

Juan Ignacio Pozo
Fernando Flores (coord.)

Cambio conceptual
y representacional
en el aprendizaje y la
enseñanza de la ciencia

aprendizaje

Ante Machado
Libros



Universidad
de Alcalá

Cátedra UNESCO de Educación Científica
para América Latina y El Caribe



**Juan Ignacio Pozo
Fernando Flores (coord.)**

**Cambio conceptual
y representacional
en el aprendizaje y la
enseñanza de la ciencia**



www.machadolibros.com



Universidad de Alcalá

Cátedra UNESCO de
Educación Científica
para América Latina y
El Caribe



Volumen CLII de la colección Aprendizaje
Dirección de la colección: Juan Ignacio Pozo
Coordinación coedición CÁTEDRA UNESCO: José María
Sánchez

© Juan Ignacio Pozo y Fernando Flores (coord.), 2007

© De la presente edición:

MACHADO GRUPO DE DISTRIBUCIÓN, S.L.

C/ Labradores, 5. Parque Empresarial Prado del Espino

28660 Boadilla del Monte (Madrid)

editorial@machadolibros.com

ISBN: 978-84-9114-127-3

Índice

Capítulo 1. Introducción: el cambio conceptual y representacional desde la epistemología, la psicología y la educación, *Fernando Flores y Juan Ignacio Pozo*

Parte I

**El cambio conceptual y representacional:
Perspectivas epistemológicas, cognitivas y evolutivas**

Capítulo 2. Enfoques epistemológicos y cambios representacionales y conceptuales, *Fernando Flores y Ricardo Valdez*

Capítulo 3. Versiones del cambio conceptual en la ciencia: de las revoluciones a los modelos computacionales, *Manuela Romo*

Capítulo 4. El proceso de cambio conceptual: componentes cognitivos y motivacionales, *María Rodríguez Moneo*

Capítulo 5. Ni cambio ni conceptual: la reconstrucción del conocimiento científico como un cambio representacional, *Juan Ignacio Pozo*

Capítulo 6. Cambio conceptual y cambio representacional desde una perspectiva evolutiva: la importancia de los sistemas externos de representación, *Eduardo Martí y Mercè García-Mila*

Capítulo 7. Los sistemas de representación externa como mediadores en el cambio representacional: la habilidad de traducir información a distintos formatos, *María del Puy Pérez Echeverría, Ana Pecharromán y Yolanda Postigo*

Parte II

El cambio conceptual y representacional en el aprendizaje y la enseñanza de la Biología

Capítulo 8. Formación, transformación y recurrencia de conceptos en biología: la organización estructural de la materia viviente, *Eugenio Frixione*

Capítulo 9. Construcción de un perfil conceptual de vida, *Francisco Angelo Coutinho, Charbel Niño El-Hani y Eduardo Mortimer*

Capítulo 10. La naturaleza de las representaciones sobre el sistema circulatorio, *Asunción López Manjón, Yolanda Postigo y Rigoberto León-Sánchez*

Parte III

El cambio conceptual y representacional en el aprendizaje y la enseñanza de la Química

Capítulo 11.: Modelos conceptuales de los estudiantes sobre estructura de la materia: de los perfiles individuales a los grupales, *Leticia Gallegos y Andoni Garritz*

Capítulo 12. La reorganización de las representaciones sobre la materia: cambio continuo o discontinuo, *Miguel Ángel Gómez Crespo, Juan Ignacio Pozo y María Sagrario Gutiérrez*

[Capítulo 13. La naturaleza corpuscular de materia y su conocimiento pedagógico](#), *Andoni Garritz y Rufino Trinidad-Velasco*

Parte IV
El cambio conceptual y representacional en las estrategias de enseñanza

[Capítulo 14. Estrategias de enseñanza y cambio conceptual](#), *Leticia Gallegos, Alejandra García y Elena Calderón*

[Capítulo 15. El papel de la justificación y la argumentación en la construcción de conocimientos científicos en el aula](#), *María Pilar Jiménez Aleixandre*

[Capítulo 16. ¿Es posible introducir a los alumnos en el universo de las ciencias?](#), *Ana María Pessoa y María Candida Varone*

[Bibliografía](#)

CAPÍTULO 1

Introducción: el cambio conceptual y representacional desde la epistemología, la psicología y la educación

Fernando Flores

*Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico,
UNAM*

Juan Ignacio Pozo

*Departamento de Psicología Básica, Universidad Autónoma
de Madrid*

La idea de que el desarrollo del conocimiento científico implica un proceso de cambio o transformación más o menos radical ha imperado desde el último tercio del siglo pasado, surgiendo de manera interrelacionada desde tres grandes campos de análisis del conocimiento: el psicológico, el epistemológico y el educativo. En todos ellos, partiendo de perspectivas e incluso de dominios de conocimiento diferentes, se ha asentado la idea de que la generación, el desarrollo o la adquisición de las formas más avanzadas de conocimiento científico no puede entenderse en términos de la acumulación progresiva de nuevos conocimientos que se añadan a los preexistentes, sino que requiere de «revoluciones» o «reestructuraciones» conceptuales con características diferentes según el momento de desarrollo de cada campo de conocimiento, pero que, en todo caso supone, de algún modo, una ruptura

con las formas de conocimiento anteriores. Este carácter revolucionario o radical justificaría en cada uno de esos ámbitos las dificultades para promover verdaderos cambios conceptuales y, en consecuencia, para acceder a las formas más avanzadas de conocimiento científico.

