

# CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO ESPONTÁNEO Y DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO I: ¿EXISTE ALGUNA CONEXIÓN?

Gutiérrez Gonçet, Rufina

*Instituto de Estudios Pedagógicos Somosaguas (IEPS) Madrid.*

*CRECIN Universidad Autónoma de Barcelona.*

**RESUMEN:** En la literatura actual en Didáctica de las Ciencias, encontramos investigaciones que describen cómo los sujetos progresan en sus conocimientos científicos, siguiendo *procesos naturales espontáneos de construcción y reconstrucción de conocimiento*. Ante estos datos, surgen, al menos, dos cuestiones: 1) El conocimiento científico se construye siguiendo metodologías sofisticadas, alejadas de los procesos de construcción del conocimiento espontáneo: ¿Cómo es posible la construcción de conocimiento científico a partir de la construcción de conocimiento natural?; 2) ¿Cómo se mantiene el interés de los sujetos para que perseveren espontáneamente en los ciclos de construcción y reconstrucción del conocimiento? En esta comunicación trataremos de contestar a estas cuestiones.

**PALABRAS CLAVE:** modelos mentales, modelos científicos, modelo ONEPSI, Análisis Histórico Cognitivo, inconmensurabilidad.

**OBJETIVOS:** El objetivo de esta comunicación será poner de manifiesto que es posible explicar cómo a partir de la construcción de conocimiento de sentido común se puede llegar a construir conocimiento científico; y cómo se mantiene el interés de los sujetos para perseverar en los sucesivos ciclos de construcción y reconstrucción del conocimiento.

## MARCO TEÓRICO

La cuestión de si es posible la construcción de conocimiento científico a partir de la construcción de conocimiento natural, se situaría dentro de la *inconmensurabilidad* (Kuhn, 1962)<sup>1</sup> entre el conocimiento de sentido común (CSC), construido utilizando recursos cognitivos naturales para resolver los problemas ordinarios del mundo; y el conocimiento científico (CC), que mira a la misma realidad del mundo, pero no tal como es, sino utilizando recursos teóricos. Cada uno se asienta en *mundos paradigmáticos diferentes*. Esto significa que el CC no puede derivarse del CSC.

1. Dos paradigmas son inconmensurables cuando sus presupuestos teóricos son diferentes y sus conceptos fundamentales también lo son. Por ejemplo: Los conceptos de espacio, tiempo y masa, de Einstein (Mecánica Relativista, Teoría de la Relatividad), son inconmensurables con los conceptos de espacio, tiempo y masa, de Newton (Teoría de la Mecánica Clásica).

## Construcción del CSC. Modelos Mentales. Modelo ONEPSI

Los *procesos naturales* de construcción de conocimiento hacen relación a la *construcción y reconstrucción de modelos*. Los humanos damos sentido a nuestra actividad en el mundo construyendo *modelos mentales* (Johnson-Laird 1983). Esta perspectiva es ampliamente reconocida en la Psicología Cognitiva (Rogers et al. 1992) y en Inteligencia Artificial (Gentner, 2002). Según esto, cuando los sujetos encuentran en su contexto una situación nueva, construyen un modelo mental (MM) para explicar qué está ocurriendo y para poder predecir cómo puede evolucionar esa situación. Para ello el sujeto necesita 1) seleccionar los elementos de la nueva situación y las propiedades de los mismos que le resulten significativos (representación de una *ontología* de la situación); y 2) derivar de esta representación un sistema de inferencia que le permita hacer predicciones. *Estos son los dos componentes esenciales de todo modelo MM*. En el caso de *sistemas físicos dinámicos*, el sistema de inferencia es el Principio Causal, por lo que a este segundo componente se le llama también *Modelo Causal*. El MM así construido tiene la propiedad de poder ejecutarse mentalmente, de manera que el sujeto puede evaluar si su modelo es *coherente* (si satisface el Principio Causal, como criterio de verdad –*epistemología*–), si es *correspondiente* (la ejecución mental es conforme con lo que está ocurriendo en el mundo físico) y si es *robusto* (si sirve para otras situaciones similares a las que contempla su MM). Si estas condiciones no se cumplen, el MM no se considera válido.

