

Los estudios sobre el cambio conceptual y las aportaciones de la Psicología del Aprendizaje*

Juan José Aparicio
María Rodríguez Moneo

Los estudios sobre el cambio conceptual se originan y han recibido una considerable influencia de estudios procedentes de tres campos de conocimiento: a) el de la Filosofía de la Ciencia; b) el de algunas teorías evolutivas, especialmente de la de Piaget; y c) el de la Didáctica de la Ciencia. La cuestión es que el modo de abordar la problemática vinculada al tema y las soluciones que se requieren en cada caso, aunque lejanamente similares, son diferentes. En consecuencia, se proporcionan análisis claramente dispares, en muchas ocasiones incompletos y probablemente erróneos, lo que desemboca en algunos callejones sin salida, difíciles de superar.

Además, ocurre con alguna frecuencia que, debido a que el estudio del fenómeno del cambio conceptual se origina en estos tres campos de conocimiento y no en la Psicología del Aprendizaje propiamente dicha, en las investigaciones sobre esta materia se tienden a ignorar, o se incorporan difusamente, los hallazgos procedentes de la Psicología

Las limitaciones e insuficiencias que presentan los modelos del cambio conceptual podrían eliminarse, o al menos reducirse, si se incorporaran a estos modelos algunas de las aportaciones procedentes de la psicología del aprendizaje.

* Este trabajo forma parte del Proyecto BSO2000-0308 financiado por la DGICYT.

Cognitiva del Aprendizaje. A esta situación contribuye la irrupción en el tema del constructivismo que, como es sabido, en alguna de sus versiones más atrevidas rechaza los hallazgos procedentes de la Psicología y en particular de todos aquellos hallazgos que pueden considerarse como cognitivos. Frente a ello, cada vez se consolida más la idea de que una buena estrategia para progresar en este terreno podría ser la de tratar de incorporar de un modo decidido lo que se sabe en la Psicología acerca del aprendizaje, con un especial énfasis en todo lo relacionado con el aprendizaje de conceptos.

Con objeto de poder avanzar en esta propuesta haremos, en primer lugar, un breve examen de cómo el tema del cambio conceptual, al recibir la influencia de estos tres campos, hereda ciertas insuficiencias y limitaciones, algunas de ellas ciertamente notorias. En segundo lugar, pasaremos a hacer algunas sugerencias acerca de cómo debería orientarse la incorporación de lo que en la Psicología se sabe acerca del aprendizaje.

La herencia recibida por los estudios del cambio conceptual

Las insuficiencias a que dan lugar los distintos planteamientos procedentes de la Filosofía de la Ciencia, la teoría de Piaget y la Didáctica de la Ciencia, se refieren, fundamentalmente, a tres aspectos: a) la naturaleza de lo que cambia, es decir, ¿qué es lo que realmente cambia cuando decimos que

se ha producido un cambio conceptual?; b) el proceso del cambio, es decir, ¿de qué modo se produce el cambio? y c) los mecanismos del cambio, en otras palabras, ¿qué es lo que hace que se produzca el cambio?

En cuanto a la naturaleza de lo que cambia, puede afirmarse que en el marco de las reflexiones que se hacen en la Filosofía de la Ciencia, parece que lo que cambia son las grandes estructuras o sistemas conceptuales. Intuitivamente puede entenderse qué es un sistema conceptual, pero la definición de sistema conceptual en la Filosofía de la Ciencia es relativamente confusa y, desde luego, incompleta. Es incompleta, además, en lo que se refiere al aspecto más relevante, desde el punto de vista del cambio conceptual, ya que, a pesar del gran esfuerzo intelectual y del gran volumen de literatura volcado al efecto, no está claro cuáles son exactamente las características con que debe contar un sistema conceptual para que pueda ser considerado distinto de otro. Naturalmente, no se trata de negar que exista un progreso, y por lo tanto un cambio, en la estructura sustantiva o conceptual de una disciplina, pero no es eso lo que, en algunos casos, se ha considerado que constituya el cambio conceptual en la Ciencia. Mas bien, se trataría de cambios aparentemente más radicales. Son este tipo de cambios los que se han resistido a la caracterización. En consecuencia, es difícil saber qué es lo que cambia y cómo cambia. Esta indefinición se pone más claramente de manifiesto cuando se intenta describir el

proceso del cambio conceptual en la Ciencia, al que nos referiremos más adelante.

En la teoría evolutiva de Piaget la naturaleza de lo que cambia se define con algo más de precisión. Lo que cambia son estructuras de pensamiento generales, claramente especificadas desde un punto de vista lógico. Estas estructuras, que se suceden de un modo biológicamente predeterminado a lo largo de los diferentes estadios del desarrollo ontogenético con la colaboración de factores ambientales, gobiernan el pensamiento del niño. El problema con este punto de vista deriva de su propio carácter. Justamente, porque las estructuras piagetianas están un poco mejor definidas que los sistemas conceptuales de la Filosofía de la Ciencia, son más susceptibles de confirmación o falsación experimental.

En concreto, el hecho de que las estructuras piagetianas deban ser generales, ya que ese es el único modo de que sean definitorias de los distintos estadios, les obliga a ser independientes de dominio. Es decir, en cada campo de conocimiento, sea este la Física, la Historia o las Matemáticas, se tendría que reflejar la presencia de la misma estructura de desarrollo subyacente al pensamiento del niño. Sin embargo, numerosos estudios (p. ej. Carey, 1985; Vosniadou y Brewer, 1992) parecen demostrar que el progreso en el conocimiento es dependiente de dominio con un margen muy escaso para la transferencia de conocimiento de un campo a otro (Anderson, 1995). Dicho de otro modo, las estructuras de pensamiento son propias de

cada dominio de conocimiento y se adquieren en el curso del aprendizaje que va produciéndose en cada campo de conocimiento. Por lo tanto, puede darse la situación, y de hecho se ha comprobado que así ocurre, en la que una persona parece disponer de estructuras muy avanzadas en un campo de conocimiento y muy poco desarrolladas en otro (véase p. ej. Rodríguez Moneo, 1999). De forma que, si se toma como criterio del estadio de desarrollo en que se encuentra un niño la correspondiente estructura de pensamiento, se podría llegar a la imposible paradoja de que un niño o incluso un adulto pudieran estar en un estadio de desarrollo en un campo de conocimiento y en otro estadio en un campo distinto. Obviamente, si se carece de evidencia empírica acerca de la posible existencia de estructuras lógicas generales, los análisis piagetianos sobre el cambio de dichas estructuras adolecerían de falta de fundamento.

