

Diálogos entre Kuhn y la Psicología cognitiva. Algunos aportes para pensar los procesos de aprendizaje y cambio conceptual.

ORMART , ELIZABETH BEATRIZ; Brunetti, Juan.

Cita:

ORMART , ELIZABETH BEATRIZ; Brunetti, Juan (2008). *Diálogos entre Kuhn y la Psicología cognitiva. Algunos aportes para pensar los procesos de aprendizaje y cambio conceptual. Revista Summa Psicológica UST, V, 63-78.*

Dirección estable: <https://www.aacademica.org/elizabeth.ormart/101>

ARK: <https://n2t.net/ark:/13683/p70c/zZ9>



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons.
Para ver una copia de esta licencia, visite
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>.

Acta Académica es un proyecto académico sin fines de lucro enmarcado en la iniciativa de acceso abierto. Acta Académica fue creado para facilitar a investigadores de todo el mundo el compartir su producción académica. Para crear un perfil gratuitamente o acceder a otros trabajos visite: <https://www.aacademica.org>.

Diálogos entre Kuhn y la psicología cognitiva: algunos aportes para pensar los procesos de aprendizaje y cambio conceptual

Discussion between Kuhn and the cognitive psychology: a contribution to consider learning processes and conceptual change

Elizabeth Beatriz Ormart¹ y Juan Brunetti

Universidad de Buenos Aires y Universidad Nacional de La Matanza, Argentina

(Recepción: Febrero 2008 – Aceptación: Mayo 2008)

Resumen

El propósito de este trabajo es mostrar la vinculación entre la obra de Kuhn y los desarrollos de la psicología cognitiva. Hemos podido diferenciar dos tipos de procesos cognitivos presentes en el modelo epistemológico de Kuhn e investigados por la psicología cognitiva. Uno es el proceso de adquisición de conceptos, propio del período de ciencia normal; el otro, es un cambio conceptual adecuado para explicar el período de revolución científica. En el primer grupo encontramos el trabajo de Eleanor Rosch acerca de los prototipos. En el segundo, ubicamos la teoría de Carey sobre el bootstrapping y de Nersessian de la modelización constructiva.

Palabras claves: Kuhn, psicología, aprendizaje, teoría del bootstrapping.

Abstract

This paper aims at showing the connection between Kuhn's work and the development of cognitive psychology. We have been able to distinguish two types of cognitive processes present in Kuhn's epistemological model and explored by cognitive psychology. One is the process of concept acquisition, germane to the normal science period; the other is a conceptual change adequate to explain the scientific revolution period. Within the first group we find Eleanor Rosch's work about prototypes. Within the second, we locate Carey's theory about bootstrapping and Nersessian's constructive modelling.

Key words: Kuhn, psychology, learning, bootstrapping's theory.

La psicología cognitiva y ciencia cognitiva

La psicología cognitiva se encuentra dentro de la ciencia cognitiva. El campo de las ciencias cognitivas es complejo y está ligado a la aparición de los primeros ordenadores en la década del 50. Desde entonces se ha desarrollado en relación con los avances en inteligencia artificial y las simulaciones computarizadas que pretenden recrear el pensamiento humano. El procesamiento de la información por vía de los ordenadores y su comparación con el ser humano llevó a un replanteo metodológico de las cuestiones relacionadas con el conocimiento. Si el conocimiento puede entenderse como procesamiento de información entonces se pueden relacionar los sistemas cognitivos del hombre, de los animales y las mismas máquinas. Por esta línea encontramos que la expresión ciencia cognitiva pasa a reemplazar a "teoría del conocimiento" y el término cognición ocupa el lugar de "conocimiento"². Es así que el campo de la ciencia cognitiva está integrado medularmente por la psicología (cognitiva) y la ciencia de la inteligencia artificial, o dicho de otro modo, por el estudio de los sistemas cognitivos naturales (hombre, animal) y los artificiales (computadoras y robots).

1 Correspondencia a: Elizabeth Beatriz Ormart. Dirección Postal: Cerrito 736. Dpto. 2 Ramos Mejía (CP. 1704) Provincia de Buenos Aires, Argentina. E-mail: eormart@psi.uba.ar Teléfono: 4654-2916

2 "El término inglés cognition, al igual que el castellano cognición, eran de uso raro anteriormente, pero son usados actualmente para indicar la nueva concepción del conocimiento que implican las dos novedades señaladas." (Martínez Freire, 2004, p. 299).

De manera conjunta la ciencia cognitiva utiliza herramientas de otras ciencias como la lógica, la neurociencia y la lingüística. A pesar de considerarse todos los tipos de conocimiento en la ciencia cognitiva existe una fuerte tendencia a entender el conocimiento propiamente inteligente como el dirigido a solucionar problemas (Martínez Freire, 2004, p. 299).

Los psicólogos cognitivos utilizan la analogía computacional para teorizar sobre la mente. Según esta analogía se establece que:

a- La mente es un mecanismo computacional que funciona con programaciones (algoritmos) que pueden reproducirse en simulaciones de inteligencia artificial.

b- La mente es un sistema simbólico, es decir, un sistema de representaciones que alude a un contenido intencional. Sin embargo, dicha intencionalidad –o referencia a algo–, es ajena a la dimensión formal que se pretende estudiar.

Hasta la aparición del paradigma cognitivo el modelo de la mente o la conducta humana eran la biología y las conductas de los animales. El cognitivismo toma como modelo al ordenador. Establece así una analogía entre la mente y el ordenador. Las computadoras funcionan de acuerdo a una programación humana, es posible, por tanto, desde ellas inferir el funcionamiento de la mente humana. Ambos son sistemas de codificación, retención y operación con símbolos. Esto es lo que se ha llamado una metáfora funcional.

La psicología cognitiva recoge, en primera instancia, la tradición experimental de laboratorio, pero luego ha buscado a los sujetos y sus tareas en su medio natural, lo que se entiende como un enfoque ecológico. Las funciones de conocimiento de la mente que tradicionalmente se han estudiado desde Aristóteles (percepción, memoria, inteligencia) son retomadas por la psicología cognitiva apelando a la experimentación y la adopción de la analogía computacional.

La vinculación con Kuhn

En su paso por el Center for Advanced Study in the Behavioral Sciences de Stanford entre 1958 y 1959, Kuhn estuvo en contacto con psicólogos cognitivos como Miller y Pribram, quienes junto a Galanter publicarían en 1960 un estudio sobre la conducta utilizando el símil del ordenador.

El interés de Kuhn respecto de la psicología cognitiva puede testificarse por distintos medios. En su artículo, Nersessian (2003, p. 205) hace constar que utilizó información que Susan Carey le suministrara acerca de sus conversaciones con Kuhn sobre el desarrollo cognitivo. Además, señala que en la transcripción de las entrevistas conducidas por Hanne Andersen (realizadas en marzo de 1994 y octubre de 1995), Kuhn mencionó que la investigación en psicología cognitiva respecto del desarrollo infantil era algo que él tenía en cuenta mientras escribía el libro que sería la continuación de *La estructura*. Él dio permiso para el empleo de estas entrevistas después de su muerte. Kuhn conocía la literatura sobre ciencia cognitiva aunque no se puede precisar con qué amplitud y profundidad. También asegura Nersessian, en esas mismas notas, que Kuhn le solicitó personalmente información sobre la neurociencia y mostró interés en el desarrollo infantil tal como lo había estudiado Susan Carey.