El modelo ONEPSI – ONtología, EPistemología, PSicología- (Gutierrez, 2001) ofrece una explicación dinámica del ciclo de construcción y reconstrucción de MMs. Para ello nos apoyamos en la definición canónica de MM; en la nomenclatura utilizada por de Kleer y Brown (1983); y en consideraciones *psicológicas* (psicoevolutivas y adaptativas) aportadas por algunos autores (Johnson-Laird, 1983:402-403; Reiner y Gilbert, 2000). Gráficamente, lo representamos en la Figura 1.

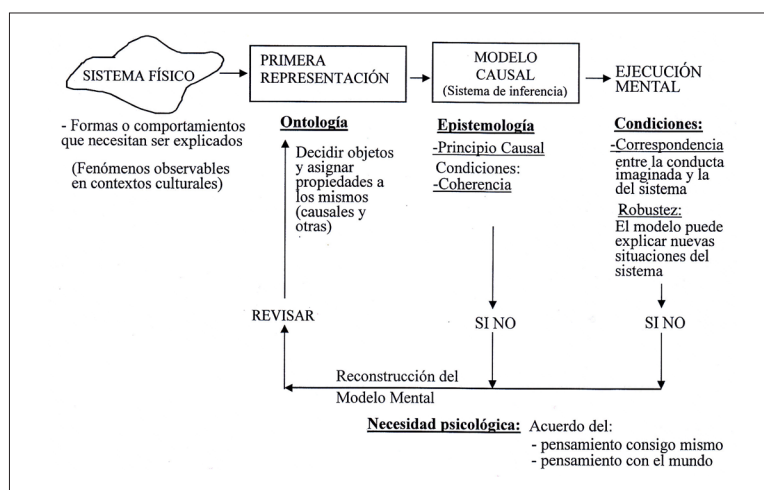


Fig. 1. Modelo ONEPSI. Ciclos de construcción y reconstrucción de Modelos Mentales.(Cfr. Gutierrez, 2001)

Como puede observarse en las descripciones anteriores, los *procesos naturales* de construcción y reconstrucción de CSC, tienen una base *teórica*, pero también *empírica*, como se muestra en los datos de la investigación en didáctica de las ciencias, donde los elementos de los ciclos de construcción y reconstrucción de MMs (básicamente, construcción, evaluación, revisión, reconstrucción) aparecían en los resultados *como un producto espontáneo* (Cheng and Brown, 2010; Sherin et al, 2012; Mendonça and Justi, 2013; Aliberas, 2013), llegando por este camino a logros en el conocimiento científico.

El Modelo ONEPSI ofrece, pues, una respuesta a la cuestión de cómo se mantiene el interés de los sujetos a lo largo de los ciclos de construcción y reconstrucción del conocimiento: *El “motor” que mantiene a los sujetos perseverantes en la construcción y reconstrucción de los MMs*, es la necesidad psicológica de explicar el mundo y de predecir el comportamiento de los sistemas que lo componen, para poder actuar en él. *Explicación y predicción son*, por tanto, *las funciones esenciales* de los MMs.

Lo que éste Modelo no explica es cómo a partir del CSC se puede construir CC, es decir, no da respuesta al problema de la *incommensurabilidad*.

## **Bases epistemológicas para la construcción del conocimiento científico en el aula**

Hay autores que introducen “ciclos de aprendizaje” en el diseño de sus secuencias, pero no basándose en los procesos psicológicos naturales, sino en consideraciones *epistemológicas*. Es decir, los “ciclos” de construir, evaluar, reconstruir, *son prescriptivos* y se basan en el convencimiento de que éste es el modo en el que los científicos construyen el conocimiento. Pero no argumentan esta creencia (Schwarz et al, 2009; Svoboda and Passmore, 2013; Jong et al, 2015). Todos estos autores también señalan ganancias en la adquisición de CC.

