

Constructos orgánicos para una redescipción de la epistemología de la Ciencia

Nicolás Marín Martínez

Departamento de Didáctica de la Matemática y de las Ciencias Experimentales. Universidad de Almería.
nicolas.marin@gmail.com

[Recibido en julio de 2012, aceptado en abril de 2014]

En los últimos años se ha llegado entre los expertos de Didáctica de las Ciencias a notables consensos en epistemología de la ciencia, que con el paso del tiempo ha derivado, en primer lugar, en la formulación de algunas debilidades de la epistemología tradicional y, en segundo lugar, en una importante lista de consensos. El trabajo propone un marco epistemológico formulado desde un entramado conceptual novedoso tal que, recogiendo la diversidad de aportaciones actuales, se ensamblen en un todo ordenado y coherente, lo cual conllevaría también a una redescipción epistemológica del conocimiento de ciencia. Se finaliza reflexionando sobre los valores añadidos que aporta la nueva redescipción epistemológica en relación a los tradicionales y a la lista de consensos actuales.

PALABRAS CLAVE: Epistemología de las Ciencias; zona de interacción cognitiva; constructivismo; redescipción.

Organic constructs for a redescription of epistemology of science

In the last years it has come near between the experts of Didactics of the Sciences to notable consensuses in epistemology of the science, that with the passage of time has derived, first, in the formulation of some weaknesses of the traditional epistemology and, secondly, in an important list of consensuses. The work proposes a frame epistemological formulated from a such conceptual new studding that, gathering the diversity of current contributions, is assembled in quite tidily and coherent, which would carry also to a redescription epistemological of the knowledge of science. It concludes thinking about the added values that the new redescription epistemological contributes in relation to the traditional ones and to the list of current consensuses.

KEYWORDS: Epistemology of Science, zone of cognitive interaction, constructivism; redescription.

Introducción

Gracias al esfuerzo de un buen número de expertos del ámbito de la Didáctica de las Ciencias (DC) (Clough, 2007; Fernández, Gil, Carrascosa, Cachapuz, & Praia, 2002; Lederman, Abd-El-Khalick, Bell, & Schwartz, 2002; McComas, 2008; Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar, & Duschl, 2003; Vázquez, Acevedo, & Manassero, 2004) se han realizado diversas listas de consensos sobre qué es y cómo se construye el conocimiento de ciencia. En un trabajo reciente (Marín, Benarroch, & Niaz, 2013) se elabora una *lista común* ([tabla de consensos](#) pp. 129-131) a partir de cinco listas confeccionadas por grupos de investigación formados por varios autores. La conclusión del trabajo es que, aunque las listas de consensos son coherentes con el marco constructivista, quizá por la diversidad de métodos y supuestos iniciales usados por los diferentes autores, se perciben carencias suficientes como para afirmar que “*el cuadro constructivista está incompleto*”.

En este trabajo se retoma y se tiene presente el acervo cultural epistemológico de las listas de consensos actuales sobre construcción del conocimiento de ciencia y se precisan una serie de constructos teóricos, principalmente tomados de la epistemología genética piagetiana (García, 2006; Piaget y García, 1982), para ensamblar la diversidad de aportaciones en un todo ordenado y coherente, lo cual conllevaría también a realizar una redescipción epistemológica del conocimiento de ciencia.

El constructivismo orgánico como aglutinador epistemológico: La zona de interacción cognitiva

En términos generales, se pueden enmarcar los consensos actuales sobre la visión de ciencias (Marín *et al.*, 2013) combinando una posición epistemológica (*constructivismo*) con un modelo holístico (*organicismo*) para entender este conocimiento:

- *Constructivismo*. El conocimiento de ciencia se debe a una continua interacción entre sus construcciones teóricas y la confrontación empírica. Esta posición, por un lado, se aleja del *racionalismo extremo* pues aunque se destaca la importancia de la actividad racional se admite que intervienen otros factores menos racionales y, por otro, se admite la importancia de los datos empíricos en la confrontación pero sin que estos adquieran el valor ontológico de verdad que les da el *empirismo* ni su predominio en las construcciones teóricas. El continuo desfase entre teoría y realidad obliga a una permanente confrontación empírica de las teorías (Pozo y Gómez Crespo, 1998).

Consecuentemente, los criterios de validez de una teoría por su supuesta correspondencia con la realidad, como admite el empirismo, se deben sustituir por otros más pragmáticos de utilidad, eficacia, productividad, etc. Actualmente no se considera que la ciencia posea por sí misma un valor excepcional o que sea el saber más verdadero que existe (*absolutismo*) sino que su valor es más bien pragmático y relativo a la parcela de la realidad con la que está comprometida (Chalmers, 1984; Giere, 1992; Izquierdo, 2000; Marín, 2003a).