Piaget, además, llegó a llamar la atención sobre el paralelismo existente entre las interpretaciones que los niños hacen de los fenómenos de la naturaleza en el transcurso de su desarrollo cognitivo y las que han tenido lugar a lo largo de la historia de la Ciencia. Según él, este paralelismo podía entenderse como un caso de recapitulación ontogenética del desarrollo filogenético, lo que le daba pie para contemplar el progreso científico desde su propia teoría del desarrollo cognitivo y, en base a ello, construir su Epistemología Genética. Aunque esta forma de entender las cosas es la que convierte a Piaget en

uno de los principales responsables de la vinculación entre el cambio conceptual que se produce en la Ciencia y el que tiene lugar en el progreso individual de las personas, debe reconocerse, sin embargo, que la identificación de los grandes sistemas conceptuales de las ciencias con las estructuras de desarrollo ontogenético es un tanto precipitada.

No se trata de negar dicho paralelismo, sino, más bien de interpretarlo en otro sentido. Parece más fácil entender que el aprendizaje individual en cada campo de conocimiento tome un curso semejante al que se produce con el progreso del conocimiento científico en la historia de la humanidad. En este sentido no habría que hablar de recapitulación ontogenética del desarrollo filogenético, sino, más bien, de recapitulación epigenética del desarrollo filogenético (Gopnik, 1996). Es desde esta perspectiva desde donde, probablemente, todavía sea pertinente establecer comparaciones entre los cambios que se producen en la ciencia y los cambios individuales en las personas. Pero en la dirección contraria a como se ha venido haciendo. En el actual estado de cosas, parece más oportuno que los filósofos de la ciencia se inspiren en lo que en la Psicología se sabe acerca del aprendizaje que esperar que estos mismos filósofos vayan a aportar análisis que contribuyan a resolvernos algún problema sobre el aprendizaje.

En la Didáctica de las ciencias, un campo mucho más aplicado, el problema del cambio conceptual surge porque los alumnos disponen de concepciones espontáneas sobre el

mundo que pueden llegar a competir con los conceptos o, más genéricamente, con las concepciones científicas. Así, la enseñanza de estos conceptos científicos se vería dificultada debido a que se requeriría que el alumno sustituyera sus preconcepciones alternativas por otras más en consonancia con lo estipulado por la ciencia. Es decir, tendría que producirse un cambio conceptual. Naturalmente, también en este terreno resulta decisivo saber cuál es la naturaleza de lo que cambia para saber cómo puede cambiarse.

Ciertamente, se han realizado numerosos estudios en los que se describen cómo los alumnos interpretan erróneamente, o de modo incompleto, un número de fenómenos naturales (véase p. ej. Pfundt y Duit, 1994). No obstante, estas descripciones no comportan ninguna noción concreta acerca del tipo de representación que subyace a estas preconcepciones alternativas (Rodríguez Moneo, 1999). De entre los procedimientos utilizados en el estudio de las preconcepciones de los alumnos, el de la elaboración de mapas conceptuales de Novak (1995) se ha mencionado en ocasiones como uno de los que proporcionan una imagen más precisa de la naturaleza de las preconcepciones. Es cierto que, a través de los mapas conceptuales, se consigue poner de manifiesto algunas relaciones entre las ideas implícitas en las preconcepciones, pero lo que no está claro es cómo mediante este método pueden detectarse las relaciones relevantes. Es muy difícil, por ejemplo, captar, a través de ellos, algunas relaciones estructurales entre los conceptos, tan importantes

como las relaciones de partes o de clases. Así que los resultados que se obtienen con el empleo de esta técnica, aunque tienen un indudable valor descriptivo, no contribuyen a resolver el problema de cómo se representan realmente dichas preconcepciones en la mente de los alumnos. Es decir, no ayudan, en último término, a desvelar la naturaleza de las preconcepciones, dificultándose, así, la tarea de descubrir las claves que pueden determinar su modificación.

Yendo un poco más allá en la necesidad de aclarar cómo se representa el conocimiento conceptual, debería repararse en el hecho de que una teoría sobre la naturaleza de la representación conceptual debe incluir el modo en que las representaciones pueden generarse y, consecuentemente, cómo pueden cambiar. Dicho sea de paso, es justamente en este extremo, sobre cómo pueden generarse las estructuras de conocimiento, donde residía la limitación más obvia de una de las teorías psicológicas más aceptadas sobre la representación del conocimiento conceptual, esto es, la teoría psicológica de los esquemas. Esta limitación ha sido superada al englobarse dicha teoría en la teoría general sobre el aprendizaje conceptual y con la incorporación de las explicaciones conexionistas. En todo caso, la idea que convendría retener es que no se trata de estudiar el modo en que se representa el conocimiento por el mero hecho de saber más, sino porque si no sabemos de qué modo puede representarse para que cambie, no podremos saber cómo cambia. Resolver, además, el

problema de cómo cambian las estructuras de conocimiento o las representaciones mentales está íntimamente relacionado con el problema de cómo se generan, es decir, de cómo se aprenden.

En este punto también cabría traer de nuevo a colación el rechazo de algunas teorías constructivistas hacia la Psicología Cognitiva del Aprendizaje. La razón de este rechazo reside precisamente en la negación de la noción de representación. De acuerdo con esta posición no habría que pretender aclarar cómo se representa internamente el conocimiento, puesto que según los presupuestos del aprendizaje situado (Agre y Chapman, 1987; Lave, 1988; Suchman, 1987) el conocimiento "está fuera y no dentro de la piel del individuo". Este punto de vista, por otra parte, ha sido incorporado, también, en mayor o menor medida a algunos estudios sobre el cambio conceptual. Desde nuestra óptica podría decirse que, si bien es cierto que las operaciones mentales se apoyan en los recursos del entorno, y, por esta razón, la actual Psicología del Aprendizaje está haciendo un considerable esfuerzo para desentrañar las interacciones entre el entorno y el funcionamiento mental (véase p. ej. Anderson 1990), parece un poco excesivo y fuera de toda evidencia pensar que el conocimiento esté fuera del individuo.