Pero si desde estos tres diferentes ámbitos (el epistemológico, el psicológico y el educativo) se ha venido a destacar la importancia de estudiar, y en su caso promover, el cambio conceptual, esa convergencia no ha producido, al menos hasta ahora, una visión unificada o integrada de la construcción y aprendizaje del conocimiento. Los enfoques, el tipo de análisis que se lleva a cabo y los aspectos de la cognición y los procesos que se consideran son distintos en cada caso y a veces incluso con visiones irreconciliables. Recordando aquel viejo adagio de los ciegos que intentaban conocer cómo era un elefante, pero nunca lograban hacerse una idea completa del mismo, pueden asumirse dos opciones. Tal vez el problema resida en que esos diversos enfoques o acercamientos disciplinares al cambio conceptual y representacional se ocupan, de hecho, de diferentes tipos y niveles de cambio, de diferentes partes del elefante, de forma que de la conciliación de todos ellos podamos obtener una visión más completa del inmenso objeto al que nos enfrentamos. Pero puede también que simplemente estén estudiando animales u objetos distintos y que, por tanto, nunca puedan integrarse en una misma imagen o teoría.

Pero si realmente esos diferentes tipos de cambio conceptual pertenecen a especies distintas, seguramente se trata de especies estrechamente emparentadas, ya que, a pesar de sus diferencias, es posible pensar que también hay elementos en común, que hay aspectos que permiten tender puentes entre uno y otro campo o forma de abordar el conocimiento. ¿En qué se sustenta la existencia de estas posibles relaciones? ¿Qué elementos en común pueden encontrarse entre los distintos enfoques que nos hagan

pensar en la posibilidad de avanzar en una teoría o al menos modelo más integrado? Podemos empezar por esbozar una primera caracterización de cómo se aborda el problema del conocimiento en cada caso.

El cambio conceptual desde la epistemología de la ciencia

Dentro de los múltiples aspectos que aborda la filosofía de la ciencia y en particular, la epistemología de la ciencia se encuentra el problema de las representaciones y el cambio conceptual. En general, como mencionan Díez y Moulines (1997), se abordan tres dimensiones en torno al conocimiento y su transformación, la *descriptiva*, la *prescriptiva* y la *interpretativa*. Estas tres dimensiones sin embargo no son independientes y guardan relaciones estrechas que cambian según la problemática epistemológica que se analice. Así, para dar cuenta de los procesos de construcción y evolución de las teorías científicas las tres dimensiones aportan diversas formas de abordar y «resolver» desde la elaboración (descripción), las restricciones (prescripción) y las representaciones (interpretación) del desarrollo del conocimiento científico.

La dimensión interpretativa -que implica las representaciones individuales y/o colectivas- con la que el conocimiento científico da cuenta de los procesos fenomenológicos es, sin duda, la más recientemente reconocida dentro del dominio epistemológico y es, al mismo tiempo, la que ha permitido la articulación con las otras dos dimensiones. Esta articulación se ve reflejada en el problema de las representaciones y de las transformaciones que éstas sufren durante el desarrollo de las teorías científicas y cuyo reconocimiento ha emergido de los trabajos fundamentales de la visión historicista de Kuhn (1970), Feyerabend (1970) y Lakatos (1970) estrechamente

entrelazada con la visión constructivista heredada de Kant y completada por aspectos estructurales y de análisis semántico y cognitivo.

El panorama actual que presenta la epistemología de la ciencia muestra diversas formas de abordar los procesos de cambio representacional y conceptual. El más conocido es sin duda el desarrollado por Kuhn (1970) y que tiene como consecuencias relevantes el cambio revolucionario y el problema de la inconmensurabilidad enmarcados en las convenciones que establece la comunidad científica. Sin embargo, otros enfoques también han hecho importantes aportaciones, sobre todo en el plano de la construcción individual del conocimiento. Tal es el caso de Bachelard (1984) con el reconocimiento de que el sujeto debe superar las restricciones impuestas al conocimiento por el propio sujeto para ser capaz de transformar y, por consiguiente, construir nuevo conocimiento. Sin embargo, advierte que esas transformaciones no erradican sus ideas anteriores y, por consiguiente, coexisten en un sistema complejo de representaciones que denomina perfil epistemológico. El propio Piaget aporta elementos trascendentes desde la visión del individuo con la construcción de estructuras que posibilitan las formas de interacción con la fenomenología y su interpretación. *«En este universo [el del niño] inicialmente indiferenciado cualquier cambio consiste en un sustitución de un cuadro de conjunto por otro... A partir de esta situación esencialmente sincrética, los primeros pasos cognitivos consisten en recortar en dicho cuadro un cierto número de elementos repetibles ... de ahí la formación de objetos y relaciones a los cuales se referirán las primeras inferencias o implicaciones entre significaciones y acciones»* (Piaget y García, 1989, p. 14). Esta interacción está determinada por la capacidad que el propio sujeto tiene para valorar, en términos de funcionalidad y por medio de un razonamiento operatorio, formalizado en su etapa más

avanzada, su propia construcción conceptual y estar, entonces, en posibilidad de transformarla (Piaget, 1981).