- *Organicismo*. Los complejos procesos de regulación de la comunidad científica generan un cuerpo de conocimientos altamente coherente, organizado y consensuado que sólo se puede explicar adecuadamente mediante un modelo holístico que interpreta el conocimiento con la metáfora de un organismo (Botella, 2001; Luffiego, 2001; Pozo, 1989). En el *organicismo* (Piaget, 1969) el todo no se puede reducir a las partes y las relaciones causales no son simples y lineales, como lo percibe el *mecanicismo* cuyo modelo ideal es la máquina (Peñalver, 1988). Se puede apreciar que la visión orgánica se aleja de visiones deformadas del conocimiento de ciencia (Fernández *et al.*, 2002).

Para argumentar más adelante es preciso aclarar que existen versiones teóricas o epistemológicas que se podrían denominar constructivistas ya que admiten la importancia de la estructura cognitiva del sujeto para interpretar o aprehender la realidad pero al mismo tiempo asumen el principio empirista de que entre conocimiento y realidad se pueden establecer correspondencias más o menos directas (*empirismo*) o abordan los problemas del conocimiento desde analogías mecanicistas. Este *constructivismo mecanicista* (Marín, 2003a; Pozo, 2003) con tendencias empiristas y neopositivistas, se aleja claramente del *constructivismo orgánico (CO)* que será la posición que se adopte en lo sucesivo como la más adecuada para entender el conocimiento de ciencia.

En el CO *conocimiento* y *realidad* son dos categorías de naturaleza diferente (Delval, 1997; Pozo, 2003), por lo que no se puede establecer correspondencias entre ambos; más bien, muestran una relación de índole adaptativa (Piaget, 1969). Existe, por tanto una realidad interna, construida por el sujeto y que tiene significado para él y otra externa con la que se puede interactuar pero no acceder. La información externa llega carente de significado por lo que su apropiación para tomarlo y posteriormente convertirse en conocimiento, es un proceso difícil. Esta diferenciación entre significativo y significado y entre información y conocimiento, tomando como criterio interior-exterior del sujeto será determinante en la propuesta posterior (Marín, 2014).

Simbiosis entre comunidad y el material semiótico que profesa

En general, CO interpreta el conocimiento como un organismo vivo con capacidad de autorregulación y resulta crucial plantearse el siguiente argumento: si en el *conocimiento individual* es la estructura cognitiva del sujeto la que mantiene su identidad y continuidad, en el *conocimiento de ciencia* ¿qué mantiene su identidad y continuidad? ¿sobre qué entidad actúan los mecanismos de autorregulación?

Mientras que el soporte del conocimiento del sujeto es su propia mente, los conocimientos compartidos requieren ser explicitados mediante significantes verbales, signos, símbolos gráficos o matemáticos, etc., y registrados en algún tipo de soporte físico (Marín, 2003b; Pozo, 2003). Estos entramados de información se convierten en conocimiento gracias a que son profesados, consensuados, gestionados y mantenidos por un colectivo de individuos -comunidad científica- que los usa para buscar soluciones más eficaces al conjunto amplio de problemas asociados a las teorías.

Para entender cuál es la entidad sede de las regulaciones orgánicas que permite la estabilidad y continuidad del conocimiento socialmente compartido de ciencias, hay que precisar un nuevo constructo formado por dos sistemas en “simbiosis”:

- Un sistema semiótico, y unas reglas para combinarlos, socialmente generado de forma compartida por una comunidad de expertos en ciencias y que se conserva grabado en una diversidad de soportes físicos.
- Una comunidad de expertos vinculada al sistema semiótico de ciencias en el sentido de que cada uno tiene la capacidad de asignarle significados y que son compartido con los demás.

La simbiosis que existe entre ambos sistemas es condición necesaria para la continuidad del conocimiento de ciencia socialmente compartido pues a) sin comunidad de expertos, el sistema de significantes pierde su posibilidad de disponer de sujetos que le asignen significados compartidos y, consecuentemente, de convertirse en conocimiento para ellos y, b) en ausencia del sistema de significantes, la comunidad de ciencias malogra la continuidad de su conocimiento compartido pues la transmisión cognitiva entre generaciones pierde su principal recurso –un sistema semiótico que permanece en el tiempo (Martí y Pozo, 2000)-. La regulación social de los vínculos entre significantes y significados quedaría limitada al intercambio oral y las nuevas aportaciones cognitivas individuales no pueden ser registradas de forma efectiva al no existir sistema semiótico común.