No obstante, este tipo de exageraciones, que tienden a enfatizar el papel del contexto, han contribuido a poner más de manifiesto, si cabe, la importancia que en la dinámica del sistema mental tiene el uso que se hace

del conocimiento. Por contra, el inconveniente más llamativo que tienen estos enfoques, que intentan pasar por alto los procesos psicológicos, es que al final su llamada de atención acerca del papel del contexto y del uso que se hace del conocimiento acaba siendo una obviedad. Si no se explica con precisión cómo se usa el conocimiento y cómo se incorpora el contexto en las diferentes situaciones de aprendizaje, cualquier declaración al efecto carece de valor. Nuestra posición es que, al marginar a la Psicología de sus análisis, los defensores de este tipo de propuestas llegan, finalmente, a carecer de instrumentos intelectuales que les permitan intentar profundizar en el tema y construir explicaciones para avanzar en la solución de los problemas. Precisamente, como más adelante veremos, esta cuestión del uso que se hace del conocimiento es probablemente uno de los apartados en los que la Psicología del Aprendizaje más aportaciones puede hacer en la explicación del fenómeno del cambio conceptual.

En cuanto a la segunda fuente de problemas que más arriba se señalaban —las relativas al proceso del cambio—, las reflexiones procedentes de la Filosofía de la Ciencia han sufrido ciertos vaivenes. Brevemente, el neopositivismo lógico inicial, representado por filósofos tales como Carnap o Hempel, sostenía que los cambios en la estructura conceptual de una ciencia tenían un carácter acumulativo, de modo que las modificaciones en los conceptos y/o en las estructuras conceptuales podían entenderse como extensiones lógicas de estructuras previamente existentes.

Sin embargo, a partir de los años 60, los filósofos historicistas como Kuhn o Feyerabend propugnaron la existencia de cambios más radicales. Aunque se volcó una extensa literatura para definir en que consistía la radicalidad del cambio parece que finalmente la noción de inconmensurabilidad acabó tomándose como índice de la existencia de un cambio conceptual. Según esta noción de inconmensurabilidad, los cambios conceptuales en las ciencias producen una incomunicación entre los científicos que asumen los distintos sistemas conceptuales. Es a partir de esta falta de acuerdo, y con la intervención de la comunidad científica, a través de su aceptación, cuando se supone que el cambio conceptual acaba consolidándose. Las discusiones que se sucedieron tomando como punto de partida estos presupuestos desembocaron en algunas conclusiones que, como mínimo, pueden calificarse de poco fecundas, como la que le llevaba a Feyerabend (1978) a afirmar que la Ciencia carece de método. Afortunadamente, esta no es la única explicación posible, ni la más aceptada en la actualidad. Thagard (1992), por ejemplo, basándose en lo que en la Psicología se sabe acerca de cómo se organiza el conocimiento conceptual en estructuras de clases y de partes, hace una aproximación diferente proponiendo como principal factor en la elección de un sistema conceptual frente a otro a lo que denomina “coherencia explicativa”.

El interés de este tipo de reflexiones sobre los supuestos cambios paradigmáticos estaba en

la posibilidad de que pudieran hacerse predicciones respecto a cuándo se produciría el cambio e, incluso, fomentarlo. Desde este punto de vista, que podríamos llamar aplicado, debe reconocerse que los resultados han sido desalentadores. Al final, las discusiones sobre el cambio conceptual en la literatura filosófica han ido desvaneciéndose, y no precisamente porque se perciba que se halla resuelto el problema, sino, más bien, debido a la cada vez mayor esterilidad de los sucesivos análisis que se proponían (Nersessian, 1998).

La noción de paradigma, además, ha acabado convirtiéndose en una noción perversa cuando se ha simplificado en algunas versiones populares. En la enseñanza de la psicología en nuestras facultades, por ejemplo, ha servido para dar cobijo y justificación a todo tipo de doctrinas, algunas de ellas sin ningún fundamento científico, pero, todavía, dignas de tener en cuenta por la posibilidad de que constituyeran un paradigma alternativo.

En el caso de Piaget, sus estructuras de pensamiento son lo suficientemente precisas como para que puedan ser falsadas, pero no lo suficiente como para caracterizar el proceso de cambio que supuestamente experimentan dichas estructuras. El proceso se ajusta a lo estipulado por la teoría de la equilibración. De acuerdo con esta teoría existen, por un lado, procesos de asimilación en los que una experiencia cualquiera se interpreta en el marco de una estructura de pensamiento con la que es consistente. Por otro lado, están los procesos de acomodación

mediante los que se modifican las estructuras de pensamiento cuando una experiencia es inconsistente con dichas estructuras. El cambio conceptual propiamente dicho residiría en este segundo tipo de procesos. El problema con esta explicación es su generalidad. Compárese, por ejemplo, con la mencionada teoría psicológica de los esquemas en cuyo marco Rumelhart y Norman (1978, 1981) proponen también un tipo de aprendizaje semejante al de la acomodación, al que ellos llaman reestructuración. Pero el aprendizaje por reestructuración de Rumelhart y Norman se enmarca en una formulación mucho más precisa de la estructura de conocimiento que cambia —el esquema— con lo que sus explicaciones gozan de una mayor consistencia.