La dimensión interpretativa no se agota con lo descrito. Otros enfoques del problema de la representacionalidad y sus procesos de transformación aportan caminos complementarios. Por ejemplo, desde un enfoque semántico, se reconoce, también, la multiplicidad de representaciones pero no sólo por razones de abstracción interteórica, sino además en función del contexto en el que se crean (véase Flores y Valdez, cap. 2, también Wagner, 2005). Esto da paso a visiones semánticas centradas en el proceso de transformación conceptual y, por ende, representacional en términos funcionales y de aceptación colectiva que son de más reciente desarrollo.

Si bien, como se ha apuntado, la epistemología de la ciencia ha identificado y descrito, según los distintos enfoques, el cambio representacional y conceptual como un mecanismo de evolución del conocimiento científico, sea a nivel de los conceptos específicos o de las teorías, la comprensión de cómo ocurren dichos cambios y transformaciones no ha quedado resuelta. Cada enfoque o propuesta epistemológica da cuenta de posibles mecanismos (interpretaciones) que orientan el planteamiento de nuevos problemas y la construcción de soluciones aproximadas. Si esto lo trasladamos al campo de la construcción individual de los sujetos en desarrollo y al aprendizaje, emergen nuevos problemas.

El problema del cambio representacional y conceptual hace necesario el planteamiento de nuevos análisis e investigaciones que exploren lo que en el capítulo 5 Pozo denomina la *naturaleza epistemológica*. Este análisis requerirá, desde luego, explorar los enfoques relevantes de la epistemología de la ciencia, pero también incluir las de orden semántico e interpretativo, así como las que intentan estrechar lazos entre las perspectivas epistemológicas y cognitivas. Emergen así nuevos interrogantes y problemas

de investigación y análisis que será necesario explorar. En especial, en la primera parte del libro se abordan, desde diferentes enfoques, algunas de estas posibles relaciones. Así, los capítulos de Flores y Valdez (cap. 2); Romo (cap. 3) y Pozo (cap. 5) centran sus argumentos en estos interrogantes y posibilidades de interrelación. Además del énfasis de los capítulos de la primera parte, en otras secciones del libro también se encuentran miradas y sugerencias hacia estas exploraciones. Así, en la segunda parte del libro, el capítulo 8 de Frixione muestra los problemas de representación en la construcción de conocimientos científicos.

El cambio conceptual desde la psicología

Si la epistemología ha evolucionado en su estudio de los procesos de transformación del conocimiento científico desde posiciones más estrictamente racionales e internas al propio conocimiento científico hacia posiciones más contextuales, historicistas y situacionales, que incorporan a los procesos de cambio elementos ajenos a la supuesta *lógica* del pensamiento científico (véase sobre esa evolución el capítulo 2, de Flores y Valdez, y el capítulo 3, de Romo), algo parecido ha sucedido en los acercamientos al cambio conceptual desde la psicología evolutiva y cognitiva. Sin duda el antecedente de estos acercamientos lo podríamos encontrar en la propia obra de Piaget, quien apoyándose en buena medida en la propia epistemología e historia de la ciencia (Piaget y García, 1981) sostenía que el cambio cognitivo, a lo largo del desarrollo, desde la primera infancia hasta la adolescencia, respondía a una serie de rupturas o revoluciones cognitivas que hacían progresar la mente de los niños a través de diferentes estadios o formas de conocer el mundo, caracterizada cada una de ellas por una lógica o forma de pensar distinta, desde la mera

coordinación de acciones y percepciones en los bebés, que constituye el llamado pensamiento sensoriomotor, hasta las formas más complejas y abstractas del pensamiento lógico-formal, que supuestamente identificarían al pensamiento adolescente y, sobre todo, adulto.

Pero la ingente investigación realizada en lo que podríamos llamar la etapa pospiagetiana de los estudios sobre el desarrollo cognitivo y la adquisición de conocimiento ha supuesto, entre otras cosas, un despertar creciente del interés por el cambio conceptual y representacional como marco para comprender la evolución del conocimiento tanto en los niños como en los adultos. Entre las muchas alternativas teóricas que han surgido –y que ni siquiera podemos mencionar aquí, véase Pozo, 2003; Duit y Treagust, 2003; Rodríguez Moneo y Aparicio, 2004; Flores, 2004– tiende a admitirse que el desarrollo del conocimiento, y en especial del conocimiento científico, lejos de responder a un proceso general o estructural de cambio cognitivo responde más bien a la adquisición de nuevos marcos conceptuales o sistemas de representación en dominios específicos de conocimiento, con lo que ese cambio se explicaría más en términos de cambio conceptual o representacional que de progreso en las estructuras o formas de pensamiento. Una persona podría haber evolucionado en sus formas de pensar sobre los problemas matemáticos o científicos, pero no en su comprensión de los problemas sociales o de sus relaciones interpersonales. Se trataría más de un cambio conceptual o representacional en esos dominios específicos que de una evolución general en la lógica o en las formas de pensar.