### *Algunos interrogantes acerca de esta opción*

Pensamos que la sola “justificación” epistemológica es difícil de sostener, por lo siguiente: a) *no resuelven el problema de la incommensurabilidad*, es decir, no explican cómo se puede pasar del CSC al CC; b) tampoco explican *cómo se mantiene el interés de los sujetos* a lo largo de los diferentes ciclos de construcción y reconstrucción de modelos.

Algunos autores reconocen que este segundo aspecto es problemático, e intentan justificar sus planteamientos. Así, Verhoeff et al (2008) explicitan que *“Un elemento esencial durante estos procesos es que los estudiantes tienen una motivación basada en los contenidos para empezar y continuar su proceso de aprendizaje”* (p 547). Pero, en la discusión de sus resultados, apuntan que *“Nuestra hipótesis de que nuestra estrategia de Enseñanza-Aprendizaje daría como resultado la adquisición de la competencia de pensar sistémicamente, no se ha justificado. A este respecto, quedó patente la importancia del apoyo del profesor ... (p. e., estimulando a los alumnos a pensar y revisar lo pensado entre los diferentes niveles de organización)”* p 563. De similar modo, Schwarz et al (2009), parten de la afirmación de que *“el metaconocimiento guía y motiva la práctica”* (p 232). Pero también, al discutir sus resultados, encuentran datos que plantean dudas: *“Primero... en el caso de nuestros materiales de aula, a los estudiantes había que decirles habitualmente cuando tenían que crear modelos... Segundo... en la mayoría de los casos, los estudiantes parecían considerar sus propios modelos como creados por el profesor, como otra forma de ‘respuesta de clase’ ... Lo tercero es la dificultad de motivar la necesidad de revisar los modelos”* p 652.

También Prins et al. (2016), encuentran problemas similares a los de Schwarz, apuntando que *“nosotros tenemos indicadores de que los estudiantes perciben la reflexión como algo que no tiene sentido.”* (p 1117-1118). En cuanto al diseño de sus guías de trabajo para las actividades que proponen, reconocen que *“han prestado una atención limitada a los componentes afectivos del aprendizaje, como la motivación, el interés y la curiosidad de los estudiantes”* (p 1118).

Como puede verse, las motivaciones a que apelan estos autores no se han mostrado tan eficaces como supusieron al plantear sus investigaciones.

Otro elemento que *no aparece* prácticamente en ninguna de estas investigaciones es el *componente ontológico* del aprendizaje. Sin embargo, se le va dando progresivamente más importancia, como condicionante del aprendizaje científico. Aquí no lo tocamos por falta de espacio, pero lo retomaremos en otro trabajo de este mismo Congreso (Gutierrez, 2017).

## UNA METODOLOGÍA QUE EXPLICA

### El Análisis Histórico Cognitivo de N. Nersessian

Al revisar la literatura, pensamos que hemos encontrado una respuesta a la cuestión que motiva este trabajo y a la que no da respuesta el Modelo ONEPSI: ¿Se puede construir el CC a partir del CSC? Los trabajos de N. Nersessian parecen ser decisivos a este respecto. Nersessian (1999) desarrolla el método “Análisis Histórico Cognitivo” (AHC), mediante el cual, basándose en datos de la Historia de la Ciencia, describe cómo fueron contruidos los Modelos Científicos (MC), desde los primeros pasos hasta que alcanzaron su estatus de “Científicos”, mostrando cómo a partir de *Modelos Mentales* (MM) intuitivos de fenómenos, pasando por sucesivos ciclos de construcción y reconstrucción, los científicos llegan finalmente a expresar *Modelos Científicos* (MC). En sus propias palabras: “*Aunque la habilidad original de realizar simulaciones mentales a través de modelos mentales haya podido ser desarrollada como un modo de anticipar posibles modos de acción en el mundo, es altamente plausible que , a medida que se ha desarrollado el cerebro humano, esta habilidad se haya hecho extensible a contextos de razonamiento más exóticos, como es la ciencia*” ... “*En el proceso constructivo del cambio conceptual, específicamente, una de las lecciones importantes que debemos extraer de los datos de la historia es que los modelos [MMs] son lo primero; después tienen lugar las abstracciones para crear expresiones formales de leyes y axiomas de las teorías* (Nersessian 1999, p 11-12 y15, respectivamente).