Aunque la generalidad inherente a la teoría de la equilibración tiene la ventaja de producir en el profano la sensación de que entiende cómo tiene lugar el aprendizaje, cuenta, sin embargo, con el inconveniente de ser muy difícil de aplicar y, por supuesto, de confirmar experimentalmente. Para que pueda apreciarse el peligro que conlleva el dejarse guiar por declaraciones generales, la discusión sobre la acomodación ha confundido incluso a algunos filósofos, como Fodor (1980), que no pueden entender cómo de una estructura más simple y menos desarrollada puede generarse otra más rica y desarrollada. Es lo que se ha llamado la paradoja del aprendizaje. En algunos casos extremos, el encadenamiento de despropósitos a que da lugar este tipo de discusiones ha llegado

a desembocar en la conclusión de que el aprendizaje es imposible.

En la didáctica de las ciencias el proceso comienza por la identificación, por parte de los profesores, de las ideas previas de sus alumnos. Para ello se cuenta con la ayuda de un cierto número de descripciones a las que nos hemos referido anteriormente y, ocasionalmente, con la posibilidad de emplear algunos métodos para detectar las ideas previas, como el ya mencionado de elaborar mapas conceptuales. Ahora bien, debido a que la didáctica de la ciencia es un campo aplicado, no trata de "explicar" como se produce el cambio, sino prescribir el método óptimo para que este se produzca. Por ello se muestra permeable a cualquier posible método. El problema consiste en saber si acude a las fuentes más adecuadas. Éste es, precisamente, uno de los objetivos del presente artículo.

En lo relativo al tercer punto al que no referíamos al comienzo, esto es, los mecanismos de cambio, la Filosofía de la Ciencia permite comprobar cómo hay sistemas conceptuales que van sucediéndose unos a otros en las diferentes disciplinas. En realidad los sistemas conceptuales o la estructura sustantiva que diría Swchab (1977) es algo convencional y cambiante que está en función de la estructura sintáctica, es decir de las estrategias de descubrimiento y falsación de una ciencia. Y, ahora sabemos que también, en función de la aceptación de la comunidad científica. No obstante, y muy brevemente,

la continua sucesión de teorías en la ciencia se produce como consecuencia de la aparición de datos anómalos no explicables en el marco de teorías previas. Las teorías mismas, a su vez, pueden no encontrar amparo en los sistemas conceptuales existentes que también van cambiando progresivamente. Los datos anómalos se constituirían, así, en el mecanismo fundamental de las transformaciones que se producen en el seno de una ciencia. La cuestión es que, al no aclararse la naturaleza de lo que cambia ni el proceso a través del cual se produce, no es fácil llegar a saber de qué cambio es responsable el dato anómalo. O, visto desde otro ángulo, qué grado de anomalía tiene que tener el dato para que pueda desencadenar un auténtico cambio conceptual.

Respecto al mecanismo del cambio en las teorías evolutivas, suele manejarse la noción de conflicto que está muy relacionada con la del dato anómalo en la Filosofía de la Ciencia. El conflicto que, en términos muy generales, sería el mecanismo causante de la acomodación en la teoría de la equilibración se ha convertido en el punto de partida de numerosos estudios sobre el cambio conceptual a partir del trabajo de Posner y cols. (1982). La noción de conflicto, además, se ha venido modulando, con la incorporación de algunas ideas procedentes de Vigotski, en el sentido de que el conflicto sería eficaz en la medida en que se produjera en la zona de desarrollo próximo. El problema es que si no se define con precisión en qué consiste esta zona de desarrollo próximo, esta explicación

no pasaría de ser una justificación post hoc del fracaso del conflicto como mecanismo del cambio. Si el conflicto no produce cambio será porque no ha tenido lugar en esa supuesta zona de desarrollo próximo que no sabemos exactamente cuál es.

Aún así y todo, debe reconocerse que la idea del conflicto como mecanismo del cambio ha sido muy fructífera y, como se ha dicho, ha servido de punto de referencia para numerosos estudios sobre el tema. Pero los resultados de estos estudios han sido un tanto contradictorios (Rodríguez Moneo, 1999). Como veremos a continuación, la virtualidad del conflicto podría entenderse desde la perspectiva del modo en que cada nueva experiencia afecta a las estructuras de conocimiento relevantes. O dicho de otro modo, desde la perspectiva de la génesis de las estructuras de conocimiento genérico, como los conceptos, a partir del conocimiento de lo concreto.

Finalmente, en la Didáctica de la Ciencia también se ha planteado, como no podía ser menos, el posible mecanismo para producir el cambio. Comenzó por importarse la noción de conflicto procedente de Piaget, pero, como se comprobó que el conflicto por sí mismo no parecía producir cambio (véase p. ej. Rodríguez Moneo, 1999), las implicaciones didácticas derivadas de esta noción perdieron toda su virtualidad. No obstante, en este mismo ámbito de la didáctica de la Ciencia, Strike y Posner (1982) intentaron mantener la noción de

conflicto, proponiendo un modelo según el cual el conflicto sería eficaz en la promoción del cambio conceptual en la medida en que: a) no pueda reinterpretarse en el marco de las concepciones existentes; b) se acompañe de una nueva concepción inteligible; c) la nueva concepción sea plausible; y d) dicha concepción sea fructífera desde el punto de vista del uso del conocimiento. Efectivamente, en un trabajo reciente Rodríguez Moneo (1998), por ejemplo, ha puesto de manifiesto cómo el conflicto en sí mismo no produce cambio conceptual, a no ser que vaya acompañado de una teoría alternativa inteligible y plausible.

Ahora bien, el uso que hacen Strike y Posner de la noción de conflicto se aleja muy considerablemente de la primitiva noción de conflicto inspirada en Piaget. Y ello, a pesar de que siguen pretendiendo hablar del proceso de acomodación. Esta nueva interpretación del papel del conflicto es más consistente con una concepción según la cual una experiencia que entra en contradicción con el modo de pensar de un individuo genera lo que se ha llamado cambio conceptual, gracias a un proceso enmarcable en la conducta de solución de problemas a través del cual el propio individuo lleva a cabo una elaboración conceptual, o se le ayuda a llevar a cabo dicha elaboración, con el resultado de un modelo alternativo utilizable en el contexto en el que se aprende. Este punto de vista se entenderá mejor a la luz de lo que se explicará a continuación.