Ello ha obligado a las teorías psicológicas del desarrollo cognitivo y de la adquisición de conocimiento a estudiar cómo surgen las nuevas concepciones en un dominio dado a partir de las anteriores. Esos estudios han conducido a aceptar otra idea que les aleja también de algunos de los supuestos del cambio evolutivo piagetiano. Lejos de ser un

producto necesario, una consecuencia casi «natural», del propio desarrollo humano, muchas veces el cambio conceptual resulta muy difícil de conseguir, incluso en condiciones sociales y culturales muy favorables. De esta forma, se puede diferenciar en los enfoques psicológicos recientes (ver más adelante capítulo 5 de Pozo) entre lo que podríamos llamar un cambio conceptual *evolutivo* –que todos los niños tienden a alcanzar en condiciones normales de desarrollo– y un cambio conceptual *instruccional* –que ni siquiera una enseñanza deliberadamente diseñada asegura–. Así, casi todos los niños, en una edad cercana a los tres o cuatro años, *desarrollan* una «teoría de la mente» o una física intuitiva basada en una causalidad lineal debida a la acción de los agentes físicos observables sobre los objetos. Sin embargo, ni siquiera largos años de instrucción aseguran el cambio requerido para asumir una concepción newtoniana sobre el movimiento de los objetos o la teoría darwiniana de la selección natural para explicar la evolución de los organismos, por tomar dos de los ejemplos de «cambio conceptual» o revolución teórica más estudiados por los epistemólogos e historiadores de la ciencia. Los cambios conceptuales más señalados por la epistemología son también los cambios que más atraen el interés de la investigación psicológica, como muy bien mostrara ya el propio Piaget (Piaget y García, 1981). Ello ha hecho que desde la psicología se busquen con frecuencia paralelismos y relaciones con los propios acercamientos epistemológicos al cambio conceptual en esos mismos dominios, e incluso que se busquen conexiones teóricas entre los modelos psicológicos del cambio conceptual y las posiciones epistemológicas clásicas, ya sea de Kuhn (Carey, 1991), de Lakatos (por ej., Pozo, 1987) o de otros autores (como Gastón Bachelard o Ronald Giere). Pero esta dificultad de acceder a esos tipos de cambio conceptual ha hecho también que su estudio se aborde desde la psicología considerando una perspectiva cada vez más instruccional o

si se quiere educativa, promoviendo el acercamiento al tercero de los enfoques desde los que se ha intentado estudiar el cambio conceptual: el de las estrategias de enseñanza que pueden diseñarse para promoverlo y favorecerlo. Ejemplos de estos análisis psicológicos y sus relaciones con el ámbito educativo se encuentran en diversos capítulos de este libro, en particular en la parte I donde se complementan las reflexiones de corte epistemológico con las psicológicas, como el capítulo 4 de Rodríguez Moneo, que incorpora el aspecto motivacional, el capítulo 5 de Pozo, que aborda el cambio desde distintos enfoques. Por su parte la perspectiva evolutiva se encuentra en el capítulo 6 de Martí y Gacía-Mila, mientras que el capítulo 7 de Pérez Echeverría, Pecharromán y Postigo, aborda un estudio instruccional.

El cambio conceptual en la educación y la instrucción

En el ámbito educativo la idea del cambio conceptual se origina en parte por la influencia de los estudios piagetianos y pospiagetianos que abundaban no sólo en la importancia de considerar la estructura cognitiva de los alumnos como punto de partida de la enseñanza, sino también en la dificultad de modificar esa estructura mediante la exposición de los conocimientos científicos aceptados. La propia investigación en didáctica de la ciencia, a partir de trabajos tan influyentes como el de Laurence Viennot (1979), demostró de forma indiscutida la existencia de una «ciencia intuitiva» en los alumnos ya en niveles educativos tempranos pero que persiste aún en los niveles superiores, una ciencia intuitiva constituida por un conjunto de «preconcepciones», «concepciones alternativas» o «ideas erróneas», que no se corresponden con los conocimientos científicos que supuestamente les han sido enseñados a esos mismos alumnos a lo largo de su vida escolar. Estas

investigaciones se amparan además en un enfoque constructivista, que ha dominado el ámbito educativo dando cuenta no sólo de las dificultades del aprendizaje, sino también ofreciendo nuevas propuestas didácticas y curriculares (ver para un análisis de la evolución de estas propuestas el capítulo 14 de Gallegos, García y Calderón).

La investigación didáctica sobre el cambio conceptual se orientó inicialmente hacia una idea según la cual el aprendizaje y la enseñanza de la ciencia debía entenderse como un proceso de sustitución conceptual, en parte por la influencia –bien o mal entendida (véase el capítulo 15 de Jiménez Aleixandre donde se hace una descripción detallada)– de los primeros modelos de Posner *et al* (1982). Sin embargo, el análisis posterior ha mostrado la insuficiencia de esta forma de concebir el cambio conceptual –lo que ha llevado a una posterior reformulación de aquellos modelos, que se han visto enriquecidos por el reconocimiento de diversos aspectos entre los que podemos destacar: el cambio o transformación como complemento, como evolución, como reconstrucción y como coexistencia (véase el capítulo 5 de Pozo). Recientemente han surgido nuevas posiciones que incorporan nuevos procesos para favorecer el cambio conceptual, entre ellos los aspectos motivacionales (en el capítulo 4 de Rodríguez Moneo se aborda de manera amplia la relación entre los aspectos motivacionales y el cambio conceptual), que si bien retoman de forma más amplia o integradora al sujeto, aún están lejos de construir propuestas claras de su influencia en los procesos específicos del cambio conceptual.