Con estos datos, Nersessian pone en entredicho el concepto kuhniano de inconmensurabilidad entre los MM y los MC, estableciendo lo que ella llama “Hipótesis de la continuidad”: “*El modo de hacer los científicos se ha desarrollado a partir de las capacidades humanas cognitivas ordinarias (“hipótesis de la continuidad”), y de esta manera e investigando en estas heurísticas para resolver problemas desde la ciencia cognitiva, se obtienen recursos para entender el uso más elaborado y conscientemente más refinado que utilizan los científicos*”. (Nersessian, 2008, p xi). En la Figura 2 ofrecemos una representación gráfica del proceso.

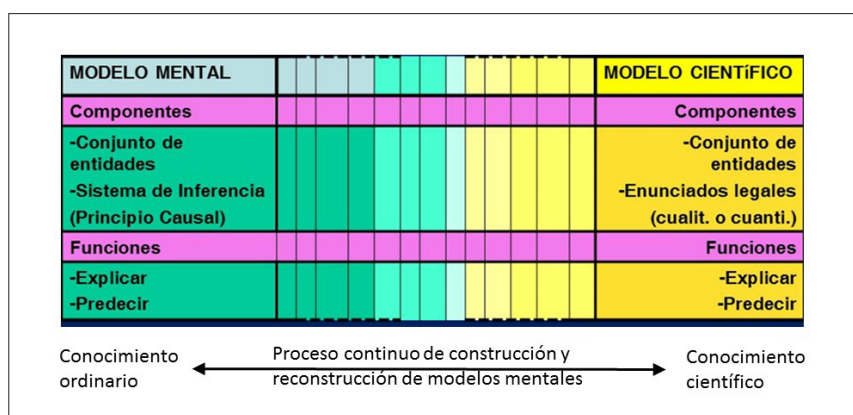


Fig. 2. Representación gráfica de la “Hipótesis de la Continuidad”

## CONCLUSIONES E IMPLICACIONES FUTURAS

Consideramos que con el modelo ONEPSI quedó contestada la pregunta de cómo era posible *mantener el interés de los sujetos en la construcción y reconstrucción de Modelos Mentales*. Pero quedaba sin resolver la cuestión de si se podía establecer alguna conexión entre el conocimiento de sentido común y el conocimiento científico.

Con la *Hipótesis de la Continuidad*, Nersessian pone en cuestión el problema de la inconmensurabilidad entre ambos tipos de conocimiento, abriendo la posibilidad de explicar a los datos empíricos que aparecen en las investigaciones en este campo.