Las aportaciones de la psicología del aprendizaje

Ante este estado de cosas parece haber un cierto consenso respecto a la posible vía de avance que podría representar acudir a lo que se sabe en la Psicología del Aprendizaje. Este recurso a la Psicología del Aprendizaje debería hacerse, en nuestra opinión, desde dos perspectivas relacionadas. Desde un escrutinio sobre la naturaleza del conocimiento conceptual que incluya el modo en que éste se genera y desde el ángulo del uso que se hace del conocimiento.

Respecto al primer punto, la antigua noción procedente de la Filosofía según la cual los conceptos o las categorías agrupan entidades que comparten un conjunto de rasgos necesarios y/o suficientes es la que está implícita en gran parte de las reflexiones que se llevan a cabo tanto en la Filosofía de la Ciencia, como en los estudios sobre el cambio conceptual inspirados en la teoría evolutiva de Piaget o en los realizados en la Didáctica de las Ciencias. La idea de que conocer un concepto es conocer su definición se compadece, además, con la de que el cambio conceptual se produce de un modo súbito y, en consecuencia, es también coherente con la idea de que el mecanismo del cambio sea el conflicto.

Ciertamente, frente a lo que ocurre con los conceptos naturales, los conceptos que forman parte de la estructura sustantiva de las ciencias y especialmente de las ciencias

experimentales suelen contar con una definición precisa. Así pues, pensar que el cambio conceptual, al menos en el aprendizaje de las ciencias, pase por una redefinición de los conceptos no parece a simple vista muy inconsistente. No obstante, las cosas se complican un tanto, si pensamos que probablemente la estrategia de aprendizaje conceptual y, por tanto, la de cambio conceptual no sea ajena al proceso de aprendizaje conceptual que tiene lugar en el medio natural. En este caso, considerar que aprender un concepto es aprender una definición sería una simplificación que nos conduciría a los caminos sin salida ya comentados.

Muy brevemente, desde un punto de vista psicológico, cuando lo que un individuo sabe de un concepto son los rasgos definitorios, lo que hace para clasificar nuevos ejemplares del concepto es aplicar una regla consistente en comprobar si dichos ejemplares cuentan con los rasgos definitorios del concepto. Además, el proceso de aprender una regla de esta naturaleza se caracteriza por ser un aprendizaje de todo o nada. Es decir, en tanto el sujeto desconoce la regla clasifica los ejemplares que se le presentan de un modo aleatorio, pero en el momento en que llega a descubrir la regla, que podemos hacer equiparable a la definición, entonces clasifica ya correctamente todos los casos que se le presenten. Es desde esta idea de que aprender a definir un concepto es, en último término, un aprendizaje de todo o nada, desde la que decimos que afirmar que un concepto se representa

por su definición está íntimamente relacionado con pensar que el cambio conceptual se produzca de un modo súbito.

Pero la noción de que aprender un concepto es aprender una regla se puso en cuestión desde muy antiguo en la Psicología a partir del estudio de Hull (1920) en el que demostró que, al menos en ciertas ocasiones, los conceptos se adquieren de una manera progresiva a través de mecanismos asociativos que vinculan ciertos rasgos con el concepto. Comprobó, además, que una vez aprendido el concepto, es decir cuando los sujetos están ya en disposición de clasificar correctamente los nuevos ejemplares, no son, sin embargo, capaces de decir en qué consiste el concepto. Dicho de otro modo, no han aprendido una definición del concepto y, en consecuencia, el modo en que se representa el conocimiento conceptual que han adquirido no es equiparable a la idea de definición. En suma la manera en que los sujetos llegan a clasificar correctamente los ejemplares de un concepto no consiste en aplicar una regla derivada del conocimiento de una definición, sino de otro modo que posteriormente han tratado de elucidar los modelos de aprendizaje conceptual.

Hubo, sin embargo, un cierto renacimiento de la idea de que aprender un concepto es aprender su definición con el trabajo de Bruner, Goodnow y Austin (1956) cuando demostraron que, también en algunas ocasiones, los conceptos se aprenden a partir de una estrategia de comprobación de hipótesis

que dan lugar a la utilización de una regla. Aunque este trabajo contribuyó a poner de manifiesto que algunas veces así ocurre, pronto se convino en que las personas sólo aprenden definiciones y utilizan reglas de clasificación en algunas ocasiones muy particulares. Como ha venido sabiéndose posteriormente a partir del trabajo de Rosch (1973) algunos ejemplares son más típicos de una categoría que otros, es decir no todos son igualmente representativos de la categoría. Naturalmente, esto invalida la idea de que los conceptos se representen en todos los casos por una regla, puesto que si eso fuera así todos los ejemplares de un concepto que cumplieran con la definición serían igual de representativos.

Sin entrar en una discusión sobre los distintos modelos de aprendizaje conceptual, sí que puede afirmarse que en todos ellos se trata de explicar cómo las personas aprenden los conceptos a partir de sus sucesivas experiencias con los ejemplares. El aprendizaje conceptual parece ser progresivo. El problema es explicar cómo de las distintas experiencias puede surgir un cambio y esa es la aportación básica de la Psicología del Aprendizaje en este punto. Y ello, no sólo desde el terreno de la formación de conceptos propiamente dicha, sino también desde el campo de la memoria en donde tiene que explicarse cómo contribuyen los recuerdos episódicos, de experiencias concretas, a la formación de estructuras generales de conocimiento.

En este sentido el cambio conceptual no sería tanto un cambio súbito, definible en términos de todo o nada, sino, más bien un cambio gradual. Se entendería como el resultado de una acumulación de experiencias que tienen las personas. Lo cual no descarta que a lo largo del proceso de aprendizaje lleguen a producirse cambios muy sustanciales en los conceptos, pero siempre como consecuencia de pequeños avances que van produciéndose gradualmente.

Naturalmente, los conceptos científicos siguen contando con una definición precisa, pero en la dinámica de la práctica científica, tanto los investigadores, como en general los expertos en una disciplina, reconocen la pertenencia de una nueva instancia a un concepto, no sólo valiéndose de una regla derivada de la definición del concepto, sino también atendiendo a su experiencia previa acumulada con el concepto. Es más, puede establecerse un paralelo entre el modo en que las personas aprenden los conceptos y el modo en que se produce el desarrollo científico. Anderson, Barker y Chen (1996) han demostrado cómo las modificaciones graduales en los conceptos científicos pueden desembocar en cambios radicales que, aunque no serían fruto de una mera acumulación, sí lo serían de un proceso continuado.