¿Cómo se plantea desde el campo educativo o instruccional qué es lo que cambia en el cambio conceptual? A diferencia de los campos epistemológico y psicológico, que definen con cierta precisión sus conceptos en cada uno de sus enfoques, en el campo educativo hay gran diversidad de aproximaciones y por tanto de ambigüedades, lo que conduce a posiciones en algunos

casos difíciles de reconciliar (algunas de las cuales se recogen en el capítulo 14 de Gallegos, García y Calderón). Resalta por ejemplo la forma de interpretar lo que son los conceptos, ya que mientras unos ven en ellos una representación fija, unitaria e independiente, otros ven en los conceptos sistemas complejos continuamente cambiantes. Otro ejemplo es que mientras unos conciben el cambio como procesos de síntesis, de adición y de coalescencia, otros enfoques lo plantean como una reconstrucción en sentido amplio, con nuevos significados y nuevas formas de interpretación de la realidad, que requieren por tanto nuevas formas de razonar, argumentar (ver capítulo 15 de Jiménez Aleixandre) e incluso representar la información (por ejemplo, el capítulo 6 de Martí y García-Mila y el capítulo 7 de Pérez Echeverría, Pecharromán y Postigo).

¿Qué aporta en términos de una teoría del cambio conceptual o representacional la perspectiva educativa? El análisis que plantean las situaciones en el aula y el contexto cultural y social, así como las cuestiones afectivas sin duda aportan aspectos complementarios a los análisis psicológicos y epistemológicos, pero también nuevas problemáticas. Surge así la necesidad de desarrollar modelos y teorías transdisciplinarias y por tanto, de un esfuerzo compartido e integrador, ya que más allá de sus diferentes acentos, sin duda los tres enfoques desde los que se ha abordado el cambio conceptual -epistemológico, psicológico y educativo- comparten una agenda de problemas comunes, algunos de los cuales constituyen el hilo argumental de este libro, por lo que puede ser útil esbozarlos o anunciarlos.

Los enfoques epistemológico, psicológico e instruccional: una agenda de problemas compartida para el cambio conceptual y representacional

De entre los muchos problemas que se abordan en los siguientes capítulos, y que definen en parte la agenda actual de la investigación epistemológica, psicológica y educativa sobre el cambio conceptual, hay tres cuestiones que atraviesan buena parte de los trabajos y que sin duda son un lugar de encuentro, y con frecuencia de desencuentro, entre esos enfoques. Esos tres aspectos son la naturaleza de los procesos de cambio conceptual, la pluralidad representacional y sus posibles soluciones a través del cambio conceptual y, más recientemente, la importancia de los lenguajes y códigos representacionales en el proceso de cambio conceptual.

El cambio como un proceso cognitivo, social o afectivo

Una de las principales diferencias que pueden percibirse en las tres aproximaciones en torno al cambio conceptual es la determinación de su ámbito conceptual. Así, los acercamientos epistemológicos se abocan a las construcciones formalizadas (o semiformalizadas) que tienen que ver con las teorías y representaciones. En cambio, los estudios psicológicos se interesan por procesos que lleven a la elaboración de una noción o más recientemente al desarrollo de representaciones en el dominio de la acción cognitiva del sujeto; y, por su parte, los enfoques instruccionales o educativos toman como eje los conceptos específicos que se pretende enseñar, si bien, también han ido cambiando hacia una concepción más amplia o al menos más reflexiva con respecto a lo que se aprende (conceptos o teorías). Así, nos encontramos que si bien desde el enfoque psicológico el sujeto y sus procesos han sido el elemento central, desde la educación y la epistemología el análisis se ha enfocado de manera distinta, al centrarse más bien en el cambio de conocimiento que se produce (en algunos casos externo al sujeto) y no en los

procesos mentales que conducen al cambio. Resulta en este sentido interesante comprobar que los modelos psicológicos del cambio conceptual se están viendo obligados a incorporar elementos de carácter social y contextual, que obligan por un lado, a un acercamiento más «situado» o «contextual», y por otro a la consideración del cambio como un proceso afectivo o motivacional, y no sólo cognitivo (por ejemplo, el capítulo 4 de Rodríguez Moneo), ideas que también están siendo impulsadas desde la investigación didáctica sobre el propio cambio conceptual (por ejemplo, los capítulos 15 de Jiménez Aleixandre y 16 de Pessoa de Carvalho y Varone). Posiblemente la integración entre esos componentes cognitivos, afectivos y sociales nos permita entender las diferencias, pero también las semejanzas, entre el cambio conceptual en la vida cotidiana, en el aula y en la propia historia de la ciencia.

Pluralidad representacional: de la inconmensurabilidad y la cognición situada a la integración jerárquica

Frente a la idea inicial de que el cambio conceptual podía o debía de suponer la sustitución de un conjunto de «ideas erróneas» o «concepciones alternativas» por el saber científicamente establecido, la investigación ha ido mostrando la imposibilidad de lograr esa sustitución, acreditando que antes y después de la instrucción los alumnos tienen múltiples representaciones sobre un mismo fenómeno, ya sea en contextos distintos (véase el capítulo 4 de Rodríguez Moneo) o ante tareas con diferente nivel de exigencia representacional (como se muestra en el capítulo 10 de López Manjón, Postigo y León-Sánchez), o bien organizándose en forma de perfiles conceptuales para una misma tarea (que se detallan en los capítulos 9 de Coutinho, Niño y Mortimer; 11 de Gallegos y Garritz y, 12 de Gómez Crespo, Pozo y Gutiérrez), e incluso en el propio

«conocimiento pedagógico» que subyace a la práctica docente (veáse el capítulo 13 de Garritz y Trinidad-Velasco y el capítulo 16 de Pessoa de Carvalho y Varone).