Por otra parte Kuhn investigaba desde fines de los sesenta la utilización de simulaciones por ordenador del aprendizaje de conceptos por medio de paradigmas (Solís Santos, Soto Rodríguez, 1998, p. 317), de hecho hay referencias explícitas de Kuhn sobre estas derivaciones de su investigación epistemológica (Kuhn, 1969a y 1974a). Pero en aquellos tiempos los programas de inteligencia artificial se realizaban mediante un ordenador serial, el procesamiento en paralelo comenzó a desarrollarse en los ochenta. Es en esta última forma como el proyecto de simulación en inteligencia artificial del programa de Kuhn puede realizarse. Por eso sostenemos que la adopción de un marco cognitivista en el último Kuhn queda justificada por razones que su propia epistemología requería. Según refiere Nudler:

En un trabajo publicado hace varios años en México, yo sostenía que uno de los motivos

que podrían explicar por qué Kuhn dejó de prestar atención, por ejemplo, a los aspectos psicológicos de la inconmensurabilidad, es la insuficiencia de las teorías de los procesos cognitivos a las cuales apeló en “La estructura de las revoluciones científicas” (ERC). En dicha obra abundan las referencias a la llamada Gestalpsychologie; el problema es que si bien esta doctrina le aportaba una terminología sugerente, alusiva a los switches gestálticos del tipo pato-conejo, no suministraba en realidad instrumentos analíticos para entender los mecanismos cognitivos que intervienen en los procesos de aceptación y cambio de teoría. En contraste, la psicología cognitiva, que ya había alcanzado un cierto grado de desarrollo para la época de la publicación de la ERC, podía haberle ofrecido a Kuhn una ayuda más efectiva, en particular para formular una contrapartida cognitiva de su doctrina, compartida con Hanson y otros, acerca de la carga teórica de la observación (Nudler, 2004, p. 8).

La psicología no puede eludir la diferenciación entre dos tipos de procesos cognitivos presentes en el modelo epistemológico de Kuhn. Uno es el proceso de adquisición de conceptos vinculados con el paradigma vigente, otro es el que genera un cambio conceptual y, por lo tanto, representa, en el modelo epistemológico kuhniano, una transición revolucionaria. Los dos procesos forman parte de la investigación en psicología cognitiva. A continuación desarrollaremos de qué manera estos estudios se acercan a Kuhn y Kuhn a ellos.

a- El aprendizaje a partir de paradigmas

Para Kuhn el aprendizaje de los conceptos científicos se realiza dentro del marco del paradigma. Los nuevos científicos adquieren conocimientos dentro de un paradigma vigente que les es propuesto. El paradigma es asumido y conlleva una visión del mundo que se proyecta sobre distintas áreas y problemas. “El modelo de aprendizaje conceptual de Kuhn entraña la posesión de conocimiento (que suele ser tácito) acerca del mundo (...)” (Solís y Soto, 1998, p. 296).

Así es como ve Kuhn, desde un enfoque holista y naturalista, lo que sucede dentro del seno de la comunidad científica al aceptarse ejemplos paradigmáticos de logros científicos. Esta mirada hacia los científicos reales que trabajan dentro de un marco cognitivo común iba, desde el principio, en contra de la noción de reglas de correspondencia propuestas por el neopositivismo. El marco naturalista tiene que ver con los estudios de la psicología cognitiva que señalan que en lugar de correspondencia (identidad entre la definición y el referente real, por ejemplo) hay semejanza, similitud o, en términos de Wittgenstein, “parecidos de familia”.

Merecen aquí una mención los estudios de Eleanor Rosch desarrollados en los años setenta acerca de la categorización del mundo real. Según ella las categorías que creamos para organizar el mundo persiguen una finalidad económica. La multiplicidad y diversidad de estímulos se reducen a condiciones de equivalencia y así se van formando las diversas categorías. Los sistemas categoriales reúnen estímulos perceptivos que se consideran adecuados para definir la categoría y así se diferencian de otra. Estos estímulos perceptivos pueden entenderse como atributos pero ninguno de por sí define la categoría. La estructura de la categoría es determinada por los parecidos de familia, siguiendo la concepción de Wittgenstein sobre el tema. Por lo tanto, no puede separarse analíticamente una categoría de otra debido a que no hay condición absoluta de exclusividad. Existe un gradiente entre una categoría y otra y no un corte abrupto. Además (y éste es el aporte más importante de Rosch), ya que no existe el atributo necesario y suficiente que defina la pertenencia a la categoría sino que se trata de un conjunto que se cumple de manera variable en los individuos, nos encontramos con miembros que parecen responder mejor que otros a la categoría (fenómenos de tipicidad)³. Los mejores ejemplos de las categorías son considerados los prototipos de las mismas.

The judged best examples of conceptual categories are called prototypes. While some may be based on statistical frequencies, such as the means or modes (or family resemblance structures) for various attributes, others appear to be ideals made salient by factors such as physiology (good colors, good forms), social structure (president, teacher), culture (saints),

3 “Un gorrión representa mejor a la categoría ave que un pingüino y una vaca mejor la de mamífero que un delfín.” (Solís y Soto, 1998, p. 306).

goals (ideal foods to eat on a diet), formal structure (multiples of 10 in the decimal system), causal theories (sequences that “look” random), and individual experiences (the first learned or most recently encountered items or items made particularly salient because they are emotionally charged, vivid, concrete, meaningful, or interesting). (Rosch, 1999, p. 65).

Los prototipos deben considerarse como una especie de medida de tendencia central (Solís y Soto, 1998, p. 307). Proporcionando la máxima información con el menor gasto cognitivo estos prototipos cumplen funciones estructuradoras del mismo modo que lo hacen los paradigmas como ejemplares.

Ahora bien, según Kuhn, los conceptos científicos configuran un mundo de acuerdo a una manera particular aprendida. Estos son conocimientos previos que posee el individuo para estructurar su concepción de la realidad. Estos conocimientos previos funcionan como un *a priori*, opuesto al supuesto empirista de la psicología asociacionista. Aquí es donde la epistemología de Kuhn ya no puede acomodarse a una psicología asociacionista puesta de manifiesto en el aprendizaje de ejemplares a través de semejanzas y desemejanzas. Está claro –según lo dicho– que la base empírica no es el origen de las teorías sino que estos mismos datos de la experiencia resultan reconocidos, conformados e interpretados por una serie de suposiciones que la anteceden. Ya que no hay base empírica neutral, al confrontarse teorías distintas el correlato inevitable es la verificación de la inconmensurabilidad entre ellas.

Los paradigmas como ejemplos compartidos de resolución de problemas se presentan como el modo de aprender implícitamente las suposiciones que están en la base de la actividad científica normal. La investigación en psicología cognitiva, como el caso de las experiencias de Rosch, dan lugar a comprender cómo se alcanza el aprendizaje de ciertas categorías según una forma graduada de los miembros en relación al prototipo (tipicidad). Esta forma de aprendizaje es similar a la que propone Kuhn cuando habla del reconocimiento por medio de la ostensión que realiza el niño de ciertos miembros ejemplares de las categorías. Estos ejemplares constituyen guías comparativas para las demás observaciones, incluso las que aún no se han realizado. Los ejemplares funcionarían como el centro categorial alrededor del cual se ubican en gradiente los otros miembros de la clase. Este procedimiento de aprendizaje prescinde de la explicitación de las definiciones que harían constar las condiciones o atributos que deberían cumplir por igual todos los miembros de la categoría.