Una de las consecuencias que pueden extraerse de lo anteriormente dicho es que en el terreno de la enseñanza los profesores no deberían esperar cambios súbitos en las concepciones de sus alumnos. No debe

esperarse nada semejante a cambios radicales o paradigmáticos como los que Kuhn sostenía que se producían en la Ciencia, en donde probablemente también se comprueba que son inexistentes, cuando se emprenden análisis más pormenorizados.

En los últimos años, además, a partir del trabajo de Barsalou (véase, por ejemplo, Barsalou, 1993) se ha puesto de manifiesto la enorme variabilidad de los conceptos. El contenido conceptual se manifiesta de modo diferente en los distintos individuos e, incluso, también en un mismo individuo en diferentes momentos en el tiempo. Las personas no aplicamos todo lo que sabemos de un concepto en todas las circunstancias, sino que recuperamos sólo una parte de nuestro conocimiento conceptual en cada caso o incluso creamos nuevos conceptos ad hoc, dependiendo del contexto en el que tiene lugar la operación de clasificación.

Esta influencia del contexto nos obliga a considerar la naturaleza de los conceptos desde la perspectiva de su uso. Las personas no van por el mundo reconociendo a que categoría pertenecen las entidades con las que se topan por el mero placer de hacerlo o por demostrar su conocimiento a un virtual espectador, sino porque el hecho de clasificar les permite volcar una gran cantidad de conocimiento mediante el cual predecir y anticipar qué es lo que va a ocurrir. En este sentido puede decirse que a través del proceso de categorización se generan expectativas que dan lugar a pautas de comportamiento.

Contemplada, así, la dinámica del proceso de categorización se complejiza aún más si se considera desde el ángulo de la solución de problemas. El propio Kuhn (1970) sostenía que el proceso de inferencia en las teorías científicas debe entenderse en el contexto de la solución de problemas. En un terreno más cotidiano, cuando un individuo se enfrenta a una situación cualquiera, especialmente si ésta es problemática, tiene que volcar todo su conocimiento conceptual y combinarlo para poder abordar con éxito dicha situación. Es decir, ha de integrar todas las fuentes de conocimiento disponible.

A partir del trabajo de Anderson (1983), Mitchell (1982, 1983) y Rosebloom y Newell (1986) podemos entender la vinculación existente entre la conducta de solución de problemas que se dirige a una meta y la inducción de nuevas reglas y categorías. Johnson-Laird (1983), por su parte, ha puesto de manifiesto cómo los modelos mentales guían los procesos de inferencia en el razonamiento humano. Este proceso de integración del conocimiento supone en cierto sentido que las personas estamos creando continuamente nuevas formas de conocimiento, a través de procesos deductivos de inferencia que forman parte de nuestras estrategias de solución de problemas.

La idea de modelo mental se ha convertido, así, en una noción clave para explicar este proceso de integración y recombinación del conocimiento conceptual (p. ej. Barsalou 1992, Holland, Holyoak, Nisbett y Thagard,

1989). Los modelos mentales son elaboraciones transitorias de conocimiento que se disipan una vez utilizados, aunque dejan un rastro en la memoria que puede servir de base a cambios representacionales más permanentes. Así pues, son esas combinaciones de conocimiento, determinadas por el uso que se quiere hacer de ellas lo que constituye el germen del cambio. Y, por lo tanto, es ahí, en el contexto del uso que se hace del conocimiento y en el marco de la solución de problemas, donde debe situarse el problema del cambio conceptual.

Ahora bien, cuando se dice que un modelo mental se origina en la intención del sujeto por usar el conocimiento, lo que, a su vez, permite que use el conocimiento, también se quiere decir que ese modelo mental se construye de tal modo que puedan desarrollarse procedimientos de acción o de solución de problemas. Es decir, con la mediación de los modelos mentales se desarrolla un nuevo conocimiento que deja de tener un carácter declarativo para pasar a tener un carácter procedimental. O, si se quiere, el proceso de aprendizaje del conocimiento procedimental lleva consigo la creación de modelos mentales. Los estudios sobre la transición de novato a experto muestran como los expertos elaboran modelos a partir de los cuales desarrollan procedimientos (Dreyfus y Dreyfus, 1986). Este conocimiento del "saber hacer" se caracteriza por ser automático en la medida en que uno no tiene que pensar en lo que hace, sino ejecutar los

correspondientes procedimientos. El conocimiento procedimental es, además, fuertemente dependiente de contexto, porque "hacer algo" sólo tiene sentido cuando se dan las condiciones y la necesidad de hacer algo.

Desde este punto de vista, puede entenderse el papel del contexto en el aprendizaje y el por qué de la vinculación entre el contexto y el uso que se hace del conocimiento. Y, también, puede comprenderse la discrepancia entre el conocimiento académico y el conocimiento espontáneo, sobre la que ya Vygotski llamó la atención en los años 30 del siglo XX. Los diferentes contextos afectan de distinta manera a los procesos de aprendizaje en la medida en que son contextos de acción. En un reciente estudio Rodríguez Mo-
neó (1998) ha mostrado cómo los propios profesores dan explicaciones diferentes sobre la flotación dependiendo de si están en un contexto cotidiano o en un contexto académico. Es decir, el conocimiento cotidiano coexiste en la mente del experto con el conocimiento académico y esos dos conocimientos son utilizados en función del contexto en el que se usan. Permitásenos en este punto hacer una consideración marginal, pero que tiene mucho que ver con lo que se dijo al comienzo de este artículo. Parecería un sin sentido considerar que el conocimiento espontáneo, equivalente al de los niños, que coexiste en el experto con el conocimiento académico, tenga algo que ver con nada que pueda relacionarse con la ubicación de los niños, o las personas en general, en supuestos estadios de desarrollo evolutivo.