La aceptación «empírica» de esta coexistencia o convivencia de múltiples representaciones en la mente del alumno, o en el propio debate científico (como ejemplo de estas representaciones en el ámbito científico está el capítulo 8 de Frixione), lleva a diversas alternativas teóricas, desde el debate epistemológico sobre la inconmensurabilidad entre teorías científicas aparentemente contradictorias o incompatibles (ver capítulo 2 de Flores y Valdez, y capítulo 3 de Romo), hasta la defensa de enfoques contextuales o de cognición situada (capítulo 4 de Rodríguez Moneo y capítulo 15 de Jiménez Aleixandre) para el cambio psicológico, según los cuales existirían representaciones distintas para contextos diferentes, o finalmente los intentos de buscar una integración jerárquica entre esas diferentes representaciones (por ejemplo, Pozo, capítulo 5). Desde todos estos enfoques se comparte la creencia de que el cambio conceptual debe conducir a una mayor diversidad conceptual, pero no hay sin embargo un acuerdo sobre cómo resolver esa pluralidad conceptual. Una de las posibles vías de solución que se apuntan al problema de inconmensurabilidad es asumir que esas diversas concepciones que conviven pueden hacerlo en el marco de sistemas o niveles representacionales diferentes.

El cambio conceptual como cambio representacional: la influencia de los sistemas de representación externa

Aceptar que el cambio conceptual implica un verdadero cambio representacional supone reconocer el papel mediador de los lenguajes y códigos culturalmente dados, que hacen posible el paso desde los sistemas de

representación más primarios, de naturaleza «encarnada» (según Pozo, capítulo 5), a los sistemas simbólicos utilizados por la ciencia, tales como los sistemas de notación y numeración (ver el capítulo 6 de Martí y García-Milá), los sistemas de representación gráfica (como se muestra en el capítulo 7 de Pérez Echeverría, Pecharromán y Postigo y en el capítulo 10 de López Manjón, Postigo y León-Sánchez) o los propios sistemas de argumentación y justificación en las explicaciones científicas (capítulo 15 de Jiménez Aleixandre), cuando no otros códigos de representación más específicos, como la propia teoría cinético-molecular para la representación de la naturaleza de la materia, como se muestra en los capítulos 11 de Gallegos y Garritz y capítulo 12 de Gómez Crespo, Pozo y Gutiérrez. La sugerencia de que esa convivencia entre diferentes representaciones y teorías pudiera entenderse como un proceso de «redescripción representacional» (capítulo 5 de Pozo), a partir de Karmiloff-Smith (1992), no basta para resolver el problema del cambio conceptual o representacional cuando se traslada a las situaciones propias de los procesos instruccionales, tanto en la formación docente como en la de los propios estudiantes y finalmente deja abiertas diversas estrategias posibles sobre el trabajo didáctico con esas ideas, concepciones, o sistemas de representación que los alumnos traen al aula.

Sobre la organización de este libro

Como se habrá podido apreciar el cambio conceptual y representacional es un tema interesante e importante para comprender los procesos de construcción y aprendizaje del conocimiento científico. Es a la vez un tema que se encuentra en debate y en el que apenas se dispone de incipientes teorías que promuevan líneas de investigación

que nos lleven hacia una mejor comprensión de cómo aprendemos y construimos conocimientos.

El presente libro es un intento de aportar elementos de reflexión, desde múltiples miradas, organizados en tres grandes ejes, el epistemológico, el psicológico y el educativo. Para ello hemos agrupado las aportaciones de los diversos autores en cuatro partes o apartados. En la primera parte «El cambio conceptual y representacional: Perspectivas epistemológicas, cognitivas y evolutivas» hemos agrupado los trabajos con una orientación teórica y reflexiva sobre aspectos epistemológicos, como es el caso de Flores y Valdés (capítulo 2), donde se hacen reflexiones en torno a los aportes epistemológicos de las representaciones y su transformación, y el trabajo de Romo (capítulo 3), que nos lleva por un recorrido de los enfoques epistemológicos y las propuestas del cambio conceptual. Las reflexiones sobre los aspectos psicológicos se encuentran principalmente en la aportación de Rodríguez Moneo (capítulo 4), quien analiza los aspectos motivacionales y sus implicaciones en los procesos de cambio conceptual, y en Pozo (capítulo 5), quien nos ofrece una visión integrada y evolutiva de la redescritión representacional, asumiendo además una perspectiva compleja, desde los tres ejes que guían este libro. La perspectiva evolutiva en los procesos de cambio conceptual y representacional es abordada en el capítulo 6 de Martí y García-Mila, quienes describen la función de las representaciones externas en el proceso de construcción de conocimiento. Por su parte Pérez Echeverría, Pecharromán y Postigo dan cuenta también en el capítulo 7 de los procesos involucrados en la elaboración de conceptos matemáticos por medio de las representaciones externas.