Pensamos que estas conclusiones pueden ser importantes en términos prácticos, ofreciendo a los profesores la oportunidad de comprender mejor los procesos cognitivos de los estudiantes; y también en el terreno teórico, proporcionando a los investigadores nuevas perspectivas que puedan ampliar los modos de diseñar sus trabajos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALIBERAS, J., IZQUIERDO, M. y GUTIERREZ, R. (2013b). El papel de la Conversación Didáctica en la modelización y progresión del conocimiento escolar: el caso de la hidrostática. *Enseñanza de las Ciencias*, Número extra, pp. 76-83.
- CHENG, M. F. y BROWN, D. E. (2010). Conceptual resources in self-developed explanatory models: The importance of integrating conscious and intuitive knowledge. *I. J. of Science Education*, 32 (17), 2362-2392.
- DE KLEER, J. y BROWN, J. S. (1983). Assumptions and ambiguities in mechanistic mental models. En: Gentner, D. y Stevens, A. L. (eds), *Mental Models*. LEA. Hillsdale, NJ, p 155-190.
- GENTNER, D. (2002). Mental models, Psychology of. In N. J. Smelser & P. B. Bates (Eds.), *International Encyclopedia of the Social and Behavioral Sciences* (pp. 9683-9687). Amsterdam: Elsevier Science.
- GUTIERREZ, R. (2001). Mental Models and the fine structure of Conceptual Change. En: R. Pinto and S. Surinach (eds), *Physics Teacher Education Beyond 2000*. Elsevier Editions. París, p 35-44.
- (2017). Construcción del conocimiento espontáneo y del conocimiento científico II. Secuencia de enseñanza/aprendizaje basada en sucesiones de modelos. Introducción a la electrostática elemental. *Enseñanza de las Ciencias*, Número extra. Pendiente de publicación.
- JOHNSON-LAIRD, P. N. (1980). Mental models in Cognitive Science. *Cognitive Science*, 4 (1), 71-115.
- JONG, J. P., CHIU, M. H. y CHUNG, S. L. (2015). The Use of Modeling-Based Text to Improve Students' Modeling Competencies. *Science Education*, 99 (5), 986-1018.
- KUHN, T. S. (1962) [1970 2ª ed]. *The structures of scientific revolutions*. Univ. of Chicago Press. Chicago. Trad. cast. de A. Contín, *La estructura de las revoluciones científicas*. FCE. México, 1975.
- LOUCA, L. T. y ZACHARIA, Z. C. (2008). The use of computer-based programming environments as computer modelling tools in early Science Education: The cases of textual and graphical program languages. *Int. J. of Science Education*, 30 (3), 287-323.
- MENDOÇA, P. C. C. y JUSTI, R. (2013). The Relationships Between Modelling and Argumentation from the Perspective of the Model of Modelling Diagram. *I. J. of Science Education*, 35 (14), 2407-2434.
- NERSESSIAN, N. J. (1999). Model-based reasoning in conceptual change. En Magnani, L., Nersessian, N. y Thagard, P. (eds.) *Model-based reasoning in scientific discovery*. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers, p 5-22.
- NERSESSIAN, N. J. (2008). *Creating Scientific Concepts*. The MIT Press. Cambridge. Ma.
- PRINS, G. T., BULTE, A. M. W. y PILOT, A. (2016). An Activity-Based Instructional Framework for Transforming Authentic Modeling Practices into Meaningful Contexts for Learning in Science Education. *Science Education*, 100 (6), 1092-1123.
- REINER, M. y GILBERT, J. K. (2000). Epistemological resources for thought experimentation in science learning. *Int. J. of Science Education*, 22 (5), 489-506.
- ROGERS, Y., RUTHERFORD, A. y BIBBY, P. A. (eds) (1992). *Models in the mind*. Academic Press. Londres.

- SCHWARZ, C. V., REISER, B. J., DAVIS, E. A., KENYON, E., ACHÉR, A., FORTUS, D., SHWARTZ, Y., HUB, B. y KRAJCIK, J. (2009). Developing a Learning Progression for Scientific Modeling: Making Scientific Modeling Accessible and Meaningful for Learners. *J. of Res. in Science Teaching*, 46 (6), 632-654.
- SHERIN, B. L., KRAKOWSKI, M. y LEE, V. R. (2012). Some Assembly Required: How Scientific Explanations Are Constructed During Clinical Interviews. *J. of Res. in Science Teaching*, 49 (2), 166-198.
- SVOBODA, J. AND PASSMORE, C. (2013). The Strategies of Modeling in Biology Education. *Sci & Educ*. 22:119–142.
- VERHOEFF, R. P., WAARLO, A. J. y BOERSMA, K. TH. (2008). System modelling and the development of coherent understanding. *Int. J. of Science Education*, 30 (4), 543-568.