Volviendo al proyecto de Kuhn, de transformar el aprendizaje por medio de paradigmas en un programa de ordenador digamos que la simulación prevista se ha logrado satisfactoriamente mediante el procesamiento en paralelo⁴. A diferencia del procesamiento serial –en el que se realiza una sola operación por vez– en el procesamiento en paralelo se realizan diferentes operaciones al mismo tiempo de acuerdo a las unidades que participan en el procesamiento completo. El cerebro funciona de esta última forma y es una de sus ventajas. Es así que las redes neuronales, con sus múltiples sinapsis funcionando en distintos niveles, realizan pequeños cómputos al unísono. El procesamiento distribuido en paralelo (PDP) o en red, logra que la analogía de la computadora con la mente sea mucho más real que metafórica.

El programa desarrollado para imitar la adquisición de paradigmas funciona con una serie de informaciones de entrada. A partir de lo anterior puede reconocer semejanzas y nuevos casos que deben incluirse en una misma categoría.

De esta manera, tras unos cientos de sesiones de entrenamiento a partir de ejemplares, la

4 Es verdad que ya el modelo “pandemonium” de Selfridge de 1959 se acercaba a esta posibilidad pero suponía la proposición de un prototipo a reconocer a través de procesadores de rasgos (demonios computacionales) que advierten sobre la presencia de algún rasgo determinado a otros detectores (de letras, por ejemplo, llamados demonios cognitivos). Finalmente éstos advierten al demonio de la decisión para culminar el reconocimiento (Nudler, 2004, pp. 8-9). Por lo tanto el procesamiento realizado por el Pandemonium depende de las asignaciones que el diseñador del sistema ha establecido. Tales asignaciones son otorgadas por el diseñador de acuerdo a las características que se prefijan como esenciales (por ejemplo rasgos o líneas de las letras a reconocer). En suma, la programación del pandemonium le permite reconocer patrones estipulados de antemano. Pero la idea de los ejemplares es que se generan en el proceso y no que se estipulan con rigidez como reglas rigurosas e inmodificables.

red aprende a computar casi cualquier función que se desee, incluso si somos incapaces de especificarla. Por ejemplo, puede aprender a reconocer formas (a identificar grafías de «a»), a pronunciar bien palabras inglesas escritas, a distinguir la señal de sonar correspondiente a una roca y a una mina, o a distinguir patos de cisnes y de gansos, por más que nosotros no sepamos escribir ristas de instrucciones para hacerlo (Solís y Soto, 1998, p. 318).

La utilización de símbolos y el empleo de reglas que permitan su interpretación eran lo propio de los primeros modelos cognitivos relacionados con el procesamiento. Las redes conexionistas no se valen de lo anterior, en ellas los elementos de cómputo son cuantitativos cambiando el estado a partir de la modificación de los pesos de las conexiones y la activación o inhibición de las diferentes unidades. De esta manera la red modifica respuestas, es decir, aprende. Se entiende aquí por aprendizaje una modificación en los pesos o fuerzas⁵ de las conexiones entre las unidades. Cuando la red alcanza un patrón de pesos para ciertas entradas que produce determinadas salidas se habla de aprendizaje. No se trata de la adquisición de reglas o algoritmos ya que el sistema se encarga de reconocer semejanzas en los datos que recibe.

Por lo tanto, tal como lo plantea Kuhn, para el aprendizaje de paradigmas, sucede que en las redes conexionistas la computación no se rige por reglas. El principio que aprende la máquina no es especificado con anterioridad sino que resulta de las conexiones de la red. Las redes neuronales, según se piensa, actúan del mismo modo. En efecto, pueden pensarse las redes neuronales como sistemas dinámicos y autoadaptativos⁶. La analogía en sentido fuerte con el ordenador nos orienta a considerar que lo mismo debe suceder en las conexiones neurales del cerebro humano (Solís y Soto, 1998, 318-319).

“Los sistemas se están siempre ajustando a sí mismos (modificando sus pesos). El aprendizaje es continuo, natural y esencial para el funcionamiento operativo. Las nuevas conceptualizaciones se reflejan mediante configuraciones de estados cualitativamente diferentes. La información se pasa entre las unidades, no a través de mensajes sino mediante valores de activación, mediante escalares y no mediante símbolos. La interpretación del procesamiento no es en términos de mensajes que van a ser enviados, sino más bien mediante qué estados están activados. Por lo tanto, lo importante es que las unidades estén activas y no qué mensajes sean enviados. En el sistema convencional, el aprendizaje tiene lugar a través de los cambios en las estructuras representacionales, en la información contenida en la memoria. En este nuevo enfoque, el aprendizaje se produce mediante nuevas conexiones y las más antiguas se debilitan. En el sistema convencional, distinguimos entre la información que se procesa y las estructuras de procesamiento. Sin embargo, en el sistema PDP son la misma cosa: la información se refleja en la misma configuración, forma y operación de las estructuras de procesamiento” (Rumelhart, McClelland, y el grupo PDP, 1992, p. 354).⁷

Entre los psicólogos cognitivos fue creciendo la convicción, entrados los ochenta, de que la observación de semejanzas entre los casos no alcanzaba para justificar la formación de categorías. Entonces se comenzó a considerar que las mismas semejanzas deben ser percibidas a partir de ciertos criterios o esquemas que dan coherencia psicológica a las categorías (Solís y Soto, 1998, p. 324). Todo esto coincide con las ideas de Kuhn respecto de cómo el mundo o, en este caso, la base empírica, está en dependencia de las postulaciones teóricas y no al revés. Los modelos cognitivos funcionan proyectando mundo sobre el mundo, por decirlo de alguna manera.

Hasta aquí hemos explicado la proximidad entre la teoría de los paradigmas de Kuhn y la teoría de los prototipos de Rosch. Ambas buscan explicar la ampliación del conocimiento en un sistema que

⁵ Las unidades simples del sistema se llaman *nodos* y funcionan como las neuronas en el cerebro. Los nodos están conectados en red, cada nodo con otro nodo, pero también un nodo puede enviarse señales a sí mismo. Al valor de activación de cada nodo se lo llama *fuerza*. Se denomina *peso* a la fuerza de conexión entre nodos.

⁶ *Dinámicos*: se adaptan a las nuevas condiciones generadas por conjuntos de datos o vectores de entrada que se le presentan. *Autoadaptativos*: ajustan sus unidades de procesamiento (neuronas) sin recurrir a una unidad central para producir el vector de salida requerido.

⁷ Citado en: <http://www.e-torredababel.com/Psicologia/Conexionismo/Conexionismo-Portada.htm>

se mantiene en condiciones estables. El aprendizaje puede ser definido en términos de incremento de conocimiento o en términos de reestructuración de conocimiento. En este último sentido encontramos diferentes teorías aportadas por la psicología cognitiva que responden a la preocupación Kuhniana de la producción de conocimiento revolucionario. Dentro de este grupo encontramos la teoría del bootstrapping de Carey y la modelización constructiva de Nersessian.