La segunda parte «El cambio conceptual y representacional en el aprendizaje y la enseñanza de la Biología» aborda con tres estudios diversos aspectos y formas de analizar lo que ocurre en los procesos de

transformación conceptual en este dominio. En el primero de ellos, Frixione (capítulo 8) muestra los cambios de representación –organización celular o fibrilar– que han ocurrido en el desarrollo de la biología, mientras que en el capítulo 9 Coutinho, Niño y Mortimer presentan una investigación con estudiantes universitarios de los perfiles conceptuales y sus transformaciones en torno al concepto de vida. El capítulo 10 de López Manjón, Postigo y León-Sánchez describe los procesos de cambio representacional sobre el sistema circulatorio en estudiantes y profesores de bachillerato.

La tercera parte «El cambio conceptual y representacional en el aprendizaje y la enseñanza de la Química» es un apartado equivalente al anterior, de modo que los trabajos están centrados sobre un tema: la estructura de la materia. En el capítulo 11, Gallegos y Garritz hacen un análisis de las representaciones múltiples sobre esta temática en estudiantes universitarios, proponiendo estudiarlos en forma de perfiles conceptuales. En el capítulo 12 de Gómez-Crespo, Pozo y Gutiérrez se abordan también los perfiles conceptuales y se muestran los procesos de cambio en estudiantes del nivel medio superior en cuanto a sus representaciones sobre la materia. Finalmente en el capítulo 13 de Garritz y Trinidad-Velasco se estudia el tema desde la perspectiva del cambio conceptual en los profesores de química a través de su conocimiento pedagógico sobre cómo abordar esta temática con sus alumnos.

La cuarta y última parte «El cambio conceptual y representacional en las estrategias de enseñanza» nos muestra tres análisis y reflexiones diferentes sobre las formas de considerar en la educación el cambio conceptual y representacional. Así, en el capítulo 14 Gallegos, García y Calderón nos ofrecen un análisis sobre diversas estrategias de enseñanza y sus relaciones con las teorías de cambio conceptual, así como elementos para que los profesores

puedan percibir las orientaciones que, en este sentido, tienen diversas propuestas didácticas. Por su parte, Jiménez Aleixandre en el capítulo 15 nos presenta cómo es posible trabajar un proceso de transformación conceptual con los alumnos, partiendo de una teoría del cambio conceptual y llevándola a la práctica mediante procesos de razonamiento y argumentación con los estudiantes. Finalmente, el capítulo 16 de Pessoa de Carvalho y Varone, con el que cerramos el libro, nos ofrece un análisis sobre las posibilidades educativas de lograr esos cambios conceptuales y representacionales, concibiéndolo como un proceso de «enculturación» en los alumnos a través de la formación docente, que retoma muchos de los aspectos mencionados en los capítulos precedentes.

Tenemos la certeza de que la pluralidad conceptual y representacional es una riqueza, pero también la convicción de que necesitamos un diálogo o una traducción entre las diversas concepciones y teorías que estudian el cambio conceptual y representacional, e incluso desde los diversos enfoques o miradas que aquí se recogen, la visión epistemológica, psicológica y educativa. Este libro es fruto de ese diálogo pero quiere sobre todo generar la expectativa de nuevos diálogos y encuentros.

Agradecimientos

El presente libro recoge las presentaciones y las discusiones de un Seminario celebrado en septiembre de 2005 en la Facultad de Psicología de la Universidad Autónoma de Madrid. La realización de dicho Seminario fue posible gracias al apoyo ofrecido por el Vicerrectorado de Relaciones Internacionales de la Universidad Autónoma de Madrid, en el marco de convenio UAM-UNAM, junto a la ayuda de la Facultad de Psicología y del Departamento de Psicología Básica de la Universidad Autónoma de Madrid y

del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico de la Universidad Nacional Autónoma de México. Asimismo tanto la organización del Seminario como la edición del presente libro forma parte de los Proyectos *Adquisición de conocimientos en dominios específicos: teorías implícitas y cambio representacional* (BSO2002-01557) e *Instrucción para el cambio representacional: de las teorías implícitas al aprendizaje de conocimientos en contextos educativos* (SEJ2006-15639-C02-01/EDUC) financiados por el Ministerio de Educación y Ciencia de España, y del Proyecto *Representación y Cambio Conceptual en Estudiantes de Ciencias* (SEP-CONACYT, 43918-H) financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México.

Parte I

El cambio conceptual y representacional: perspectivas epistemológicas, cognitivas y evolutivas

CAPÍTULO 2

Enfoques epistemológicos y cambios representacionales y conceptuales¹

Fernando Flores Camacho

*Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico,
UNAM*

Ricardo Valdez González

Subsecretaría de Educación Básica, SEP, México

Introducción

El cambio conceptual es uno de los enfoques en torno al aprendizaje que, sin duda, ha contribuido de manera importante al análisis de los problemas de comprensión y aprendizaje de los conceptos y teorías científicas por los estudiantes de todos los niveles educativos. Debido a su importancia es también un tema que se ha analizado e investigado de manera intensa en las últimas décadas. Actualmente se cuenta con varios intentos por hacer un recuento de su desarrollo (Vosniadou, 1999; Duit y Treagust, 2003; Flores, 2004; Rodríguez-Moneo y Aparicio, 2004).