En la preparación de otro estudio sobre la gravedad, la misma autora ha observado, esta vez de modo informal, cómo las explicaciones que habitualmente dan los profesores no tienen carácter conceptual, sino que se expresan en términos de fórmulas que facilitan la solución de problemas de Física. Dicho muy brevemente, parece como si los profesores tomaran el atajo de obviar posibles cambios conceptuales para pasar a enseñar un conocimiento procedimental, directamente aplicable a la solución de problemas de física.

Esta última observación puede servir para llamar la atención sobre el hecho de que el objetivo final en la enseñanza, y del conocimiento en general, no se cifra únicamente en el cambio conceptual. Los alumnos tienen que aprender también procedimientos. Ahora bien, como hemos dicho, el conocimiento conceptual cambia en el curso del uso que se hace de dicho conocimiento, pero ese nuevo conocimiento, producto del cambio, tiene un carácter declarativo y por lo tanto su función última es servir de base para la adquisición de una nueva forma de conocimiento, esto es, el conocimiento procedimental. En un sentido fundamental usar el conocimiento conceptual es traducirlo a conocimiento procedimental (Aparicio, 1995). Desde esta perspectiva puede decirse que es precisamente en ese proceso de traducción del conocimiento declarativo a conocimiento procedimental donde tiene lugar el cambio conceptual.

Descendiendo a un terreno más aplicado podría extraerse alguna consecuencia ulterior. Cuando los profesores de Física, como los que mencionábamos más arriba, intentan enseñar directamente los procedimientos que ellos mismos emplean para solucionar problemas de Física, sin tener en cuenta el proceso de traducción del conocimiento declarativo a procedimental, pueden, incluso llegar a conseguir que sus alumnos solucionen bien ciertos problemas en ausencia de cambio conceptual. De hecho, lo hacen porque, en ocasiones, con esa estrategia de tomar ese atajo de enseñar fórmulas en ausencia de explicaciones conceptuales obtienen cierto éxito. Entonces, podríamos llegar a preguntarnos ¿por qué es necesario el cambio conceptual o, si se quiere, la ampliación del conocimiento declarativo sirve de base para la adquisición del conocimiento procedimental. El problema con el que se topan los profesores que adoptan esa estrategia de obviar el cambio conceptual es que cada vez que tienen que enseñar a solucionar un nuevo problema tienen que empezar desde el principio. Es decir, tienen que hacer aprender procedimientos nuevos para cada nuevo problema, aunque todos esos procedimientos puedan deducirse de una común base declarativa. Sólo pueden emplear el conocimiento previo de sus alumnos en la medida en que un nuevo procedimiento general comparta algunos procedimientos específicos de procedimientos anteriores, lo cual, por la propia naturaleza del conocimiento procedimental, es bastante improbable.

Para terminar, y a modo de resumen, podríamos acudir a un ejemplo sencillo. Pensemos por un momento en alguien que quiere colocar la toalla en la playa para tomar el sol. No mira por donde va la Tierra, sino por dónde va el Sol. Ni el más reputado astrónomo coloca su toalla en la playa pensando en los movimientos de traslación y rotación de la Tierra, sino basándose en un modelo según el cual el Sol es el que se mueve. Lo importante es emplear un modelo que nos permita resolver el problema, independientemente de que dicho modelo se corresponda con lo que realmente ocurre.

Ahora bien ¿cómo es posible que un modelo incorrecto sea más útil que uno correcto? Porque la fuente de datos con la que contamos para elaborar nuestro conocimiento es la percepción. Si lo que percibimos es que el Sol se mueve, aunque sepamos que no se mueve, no tenemos más remedio que dejarnos guiar por la única fuente de datos con la que contamos y si a partir de ahí podemos construir un modelo que nos permita generar expectativas fiables sobre lo que va a ocurrir, entonces ese modelo se consolida. Se consolida porque generar expectativas fiables permite el desarrollo de procedimientos de solución de problemas que resultan ser eficaces. Con una particularidad y es que al generar dichos procedimientos nos desprendemos del modelo declarativo inicial, a partir del cual se originaron nuestros procedimientos. Pruebe el lector a preguntar a alguien que está en una playa qué es lo que se mueve alrededor de qué. Inmediatamente contestará que la

Tierra alrededor del Sol, pero la toalla la ha puesto mirando por donde iba el Sol.

Una de las múltiples conclusiones que podrían extraerse de todo lo dicho es que la dicotomía entre el conocimiento cotidiano y el conocimiento científico es inevitable y sana. Para emplear, por ejemplo, el conocimiento científico procedente de la Física en

nuestra vida cotidiana, tendríamos, probablemente, que ir por el mundo con un microscopio electrónico. Si la fuente de datos en nuestra vida cotidiana es la percepción no tenemos más remedio que construir modelos mentales que se ajusten a esa fuente de datos y, consecuentemente, desarrollar los pertinentes procedimientos de acción.

Bibliografía

- AGRE, P. E. Y CHAPMAN, D. (1987). Pengi: An implementation of a theory of activity. *Proceedings of the Sixth National Conference on Artificial Intelligence*. Menlo Park, CA.: American Association for Artificial Intelligence.
- ANDERSON, H., BARKER, P. Y CHEN, X. (1996). Kuhn's mature philosophy of science and cognitive science. *Philosophical Psychology*, 9, 347-63.
- ANDERSON, J. R. (1983). *The Architecture of Cognition*. Cambridge, MA.: Harvard University Press.
- ANDERSON, J. R. (1990). *The Adaptive Character of Thought*. Hillsdale, NJ.: LEA.
- ANDERSON, J. R. (1995). *Learning and Memory: An Integrated Approach*. New York: Wiley.
- APARICIO, J. J. (1995). El conocimiento declarativo y procedimental que encierra una disciplina y su influencia sobre el método de enseñanza. *Tarbiya: Revista de Investigación e Innovación Educativa*, 10, 23-38.
- BRUNER, J. S., GOODNOW, J. J. Y AUSTIN, G. A. (1956). *A study of thinking*. New York: Wiley.
- BARSALOU, L. W. (1992). *Cognitive Psychology: An Overview for Cognitive Scientists*. Hillsdale, N.J.: LEA.
- BARSALOU, L. W. (1993). Flexibility, Structure, and Linguistic Vagary in Concepts: Manifestations of a compositional System of Perceptual Symbols. En A. F. Collins, S. E. Gathercole, M. A. Conway y P. E. Morris (Eds.), *Theories of Memory*, Hillsdale, N.J.: LEA.
- CAREY, S. (1985). *Conceptual change in childhood*. Cambridge, MA.: MIT Press.
- DREYFUS, H. L. Y DREYFUS, S. E. (1988). Making a mind versus modeling the brain. Artificial intelligence back at the branch point, *Daedalus*, 117, 15-43.
- FEYERABEND, P. K. (1978). *Against method*. London: New Left Books.
- FODOR, J. A. (1980). Fixation of belief and concept acquisition. En M. Piatelli-Palmerini (Ed.), *Language and Learning: The Debate between Jean Piaget and Noam Chomsky*. Cambridge, MA.: Harvard University Press.

