I. The collective usage and evolution of concepts* (Princeton University Press: Princeton). (Trad. cast. *La comprensión humana, I. El uso colectivo y la evolución de los conceptos*. Alianza Editorial: Madrid, 1977).
- WITKIN, H.A. y GOODENOUGH, D.R., 1981. *Cognitive Styles: Essence and Origins*. (International Universities Press: New York) Trad. cast. *Estilos cognitivos. Naturaleza y orígenes*. Pirámide: Madrid, 1985).
- YAGER, R.E., BYBEE, R., GALLAGHER, J.J. y RENNER, J.W., 1982. An analysis of the current crisis in the discipline of Science Education, *Journal of Research in Science Teaching*, 19(5), pp. 377-395.