Adicionalmente se han abierto nuevos debates, uno de ellos está centrado en el cambio representacional –como aquel en el que la transformación ocurre en los esquemas o elementos que dan sentido a los términos y/o conceptos– y el cambio conceptual (Pozo, 2003). Uno más se encuentra entre concebir la transformación de conceptos como

entidades individuales (Chi, 1992, Chi y Roscoe, 2003; Carey, 1991, 1992) o como la coexistencia de representaciones múltiples (Caravita y Halldén, 1994; Ivarsson, Schoultz y Säljö, 2003).

Pero, el cambio conceptual no sólo ha sido tema de análisis en el ámbito educativo y el psicológico (ver Pozo, capítulo 5 de este mismo libro), también es y ha sido un tema de análisis epistemológico. Así las aportaciones de Kuhn (1970), Feyerabend (1970), Lakatos (1970) y otros han estado encaminadas a dar cuenta de la construcción del conocimiento científico como un proceso de transformación y han sido base para el desarrollo del cambio conceptual en el ámbito del aprendizaje como se recoge en uno de los trabajos iniciales (Posner, Strike, Hewson, y Gertzog, 1982). Sin embargo, a pesar de que los análisis sobre el cambio conceptual desde la epistemología continúan y que hay desarrollos previos o desde una perspectiva distinta a la iniciada por Kuhn (1970), usualmente no han sido considerados o han sido tomados en cuenta de manera muy marginal. En este trabajo, por el contrario, consideramos que una revisión de estos desarrollos puede aportar elementos complementarios a las directrices y problemáticas del cambio conceptual en el ámbito de la enseñanza de las ciencias y de las teorías del aprendizaje en general.

La estructura que se propone es la siguiente: En una primera parte se analizan enfoques epistemológicos centrados en las transformaciones y construcciones conceptuales y representacionales de los sujetos como visiones generales del conocimiento humano. En una segunda parte se analizará el cambio de teoría, en particular las implicaciones de la noción de inconmensurabilidad en la construcción del conocimiento y en las aproximaciones de cambio conceptual. Posteriormente se enfocará el problema de la representación y su dinámica de transformación para,

finalmente, concluir en las principales aportaciones desde estos enfoques epistemológicos para el desarrollo del cambio conceptual o representacional.

La epistemología y el cambio en el conocimiento

El análisis epistemológico del conocimiento científico, con la aparición de la teoría especial de la relatividad y la mecánica cuántica, sufre un replanteamiento sobre la construcción de la ciencia, su método y su progreso, pero también en la concepción del papel del investigador como constructor de conocimiento. El análisis epistemológico de esa ruptura de imagen física, dio origen a nuevos enfoques. Entre ellos, la necesidad de una formalización lógica de la estructura de las teorías científicas y de sus procesos de desarrollo (Carnap, 1956) y a los procesos de construcción del conocimiento en los sujetos (Bachelard, 1984).

Negación y superación de obstáculos como sistema de conocimiento

Un buen punto de partida para el análisis propuesto en torno a los enfoques epistemológicos y sus relaciones posibles con los problemas de la comprensión de la ciencia por los sujetos es la aproximación de Bachelard que puede resumirse en; «*Todo progreso científico necesita una conversión. Los progresos del pensamiento científico contemporáneo determinaron transformaciones hasta en los propios principios del conocimiento*» (Bachelard, 1984, p. 11).

Bachelard analiza parte de esta conversión en lo que denomina conceptualización activa, es decir, en las transformaciones de los conceptos bajo dos enfoques complementarios. La noción de obstáculo epistemológico que indica la necesidad de que el sujeto sobrepase una

forma previa de concebir su relación e interpretación conceptual con los fenómenos y, la superación del anclaje epistemológico de esas concepciones.

Bachelard ejemplifica las transformaciones epistemológicas –y por tanto conceptuales– de los conceptos. Esas transformaciones de un concepto van desde sus nociones primeras, utilitarias, hasta una concepción donde todos los referentes son términos teóricos y su relación se da sólo a través de la formalización matemática. Lo anterior refleja también que los conceptos no son entidades independientes del entramado teórico o explicativo al que pertenecen, por lo que no puede pensarse en una transformación conceptual independiente como ha sido supuesto por diversos investigadores (Carey, 1992; Chi, 1992; Chi y Roscoe, 2003).

Al construir en un sujeto la idea de perfil epistemológico, Bachelard no sólo hace ver las transformaciones de los conceptos sino, también, la coexistencia en los sujetos de esas múltiples conceptualizaciones y su uso en función de contextos específicos (que en el ámbito psicológico le denominan cognición situada). Así, da cuenta de cómo incluso quienes muestran claridad sobre un concepto en su visión más alejada de la cotidianeidad, recurren a la visión cotidiana, en situaciones comunes o para comunicarse con personas de otro ámbito ajeno al de la discusión científica sobre el tema.

Bachelard inscribe cada concepción científica como masa o sustancia dentro de un enfoque epistemológico. Esto tiene para el cambio conceptual varias implicaciones. En primer lugar, como se ha esbozado, los conceptos por sí mismos no tienen significado si no son interpretados desde una visión y una estructura conceptual que les posibilita ser representaciones de algo. Así un cambio en el concepto está necesariamente asociado a un cambio representacional. Sólo así puede comprenderse cómo un concepto deja de tener sentido para una teoría distinta de la que lo generó y