2- El cambio conceptual y el cambio revolucionario en ciencia

La cuestión del cambio conceptual está íntimamente relacionada con la visión de la ciencia revolucionaria en Kuhn. Existe una evidente tensión (esencial) (Kuhn, 1959/1996, p. 249) entre los momentos en que la ciencia se desarrolla con normalidad y los científicos aceptan el paradigma vigente con el período revolucionario en que se rompe con ese esquema general y se propone uno nuevo. Esta tensión implica dos modos antagónicos de manifestación histórica de la ciencia, pero grafica dos modos de cognición de los científicos en cada caso. El cambio científico revolucionario, tal como lo propone Kuhn, debe tener una contrapartida inevitable en un análisis de los procesos psicológicos asociados a él. Respecto de lo que sucede en los períodos de ciencia normal ya se ha dado cuenta de la perspectiva de la psicología cognitiva según los últimos desarrollos. Es el momento de aludir a los modos en que esta psicología podría aportar hipótesis relacionadas con el cambio conceptual.

Desde principios de los ochenta la investigación acerca del cambio conceptual cobró relevancia entre los psicólogos interesados en los procesos relacionados con el aprendizaje⁸.

Con respecto a las simulaciones referidas al cambio conceptual ha sucedido algo parecido que con el aprendizaje por medio de paradigmas. En la época de *La estructura de las revoluciones científicas* se trabajaba con modelos de procesamiento secuencial que no permitían representar los procesos de desestabilización y cambio conceptual (que a su vez serían representaciones de los momentos de crisis y revolución en Kuhn). Pero el procesamiento en paralelo permitió realizar este tipo de simulaciones. En los últimos años de los ochenta Johnson-Lairds y otros propusieron un modelo de procesamiento en paralelo en el que se diera lugar al conflicto cognitivo (Nudler, 2004, p. 9). En la opinión de Nudler un modelo anterior como el de Davidson daría cuenta adecuadamente del conflicto y abriría la posibilidad del cambio. En este modelo un procesador funciona de acuerdo al paradigma y, en paralelo, otro procesador funcionaría con independencia relativa del anterior. Este último podría acumular datos en contra del primero que funcionarían como anomalías, sin interferir en el primero hasta que las mismas se hicieran suficientemente importantes como para plantearse como oposición (Nudler, 2004, p. 10).

Los modelos tradicionales de cambio conceptual (llamados modelos fríos) han atendido básicamente al conocimiento declarativo y a los criterios racionales. Los modelos calientes, por su parte, intentan reflejar los factores afectivos y motivacionales (Pintrich, 1999; Pintrich, et al., 1993; Strike & Posner, 1992). Por otra parte, los modelos situados han enfatizado los modos de relación del sujeto con el mundo (conocimiento procedimental) y la adecuación del conocimiento a distintas condiciones contextuales (Caravitta & Halldén, 1994; Halldén, 1999; Linder, 1993; Säljö, 1999).

El tema del conflicto cognitivo estaba presente mucho antes en Piaget. Pero la existencia del conflicto no asegura per se el abandono de una teoría ya que, a la manera de hipótesis ad hoc que salvan anomalías en la ciencia, los sujetos pueden aferrarse a sus teorías implícitas con explicaciones de compromiso pero psicológicamente satisfactorias.

La cuestión del cambio conceptual obliga a investigar los mecanismos internos de este complejo proceso. Según Posner, G., Strike, K., Hewson, P. y Gertzog, W. (1982, p. 214), para que ocurra un cambio conceptual deben darse cuatro condiciones comunes:

⁸ El problema que subsiste en el ámbito del aprendizaje es la verificación de la persistencia de las concepciones o teorías anteriores en los alumnos. Estas concepciones que resisten plantean la dificultad de una analogía o semejanza en sentido fuerte entre lo que ocurre en la ciencia y en el sujeto de aprendizaje.

1. Insatisfacción respecto de las concepciones existentes.
2. Inteligibilidad de una nueva concepción.
3. Plausibilidad de la nueva concepción.
4. La nueva concepción debe ser fructífera.

Atendiendo a estas condiciones podríamos intentar compararlas con ciertas afirmaciones de Kuhn. En efecto, en el cambio revolucionario podríamos verificar 1 ante el avance de las anomalías; 2 en la aparición de un paradigma alternativo que se propone; 3 en la verificación de que el nuevo paradigma es aceptable; y 4 en la comprobación de nuevas explicaciones aportadas por el nuevo paradigma.

Strike y Posner (1992) revisaron las cuatro propuestas anteriores admitiendo que estaban utilizando un modelo epistemológico que forzaba la interpretación del cambio conceptual en el ámbito del aprendizaje áulico.

Consideraron, entonces, que:

1. Habría que atender a factores personales, sociales e institucionales que intervienen.
2. Las concepciones científicas son parte de la ecología conceptual de los aprendices e interactúan con otros componentes no científicos.
3. Las distintas concepciones pueden tener distintos modos de representación y grados de articulación.
4. La ecología conceptual debe tener un carácter desenvolvimentista.
5. La ecología conceptual debe tener un carácter interaccionista.

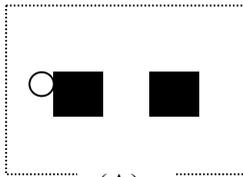
2.1. El cambio conceptual en el neoinnatismo

Para las posturas neoinnatistas el cambio cognoscitivo se produce en el desarrollo normal como fruto de un proceso de extensión de los conocimientos previos o un enriquecimiento de los mismos. Un ejemplo es el caso de Fodor. Los trabajos experimentales de Jerry Fodor se han centrado en la psicolingüística y la teoría de la mente infantil. En su obra más importante, *La modularidad de la mente* (1985), acepta la analogía de la mente con el procesamiento de la computadora. La mente no es un dispositivo de funcionamiento genérico sino que está parcelada, es decir, utiliza distintos modos de procesamiento de la información. Cada uno de estos modos constituye un subsistema mental autónomo.

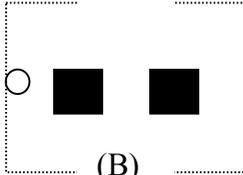
Fodor destaca tres mecanismos cognitivos:

los transductores	los sistemas de entrada (input systems)	los sistemas cognitivos centrales
convierten los estímulos físicos en señales nerviosas que llegan al cerebro	procesan las señales nerviosas y las codifican en forma de representaciones o símbolos	reciben lo procesado por los módulos, no son modulares pues pueden actuar conjuntamente

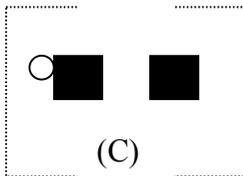
Los sistemas de entrada son modulares, cada módulo trabaja con inputs diferentes. Los módulos



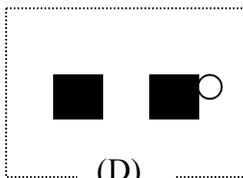
(A)



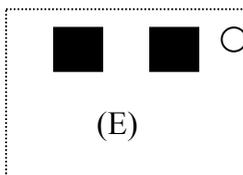
(B)



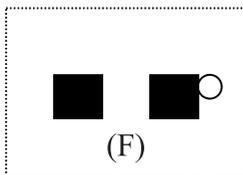
(C)



(D)



(E)



(F)