- GOPNIK, A. (1996). The scientist as child. *Philosophy of Science*, 63, 485-514.
- KHUN, T. S. (1970). Logic of discovery or psychology of research. En I. Lakatos y A. Musgrave (eds.), *Criticism and the growth of knowledge*. Cambridge: Cambridge University Press.
- LAVE, J. (1988). *Cognition in practice: Mind, mathematics, and culture in everyday life*. New York: Cambridge University Press.
- MITCHELL, T. M. (1983). Learning and problem solving. *Proceedings of the Eighth International Joint Conference on Artificial Intelligence*. Los Altos, CA.: Kaufmann.
- NERSESSIAN, N. J. (1999). Conceptual change. En W. Bechtel y G. Graham (eds.), *A Companion to Cognitive Science*. Malden, MA.: Blackwell.
- NOVAK, J. D. (1995). Concept mapping: A strategy for organizing knowledge. En S. M. Glynn y R. Duit (eds.), *Learning Science in the schools*. Mahwah, NJ.: LEA.
- PFUNDT, H. Y DUIT, R. (1994). *Bibliography: Students's Alternative Frameworks and Science Education*. Keil, Alemania: IPN at the University of Keil, 4th Edition.
- POSNER, G., STRIKE, K. A., HEWSON, P. W. Y GERTZOG, W. A. (1982). Accomodation of a scientific conception. Towards a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-217.
- RODRÍGUEZ MONEO, M. (1998). *Las concepciones Alternativas y el proceso de cambio conceptual. La influencia del conflicto y el contexto en el dominio de la Física*. Tesis doctoral no publicada. Universidad Autónoma de Madrid
- RODRÍGUEZ MONEO, M. (1999). *Conocimiento previo y cambio conceptual*. Buenos Aires: Aike.
- ROSENBLOOM Y NEWELL (1986). The chunking of goal hierarquies: A generalized model of practice. En R. S. Michalski, J. G. Carbonell y T. M. Mitchell (eds.), *Machine learning: An artificial intelligence approach*, vol. 2. Los Altos, CA.: Kaufmann.
- ROSCH, E. (1973). On the internal structure of perceptual and semantic categories. En T. E. Moore (ed.), *Cognitive Development and the acquisition of Language*. New York: Academic Press.
- RUMELHART, D. E. Y NORMAN, D. A. (1978). Accretion, tuning, and restructuring: Three modes of learning. En J.W. Cotton y R.L. Klatzky (eds.), *Semantic factors in cognition*. Hillsdale, N.J.: LEA.
- RUMELHART, D. E. Y NORMAN, D. A. (1981). Analogical processes in learning. En J. R. Anderson (ed.), *Cognitive Skills and their Acquisition*. Hillsdale, N.J.: LEA.
- STRIKE, K. A. Y POSNER, G. (1982). Conceptual change and science teaching, *European Journal of Science Education*, 4, 231-240.
- SUCHMAN, L. A. (1987). *Plans and situated action: The problem of human-machine communication*. New York: Academic Press.
- THAGARD, P. (1992). *Conceptual Revolutions*. Pinceton, NJ.: Princeton University Press.
- VOSNIADOU, S. Y BREVER, W. (1992). Mental models of the earth: a study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, 24, 535-85.

Resumen

En este artículo se examina el modo en que las explicaciones sobre el cambio conceptual heredan las ideas procedentes de la Filosofía de la ciencia, de las teorías evolutivas y de la Didáctica de la Ciencia. Debido a la disparidad de estos campos de conocimiento se produce una cierta confusión que oculta ciertas insuficiencias y limitaciones. A la luz de esta situación se propone, como vía de solución, acudir a los análisis procedentes de la Psicología del Aprendizaje, con un especial énfasis en lo que se refiere al aprendizaje de conceptos y al uso que se hace del conocimiento.

Palabras clave: cambio conceptual, teorías evolutivas, Filosofía de la Ciencia, Didáctica de la Ciencia, aprendizaje de conceptos, modelos mentales, aprendizaje procedimental.

Abstract

In this paper the way in which the explanations about the phenomenon of conceptual change inherit ideas coming from the Philosophy of Science, developmental theories and Science teaching is examined. Due to the disparity of these fields of knowledge there is a certain bewilderment and confusion giving as a result the blurring of some shortcomings and constraints. In the face of this state of affairs we suggest to come up to the Psychology of Learning, giving a special emphasis to concept learning and to the way the knowledge is used.

Key words: conceptual change, developmental theories, Philosophy of Science, Science teaching, concept learning, mental models, procedural learning.

Juan José Aparicio

*Facultad de Psicología
Universidad Complutense de Madrid
Campus de Somosaguas
28223 Madrid
E-mail: psbas23@sis.ucm.es*

María Rodríguez Moneo

*Facultad de Psicología
Universidad Autónoma de Madrid
Ciudad Universitaria de Cantoblanco
Carretera de Colmenar Km. 15,5
28049 MADRID
E-mail: maria.rodriguez@uam.es*