Se le muestran a los niños dos pantallas, de la pantalla a mano izquierda emerge un objeto dirigiéndose hacia la izquierda (A) y luego de un breve trayecto (B) vuelve a ocultarse detrás de la misma pantalla (C), al tiempo que se oculta emerge de la pantalla a mano derecha otro objeto cuyo movimiento hacia la derecha es consistente con el movimiento del primero (D), este objeto después de mostrarse por completo (E) finalmente se oculta detrás de la pantalla derecha (F). Luego son removidas las pantallas y se observa un único objeto. Los niños de dos meses y medio evidencian una reacción que demuestra que no esperaban ese descubrimiento. Se podría suponer que los niños esperaban dos objetos (uno detrás de cada pantalla) al igual que los adultos, lo cual daría cuenta de la permanencia de los objetos aun fuera del campo visual. A pesar de que los movimientos eran consistentes el espacio entre las pantallas nunca fue ocupado. Los niños de esa edad no quedan engañados por el movimiento pues son capaces de discriminar dos tipos de objetos distintos.

responden a una arquitectura neurológica que hace al procesamiento característico de cada módulo. Los módulos están encapsulados, cada uno es independiente y actúan en completa ignorancia los unos de los otros (el lenguaje y la percepción son paradigmas modulares). La salida de estos módulos (outputs u operaciones modulares) se dirige a los sistemas centrales. Los sistemas centrales recogen la información procesada, la convierten en pensamiento y se encargan de fijar creencias y expectativas.

Los sistemas de entrada o módulos pertenecen a nuestra constitución innata. Los procesos de aprendizaje no podrían superar estas restricciones constitucionales⁹.

⁹ Así, el módulo encargado de la percepción no podría verse influenciado por el módulo del lenguaje. Esto parece confirmarse con la permanencia que presentan ciertas percepciones del mundo (ilusiones ópticas) a pesar de conocer nosotros que son productos de nuestra sugestión. Entonces también caería en cuestionamiento el predominio de las teorías sobre la percepción como lo propone Kuhn.

Otra postura innatista es la de Spelke, según la cual “La teoría inicial se perpetúa a sí misma a lo largo del proceso de aprendizaje porque las entidades sobre las que aprende el niño serán exactamente las entidades que ha especificado su teoría inicial” (Spelke, 1988, citado por Solís y Soto, 1998, p. 334).

Uno de los temas de su preocupación ha sido determinar ciertos fenómenos psicológicos en relación con lo innato y la permanencia del objeto. Cabe decir aquí que Carey y Spelke consideran la noción de objeto mucho más tempranamente que Piaget: “(...) there is overwhelming evidence for object permanence as young as 2 months of age in human infants (...)” (Carey & Spelke, 1996, pp. 520-521).

A continuación presentaremos una de las experiencias de Aguiar y Baillargeon, comentadas por Carey y Spelke (1996, p. 521) que da cuenta de la aparición de la noción de objeto permanente en niños de dos meses.

Para estas autoras la permanencia del objeto sería parte de un principio central de nuestro aparato cognitivo, su temprana aparición sostendría la hipótesis de su carácter innato.

El testimonio personal de Nersessian da cuenta del interés postrero de Kuhn por ciertas investigaciones de las psicólogas mencionadas. En particular los experimentos de Spelke, Phillips y Woodward (cfr. Nersessian, 2003, p. 186) según los cuales se evidencia que los niños de dos meses y medio consideran la permanencia del objeto y el principio de continuidad espacio-temporal en el que el objeto se mueve (Carey & Spelke, 1996, p. 521). Según Nersessian (2003, p. 187) esta investigación le interesó a Kuhn porque en ella vio relación con su intuición del espacio perceptual vacío entre las clases establecidas por un lexicón, del cual se sigue el principio de no solapamiento en las categorías taxonómicas.

(...) sería mejor denominar esquema conceptual a lo que he estado llamando taxonomía léxica, de modo que la «auténtica noción» de un esquema conceptual no es la de un conjunto de creencias, sino la de un modo particular de operar de un módulo mental que es un prerrequisito para tener creencias, un modo de operar que proporciona y limita a la vez el conjunto de creencias que es posible concebir. Considero que algunos módulos taxonómicos de este tipo son prelingüísticos y que los animales los poseen. En el libro (que Kuhn estaba escribiendo) daré razones para suponer que se desarrollaron a partir de un mecanismo aun más fundamental que capacita a los organismos vivos individuales para volver a identificar otras sustancias trazando sus trayectorias espacio-temporales (Kuhn, 1990/2002b, p. 118).

Kuhn estaba convencido que desde los mecanismos neuronales se formulaban las substancias en sentido aristotélico, es decir, esas nociones de entidades que se mantienen en el tiempo. Esta capacidad se desarrolla hasta el punto de constituir los conceptos de clase. El conjunto de las clases es el léxico o módulo mental que poseen los miembros de una comunidad lingüística (Kuhn, 1993/2002c, p. 272).

Según Castorina, Faigenbaum y Kohen (2001) las investigaciones de Spelke y otros presentan problemas metodológicos y teóricos. Entre los primeros se encuentra el hecho de que la fijación de la mirada se considere probatoria de la existencia de una noción física a muy temprana edad. Siguiendo la crítica de Fischer y Bidell señalan que las experiencias no prueban la existencia continuada de los objetos cuando éstos están ocultos. Estas experiencias no permiten determinar el tipo de conocimiento de objeto que se constata ya que existen distintos niveles de constitución de la noción (Castorina, Faigenbaum, Kohen, 2001, p. 47). Hay que decir aquí que el artículo de los críticos citados se centra en una experiencia en la que la pantalla rotaba 180°, pero este movimiento se impedía completar cosa que debía entenderse a causa del objeto que anteriormente se ocultó tras él. En esta experiencia, según se señala, para determinar la existencia continuada de los objetos mientras están ocultos debería probarse que los bebés tienen conocimiento de las relaciones entre los objetos y las pantallas que los ocultan. Pero esta dificultad última parece salvada en la experiencia que antes se ha citado en el presente texto.

Por otra parte, el supuesto teórico que subyace en las experiencias se basa en un concepto de representación que es puramente mental. Esta concepción de la representación responde a la perspectiva funcionalista referida a la entrada y salida de información.

El input que ingresa al dispositivo mental por la vía sensorial es procesado en este medio representacional, el cual produce un output comportamental. En consecuencia, las representaciones y su procesamiento son ‘internos’, en contraste con los objetos del mundo que están ‘fuera’ del sujeto (Castorina, Faigenbaum, Kohen, 2001, p. 49).

Al evitar la interacción entre sujeto y mundo quedan excluidas las experiencias intencionales. Los autores mencionados creen que es en estas experiencias donde podría darse una verdadera actividad interpretante en la relación con los objetos y la constitución de significados. En el mismo sentido, Hutchins ha destacado que la Ciencia cognitiva comenzó utilizando un modelo cognitivo (el cual él remonta a Turing) que consistía en una persona que manipulaba símbolos con sus manos y ojos. El hombre en interacción con esos símbolos produce efectos computacionales. El cognitivismo llegó a idealizar estos procesos considerándolos parte de una actividad abstracta. Sustituir la mente por un ordenador eliminó las manos y los ojos y localizó las actividades sólo en la mente (Ibarra, 2004, p. 242).

2.2. Carey y el proceso de bootstrapping¹⁰

Para Carey, la adquisición de nuevos conceptos exige constatar procedimientos que permiten la aparición de la novedad. Si bien puede admitirse el punto de partida de representaciones innatas de dominio general y específico, los nuevos conceptos no pueden reducirse a una forma de ampliación de los anteriores. Según Carey el sentido psicológico de bootstrapping es el de un proceso psicológico cognitivo que genera conceptos a partir de otros: “Bootstrapping is the process that underlies the creation of such new concepts, and thus it is part of the answer to the question: What is the origin of concepts?” (2004, p. 60).

Las investigaciones de Carey se centraron en el dominio biológico y el matemático. Los niños poseen una teoría biológica intuitiva, sobre esta base se modifican conceptos como vida, muerte o persona. Esto implica un cambio de T1 a T2 en donde los significados dados a los conceptos en T1 no son traducibles a T2. El cambio conceptual remite, en Carey, al tema de la inconmensurabilidad local (no todos los conceptos de T1 son traducibles a T2), quien utiliza esta noción kuhiana de manera explícita¹¹. Ya fue anticipado que Kuhn requirió de Carey información acerca de sus investigaciones e intuyó, en el proceso de desarrollo de los niños y en sus modos de conocimiento, la ruptura con marcos cognitivos anteriores. De manera que, al igual que la psicóloga, podemos entender que Kuhn admitiera una continuidad entre el conocimiento del hombre común hasta los modos de conocimiento del científico. Carey se distancia tanto de ciertas posiciones innatistas como de las empiristas en cuanto que estas posturas proponen que los conceptos nuevos son el producto de un proceso de enriquecimiento de los anteriores. En cambio, Carey propone que los nuevos conceptos no pueden reducirse a los anteriores. En el cambio conceptual cambian principios centrales (core principles) que rigen un dominio dado.

Del estudio de la evolución de las ideas biológicas surge que estas modificaciones o reestructuraciones se dan por mecanismos identificables:

¹⁰ El término bootstrapping (literalmente atrapar la bota o el zapato) sugiere la imagen de alguien que quiere arrastrar su propio zapato desde sus cordones para moverlos. La utilización de este vocablo varía según la disciplina en la que se utiliza. Así, en relación con emprendimientos económicos, el término se refiere a hacer algo por esfuerzo propio o sin ayuda ajena (lo que implica minimizar la cantidad de recursos de terceros con la consecuencia esperable de disminución de gastos). En estadística el método bootstrap consiste en la obtención de una muestra a partir de una muestra anterior. Gaeta (2004: 422) utiliza el término bootstrapping para referirse a una forma de argumentación circular. En computación se refiere al programa que arranca al sistema operativo (autoarranque). El bootstrapping también puede aludir al proceso mediante el cual se han desarrollado entornos de programación cada vez más complejos a partir de otros más simples o para “construir” un sistema completo a partir de sus componentes básicos.

¹¹ De todos modos cabe aclarar que Carey no afirma que el bootstrapping tenga el mismo valor explicativo para el cambio conceptual que para el cambio científico (Carey y Spelke, 1996).

- Diferenciación: Algunos conceptos que se encontraban indiferenciados en T1 aparecen como distintos en T2 (ej. T1: ser vivo - lo existente - lo activo; T2: la vida se reserva al ámbito de la biología).
- Coalescencia: Conceptos que se distinguían en T1 se reúnen en T2 como perteneciendo a una misma categoría que los comprende (ej. T1: se distinguen las categorías de plantas y de animales; T2: son integrados en la noción de seres vivos).
- Relativización: Ciertas propiedades absolutas en T1 se conciben como propiedades relativas en T2. “Así, los niños son concebidos por los preescolares como seres indefensos o pequeños, mientras que los niños mayores los ven como la progenie reproductiva del hombre y de otras especies animales” (Castorina, 2007, p. 79).

El aporte de las investigaciones de Carey en el terreno de la psicología cognitiva permiten pensar científicamente, desde esta perspectiva, el tema del cambio conceptual:

These changes –differentiations, coalescences, changes in ontological commitments– are understandable only in terms of changes in domains and causal notions between the successive theories. When all of these changes are found, we should be confident that the knowledge reorganization in question is of the stronger kind, involving conceptual change. (Carey, 1987, p. 6).

El punto clave es poder descubrir cuál podría ser el mecanismo cognitivo por el cual se construye T2 a partir de T1. Según Carey y Spelke (1996) la inconmensurabilidad en el cambio conceptual debe entenderse localmente a la manera del último Kuhn. En este sentido afirman que algunos conceptos permanecen sosteniendo la posibilidad del cambio de otros conceptos (Carey & Spelke, 1996, p. 524).

Como los nuevos conceptos no surgen mágicamente hay que dar cuenta de los procesos psicológicos específicos que hacen que se pase de una teoría (T1) a otra nueva (T2).

Según Carey la construcción de T2 se da por el hallazgo de relaciones causales (ej.: la causa de que se desarrollen los animales es su alimentación, la causa de las enfermedades son los gérmenes, etc.). El conocimiento incluido en T1 hace las veces de un marcador (*placeholder*), un almacén de informaciones incompletas que el niño irá completando con otras informaciones disponibles (Castorina, 2007, p. 72).

En nuestra opinión, se trata del primer intento sistemático en la psicología cognitiva para explicar la emergencia de la novedad conceptual. Un ensayo para penetrar en la dinámica interna del proceso de construcción de teorías. Digamos, un intento de precisar el proceso por el cual un sistema conceptual se reestructura en otro, utilizando algunos de sus materiales, pero alcanza finalmente una organización irreductible (Castorina, 2007, p. 77).

Pero el problema de las causas del cambio conceptual no está resuelto. Según Castorina el proceso de bootstrapping no es una teoría acabada aunque se perfila como una forma de explicación del cambio conceptual. Aun así, el comentarista propone defender el proceso constructivo aun prescindiendo de los recursos innatos (Castorina, 2007, p. 79).

2.3. Johnson-Laird: los modelos mentales

Las representaciones mentales podrían dividirse en representaciones analógicas y proposicionales. Las imágenes y todos los datos reunidos por los sentidos se transforman en nosotros en representaciones de las cosas, así el mundo queda en nosotros apropiado analógicamente. Las representaciones proposicionales se relacionan con el lenguaje de la mente pero que no responde a un idioma particular, se lo compara con las cadenas de unos y ceros que forman el código de las computadoras. Johnson-Laird agrega una tercera forma de representación: los *modelos mentales*. “A model represents a state of affairs and accordingly its structure is not arbitrary like that of a propositional representation, but plays a direct representational or analogical role. Its structure

mirrors the relevant aspects of the corresponding state of affairs in the world.” (Johnson-Laird, 1980, p. 98).

La representación proposicional es arbitraria debido a su carácter abstracto, puede representarse imaginariamente de muchas maneras diversas. Pero el modelo mental pretende representar un estado de cosas. Se trata de una estructura que señala aspectos relevantes del estado de cosas del mundo. La representación proposicional puede ser verdadera o falsa ¿pero respecto de qué?

“A description is true or false, ultimately with respect to the world. But human beings do not apprehend the world directly; they possess only internal representation of it.” (Johnson-Laird, 1980, p. 98).

Por lo tanto, las afirmaciones proposicionales resultan verdaderas o falsas respecto del modelo mental que nos rige. Si una afirmación se puede inferir del modelo mental será aceptable. Como consecuencia inmediata debemos admitir que el razonamiento y la lógica la aplicamos al modelo mental construido. El modelo mental es condición del razonamiento. Entonces, el modelo no es creado por la lógica del pensamiento humano sino que es dentro del modelo que la lógica busca ensayar sus conclusiones.

El modelo mental surge de los datos de la percepción, de la imaginación o a partir del discurso. En este último caso el modelo intenta satisfacer un aparato discursivo conceptual. El modelo puede ser revisado pero el límite son las condiciones de verdad del discurso. Como estructura que posee elementos y relaciones. Estos componentes pueden ajustarse siempre que no contradigan el valor de verdad de las representaciones proposicionales respectivas. Pero el modelo mental también puede dar el marco interpretativo al discurso como a los estímulos recibidos.

Los modelos mentales se diferencian de los modelos conceptuales en que los primeros son representaciones internas y los segundos son representaciones externas (formulismo matemático, definiciones, leyes, etc.), compartidas y se refieren al conocimiento científico. Mientras que el modelo conceptual tiene un alcance más extendido hacia la comunicabilidad y tiene un alcance más definido y exacto, el modelo mental tiene funcionalidad para el sujeto, para su comprensión de una porción de mundo y le permite la posibilidad de obtener inferencias –no rigurosamente científicas– a partir de él.

La funcionalidad del modelo mental permite utilizarlo y descartarlo como herramientas de trabajo. La relación entre modelos mentales y modelos conceptuales nos coloca en situación de aprendizaje, ya que los modelos conceptuales se transmiten hacia sujetos que deben ajustar sus modelos mentales para incorporarlos. El modelo conceptual es el instrumento de enseñanza pero se aprende a partir de un modelo mental. De hecho la continuidad del discurso entre dos interlocutores que se manejan en su elocución sobre un contexto permite inferir, en definitiva, el modelo mental que comparten (Johnson-Laird, 1980, p. 106).

Los modelos mentales también podrían servir para explicar el cambio conceptual. Los modelos mentales se revisan recursivamente. Los elementos, sus propiedades y las relaciones que guardan conforman la estructura de los modelos mentales.

Construyendo mentalmente estos conjuntos, añadiéndoles elementos, enriqueciéndolos, construimos un modelo mental más comprensivo de la realidad –mundo– que se representa en la medida en que explica y predice más y de mejor manera. En este sentido, cambiamos la representación conceptual pero por evolución, por enriquecimiento partiendo de aquello que fue construido y que se reconstruye paulatinamente por revisión recursiva (Moreira & Greca, 2002, p. 19).

2.4. Nersessian: razonamiento basado en modelos

En la perspectiva de Nancy Nersessian los modelos mentales son considerados como instancias intermedias entre los fenómenos y los modelos conceptuales. Los científicos por lo general no hacen

referencia a los modelos mentales con los que trabajaron y funcionaron como análisis intermediarios con los cuales lograron la comprensión de los fenómenos. Para esto hay que recurrir a los relatos autobiográficos o alguna otra forma de testimonio (cartas, notas, diarios, etc.) que nos conducen a la intimidad de su pensamiento. Desde un análisis histórico, Nersessian afirma la importancia de entender cómo los científicos individuales ensayaron sus respuestas. Propone, entonces, un método histórico-cognitivo en el que es importante detenerse en las prácticas cognitivas concretas de los científicos reales, sus experiencias individuales y subjetivas. Este método se inscribe en la perspectiva de una epistemología naturalizada y, junto con los testimonios de los científicos, se consideran las investigaciones de la ciencia cognitiva en conjunto para echar luz sobre tales procesos.

A partir de lo dicho, para el método histórico-cognitivo cobran importancia la formación de hipótesis, modelos, el uso de analogías y el mismo razonamiento analógico para generar conceptos y teoría¹². Es verdad que las analogías suelen provenir de modelos conceptuales anteriores de la misma disciplina o se importan de otras. Pero no siempre la analogía parte de un *ancla* (dominio de referencia) de origen científico para entender su *blanco* (dominio que busca entenderse). Las ciencias están llenas de referencias a objetos y situaciones de cotidiana experiencia o que refieren a intuiciones comunes¹³. Sobre esta base se generan modelos mentales a los que aplicar conceptos y explicaciones más rigurosas.

Según Nersessian el aprendizaje de las ciencias se vería favorecido si comprendemos cómo resuelven los científicos sus problemas en sus prácticas. Se trata de reconocer el modelado constructivo como una forma de proceso de razonamiento integral que emplea formas de analogía, modelización visual y creación y transformación de representaciones de problemas (Nersessian, 1995). La mayoría de los estudiantes desconocen cómo generan estas formas de modelización mental los científicos. Los análisis de esta autora, desde la filosofía y la historia de la ciencia, no proponen caminos pedagógicos específicos pero sí los ofrece para que los educadores los tengan en cuenta y generen sus estrategias correspondientes.

Los modelos mentales, para Nersessian, corresponden a un proceso (*constructive modeling*) que hay que ubicar en la memoria de trabajo. De todos modos, la interacción entre esta memoria y la memoria de largo plazo es indispensable pues en esta última anida un fondo de conocimiento sobre los que los modelos se construyen. Este proceso de modelización constructiva tendría en sí todas las posibilidades para explicar muchas de las cuestiones que competen al estudio de los procesos psicológicos involucrados en las tareas del científico: “So, constructive modeling has the potential for producing an integrated análisis of analogy, case based reasoning, visual reasoning, and mental modeling in problem solving and ‘discovery’ (which I regard as a problem-solving process).” (Nersessian, 1995, p. 209).

La modelización constructiva es un proceso semántico, es decir, permite interpretar el aparato simbólico y conceptual de la ciencia como toda información importante que proviene del medio externo o de las representaciones mentales relacionadas con el problema a resolver. Es necesario aquí desarrollar una habilidad para la construcción de estos modelos.

Nersessian propone el análisis de una clase particular de modelos mentales a los que denomina “*generic models*”. Una posibilidad que ofrecen los modelos es la de generalizar rasgos de una clase determinada de fenómenos. El proceso de modelización puede operar por vía de idealización y abstracción. Así, en matemática puede funcionar la idealización de lo que es un triángulo como algo que requiere de ángulos y lados.

¹² Un ejemplo del uso de analogías en ciencia lo constituyen las indagaciones de Maxwell acerca de la teoría del campo electromagnético. Ver: Acevedo Díaz (2004). El papel de las analogías en la creatividad de los científicos: La teoría del campo electromagnético de Maxwell como caso paradigmático de la historia de las ciencias. En Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias (2004), Vol. 1, N° 3, pp. 188-205, ISSN 1697-011X. Centro de Profesorado de Cádiz, España.

¹³ Se recurre a la imagen de los agujeros de gusano para explicar la torsión del espacio-tiempo; se habla del ADN como un plano o receta de las proteínas; se propone que la sociedad funciona como un cuerpo; se afirma que las neuronas del cerebro humano funcionan como un sofisticado ordenador, etc.

Este proceso llamado *generalización* por Polya (1954)¹⁴ es denominado por Nersessian *generic models*, para no confundirlo con el proceso de generalización de la lógica.

Studies by cognitive psychologists of problem-solving practices employed by expert physicists can be interpreted as exhibiting the same strategy of generic modeling (See, e.g., Chi et al. 1981; Clement 1989). Generic modeling facilitates transfer among problem solutions. The ability to represent and view information generically would seem to be central to analogical retrieval as well as mapping. (Nersessian, 1995, p. 211).

A través de lo que aquí se llama modelo genérico se puede representar, por ejemplo, algún aspecto en común de diferentes sistemas físicos. Así, Newton comprendió que la ley de gravitación podía servir para explicar el movimiento de un proyectil y el de un planeta porque abstraigo algunas características compartidas por ambos movimientos. La ley de Newton que grafica la gravitación universal:

$$F \sim \frac{m \cdot m'}{d^2}$$

Este es un modelo genérico de la acción a distancia y, así, todas las fuerzas quedaron integradas en la mecánica newtoniana. Abstracción e integración es la clave de muchos de los desarrollos explicativos en la ciencia¹⁵. Los cambios científicos pueden aparecer por esta vía.

Los modelos se van modificando como en un proceso de prueba a partir de los modelos asumidos. De hecho Maxwell deriva leyes no newtonianas usando originariamente un sistema newtoniano.

“To explain how this could happen, we need to see how this case of constructive modeling employs generic modeling of the salient properties, relationships, and processes.” (Nersessian, 1995, p. 215).

La abstracción genérica es un proceso de razonamiento y es la llave para la modelización en el cambio conceptual. El modelo generalizado toma las características comunes a una clase de fenómenos para lograr unificar lo que en principio aparece como separado. La innovación conceptual a menudo funciona integrando informaciones dispares y reconociendo las semejanzas que ocultan (Nersessian, 2003, p. 199)¹⁶.

Conclusión

En la primer parte hemos identificado la proximidad entre la teoría de los paradigmas de Kuhn y la teoría de los prototipos de Rosch. Ambas posturas buscan explicar la ampliación del conocimiento en un sistema que se mantiene en condiciones estables. Ambas sostienen la producción de conocimiento a partir del incremento de la interacción del sujeto. El sujeto identifica semejanzas y va construyendo categorías prototípicas que luego emplea para encontrar nuevos ejemplares de esas categorías. Las intuiciones teóricas de Kuhn se ven confirmadas por las investigaciones empíricas de Rosch. De hecho, esto mismo se evidencia en los modelos computacionales desarrollados por Kuhn. El primero, en el que utiliza el procesamiento serial que no resulta totalmente adecuado para explicar el aprendizaje de paradigmas. Mientras que el segundo, el modelo de procesamiento

¹⁴ Citado por Nersessian, 1995, p. 210.

¹⁵ “Reconducir una regla empírica a un principio es ligarla a una causa. Esta, no pudiendo nunca ser la última, supone una causa superior. Así una ley, por general que sea, deja siempre abierta la posibilidad de ser fundida en una ley aun más general, que englobaría también, por supuesto, las reglas empíricas absorbidas ya por la primera ley.” (Papp, 1980, p. 91).

¹⁶ Cabe decir, de todos modos, que en consideraciones en torno a mis críticos (1970), Kuhn rechaza entender que una teoría alternativa pueda entenderse como una inclusión de otra anterior (Kuhn, 1970b/ 2002, p. 195)

en paralelo, resulta más adecuado para explicar el aprendizaje de paradigmas que pretende Kuhn. Sin embargo, este segundo modelo no fue desarrollado por Kuhn, quien se abocó al tema de la inconmensurabilidad de los paradigmas.

En la segunda parte nos abocamos a desarrollar las teorías cognitivas de Carey y Nersessian que darían cuenta de la producción de conocimientos nuevos que exceden cualitativamente los conocimientos previos. Hablamos en estos casos de conocimientos estructuralmente nuevos. Tal como lo dice el apotegma medieval “de la nada, nada sale”, de ahí que sea necesario partir de algo, pero ese algo siempre es un conocimiento que el sujeto ya posee. La teoría del bootstrapping nos permite entender cómo de algo conocido puede surgir algo desconocido. De qué manera la reestructuración de datos poseídos por el sujeto dan lugar a conocimientos nuevos.

Es un desafío para la psicología educacional explorar las implicancias prácticas de estos desarrollos teóricos.

Referencias

- Acevedo Díaz, J. A. (2004). El papel de las analogías en la creatividad de los científicos: La teoría del campo electromagnético de Maxwell como caso paradigmático de la historia de las ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* (2004), 1, 3, 188-205, ISSN 1697-011X. Centro de Profesorado de Cádiz, España. En línea: http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen1/Numero_1_3/Vol_1_Num_3.htm
- Carey, S. & Spelke, E. (1996). Science and core knowledge. *Philosophy of Science*, 63, 4, 515-533.
- Castorina, J. A., Faigenbaum, G., Kohen, R. (2001). El conocimiento de dominio en la perspectiva cognitivista. Problemas teóricos y metodológicos. *Revista del Instituto de Investigaciones de la Facultad de Psicología*, UBA, Año 6, N° 2.
- Fodor, J. (1985). *La modularidad de la mente*. Madrid: Morata.
- Johnson-Laird, P.N. (1980). Mental Models in Cognitive Science. *Cognitive Science* 4, 71-115.
- Kuhn, T. S. (1969a/2002a). Posdata, en *La estructura de las revoluciones científicas*. Buenos Aires: FCE.
- Kuhn, T. S. (1974a/1978a). *Segundos pensamientos sobre paradigmas*. Madrid: Tecnos.
- Kuhn, T. S. (1990/2002b). “El camino desde *La estructura*”. En *El camino desde la estructura*. Barcelona: Paidós.
- Kuhn, T. S. (1993/2002b). Epílogo (Afterwords). En *El camino desde la estructura*. Barcelona: Paidós.
- Martínez Freire, P. (2004). La revolución cognitiva. En Wenceslao J. González (coord.). *Análisis de Thomas Kuhn: Las revoluciones científicas*, Madrid: Trotta.
- Nersessian, N.J. (1995). Should Physicists Preach What They Practice? Constructive Modeling in Doing and Learning Physics. *Science & Education*, 4(3), 203-226. En línea en <http://www.cc.gatech.edu/aimosaic/faculty/nersessian/papers/should.pdf>
- Nersessian, N. J. (2003). Kuhn, conceptual change, and cognitive science. En T. Nichols (Ed.). *Thomas Kuhn, Contemporary Philosophers in Focus*. Series, Cambridge University Press, pp. 178-211.
- Nudler, O. (2004). Hacia un modelo de cambio conceptual: espacios controversiales y refocalización. *Revista de Filosofía*, 29, 2, 7-19.
- Papp, D. (1980). *Filosofía de las leyes naturales*. Buenos Aires: Troquel.

- Posner, G., Strike, K., Hewson, P. & Gertzog, W. (1982). Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-227.
- Rosch, E. (1999). Reclaiming Concepts. En R. Núñez & W.J. Freeman (Eds.). *Reclaiming cognition: The primacy of action, intention and emotion*. Thorverton, Eng.: Imprint Academic. Published simultaneously as a special issue of *The Journal of Consciousness Studies*, 6, No. 11-12, 61-77.
- Rumelhart, D. E., McClelland, J. L. & el grupo PDP. (1992). *Introducción al Procesamiento Distribuido en Paralelo*. Madrid: Alianza.
- Solís Santos, C. Soto Rodríguez, P. (1998). Thomas Kuhn y la ciencia cognitiva. En *Alta tensión: filosofía, sociología e historia de la ciencia*, Barcelona: Paidós.
- Strike, K.A. y Posner, G.J. (1992). A revisionist theory of conceptual change. En R.A. Duschl y R.J. Hamilton (ed.). *Philosophy of Science, Cognitive Psychology, and Educational Theory and Practice*. New York: State University of New York Press.