El conjunto “sistema semiótico (significantes) - comunidad “que asigna significados” será referido con el acrónimo S-C. A grandes rasgos se podría ver algunas semejanzas entre S-C y algunos planteamientos realizados desde el “interaccionismo simbólico”, la “psicología discursiva” o las “representaciones sociales” (Carabaña y Espinosa, 1978; Castorina, 1998, 2012; Delval, 2008; Moscovici, 2001), sin embargo son propuestas que se desarrollan en el marco del constructivismo mecanicista con suposiciones epistemológicas diferentes a las que dan soporte a S-C que es coherente con el marco del CO. Por esta razón, se intentará evitar apoyos teórico citados que pudieran introducir incoherencias en la propuesta de redescubrir la epistemología de la ciencia, pero también convencidos de que la perspectiva CO no requiere para este menester de las opciones de clara tendencia neopositivista y mecanicista.

Zona de interacción cognitiva

En los análisis epistemológicos tradicionales (Acevedo, 2008) se usa el término *teoría* como un entramado conceptual representativo de un determinado conocimiento (Castorina, 2012). Desde la perspectiva del CO la *teoría* sería más bien una trama de recursos semióticos ligados por una gramática que, aunque carentes de significado, facilitan al experto convertir a

conocimiento la semiótica. Así pues, la unidad de análisis epistemológico no sería la *teoría* sino el sistema simbiótico S-C, donde la interacción simbiótica entre comunidad y sistema semiótico sería más relevante.

Esta nueva visión hace necesario definir un nuevo constructo que se denominará *zona de interacción cognitiva* (ZiC), ubicado figurativamente en la zona donde la estructura cognitiva de los expertos interactúan con su medio semiótico y empírico. La ZiC supone un cambio de punto de vista para realizar análisis epistemológicos coherentes con CO situándose en lo alto, a vista de pájaro, donde se percibe una zona interior y otra exterior a la ZiC, y sobre todo, una frontera donde se da la interacción.

Un análisis epistemológico realizado desde la ZiC (brevemente, análisis ZiC) considera por un lado, una *parte estructural* de áreas topográficas delimitadas por una o varias ZiC y por otro lado, una *parte dinámica* que explicaría a través de un lenguaje propio de la autorregulación orgánica (asimilación, asignación de significados, equilibración, etc.) los procesos por los que el sistema cognitivo mantiene su continuidad y posibilidad de progreso. A la vez, se deberán analizar los factores externos e internos que animan o inhiben para acercarse o alejarse de la ZiC.

Para entender mejor la complejidad de las fases constructivas del conocimiento de ciencia es pertinente realizar dos análisis ZiCs que a la vez se complementan:

- *ZiC S-C*: se centra en la *interacción de la comunidad con el sistema semiótico* que profesa. Admite una representación gráfica con dos áreas circunscritas (ver figura 1), una interna donde se recoge todo el sistema semiótico y otra externa donde se acoge a los expertos de ciencias. La ZiC sería la frontera que separa las dos áreas donde se dan interacciones de todo tipo con resultados tales como: la formación de expertos, la incorporación de nuevos materiales semióticos, su difusión entre los miembros de la comunidad, las sinergias que surgen por ser un conocimiento socialmente compartido, etc.
- *ZiC S-C-M*: se centra en la interacción de la comunidad con el medio empírico no semiótico. Para que esta interacción sea posible, los científicos deberán convertir el sistema semiótico en conocimiento y este en acción, y de este modo ser aplicado sobre los referentes externos que componen el contexto problemático donde surge y se aplica el conocimiento de ciencias. ZiC S-C-M también se puede representar por dos áreas circunscritas, la interna formada por el sistema S-C y la externa formada por el medio empírico (ver figura 1).



Figura 1

Sin ánimos de ser exhaustivos para no extender en exceso el trabajo, a continuación, usando el nuevo constructo epistemológico ZiC y demás conceptos asociados, se llevará a cabo un análisis ZiC del conocimiento de ciencia. Se intentará en esta *redescripción epistemológica* mostrar

las afirmaciones más relevantes del acervo cultural epistemológico, ensambladas y aglutinadas en esta redescrición sin perder coherencia con el marco CO.

Redescrición epistemológica de la construcción del conocimiento de Ciencia desde la perspectiva ZiC (análisis S-C)

Se trata de analizar la estructura y dinámica de interacciones entre las dos partes del sistema S-C, la semiótica y la comunidad que lo profesa. Se comienza el análisis ZiC por la *parte estructural*:

- *Zona de interacción*: habría que ubicarla entre el sistema semiótico y la comunidad de expertos que lo profesa. Los objetos de interacción son siempre significantes semióticos, bien hacia el interior, lo que supone asignación de significados y adquisición cognitiva de los expertos, bien hacia el exterior, lo que supone aportes de estos al acervo semiótico (Marín, 2010a). En esta zona se produce un tipo de interacción compleja (Castorina y Barreiro, 2010) donde los elementos de intercambio son signos y símbolos ensamblados entre sí por unas reglas de composición aceptadas y consensuadas por la comunidad de expertos.
- *Área interior* de la ZiC: en este caso coincide con el sistema semiótico que, en el caso de las ciencias es notablemente rico ya que posee una amplia gama de significantes verbales propios y gran cantidad de símbolos y grafismos específicos (Martí y Pozo, 2000), con tal suerte que la comunidad de expertos suele dar significados con márgenes de tolerancia mínimos (Marina, 1998).
- *Área exterior* de la ZiC: zona donde se ubica la comunidad de expertos en ciencias y que gracias a su interacción con el sistema semiótico de ciencias enriquece su mente permitiendo la posibilidad de convertirse en generadores de nuevos materiales semióticos. Se verá en la siguiente parte dinámica del análisis ZiC que las sinergias creadas en la construcción colectiva del edificio semiótico permiten un progreso notable que no podría ser explicado por la suma de aportaciones individuales.

La *parte dinámica* del análisis ZiC S-C interno se refiere a los procesos por los que la interacción entre el sistema semiótico y la comunidad permiten la formación de mentes expertas, y por otro lado, el enriquecimiento del sistema semiótico y sus asociaciones con los significados de los expertos.

- *Factores externos e internos que animan o inhiben la interacción*: el contexto profesional en el que se mueven los expertos científicos explica en buena medida la intensidad con que estos interactúan constantemente con los materiales semióticos de ciencias bien a través de soportes físicos usuales tales como libros, revistas, Internet, etc., o bien en foros de discusión como (congresos, conferencias, seminarios, etc.

Pueden existir factores internos que animen a la interacción tales como: la vocación, los intereses personales, la afición por el tema, etc., pero sobre todo, los factores externos ligados a los incentivos profesionales, crean un contexto competitivo que explicaría también la intensa actividad productiva que termina por enriquecer el sistema semiótico que profesan.

No se perciben factores que inhiban la interacción salvo aquellos que pudieran emanar de las implicaciones sociales, éticas y morales de la producción cognitiva del experto o que contravengan reglas y normas establecidas por organismos de autoridad que limiten dicha producción.

- *Procesos de autorregulación y desarrollo*: se trataría de explicar los diferentes procesos constructivos que la interacción con los materiales semióticos puede provocar en el experto y

cómo las aportaciones de este podrían enriquecer el sistema semiótico, todo ello, fuertemente regulado por la presencia de la comunidad científica.

- En el proceso de formación, el futuro experto aprende a asignar los significados aceptados por la comunidad a los significantes de ciencias de los libros de texto. Es este un proceso largo ya que adquirir el significado es una cuestión de grados (Pozo, 1996). Asimismo, en el contexto profesional, se incrementan notablemente sus *interacciones con los significantes de ciencias* (lectura continuada, congresos, reuniones, etc.) lo que supone un proceso continuo de adquisiciones cognitivas que lleva a continuos reequilibrios o reestructuraciones cognitivas fuertes y que le va confiriendo una sólida formación conceptual y procedimental (Pozo, 2003).
- En el contexto profesional, existe una fuerte tensión dialéctica en las interacciones entre miembros de la comunidad que es la causante de que la asignación de significados sea cada vez más compartida, precisa y enriquecida. A esto ayuda bastante la tarea de los científicos de explicitar de modo preciso y dinámico los significados a través de otros significantes o bien en formular las definiciones, siempre que sea posible, usando estructuras lógicas o matemáticas. La optimización de la comunicación entre expertos, genera una fuerte convergencia en su formación.

Así pues, el conocimiento que en mayor medida utiliza el científico para su producción está tomado del sistema semiótico de ciencias. Ahora bien, aunque la producción del científico está en sintonía con su formación desde el cuerpo de conocimientos que ha recibido, no podrá evitar que sus creencias, intereses, problemas profesionales o personales, afiliaciones a grupos o ideas, conocimiento implícito y demás factores, no siempre "tan científicos", influyan tanto en su formación como, consecuentemente, en su producción.

Desde el análisis ZiC, si se quiere profundizar en cómo intervienen en la producción del científico los factores menos racionales (Giere, 1999), los valores no epistémicos (Echeverría, 2003) o las estrategias mentales que se dan en la fase de descubrimiento (Nersessian, 2008), se percibe necesario estudiar los "efectos psicológicos" asociados al científico. Este tipo de análisis ha estado frecuentemente ausente en la epistemología de la ciencia (Acevedo, 2008; Chalmers, 1984; Izquierdo, 2000).

Redescripción epistemológica del conocimiento de Ciencia desde la perspectiva ZiC (análisis S-C-M)

Para el análisis ZiC S-C-M, el núcleo S-C no se descompone en los dos subsistemas constituyentes como en el apartado anterior, sino que es considerado como un complejo entramado orgánico y socialmente compartido y cuya *parte estructural* sería la siguiente:

- *Zona de interacción*: es una frontera figurativa que delimita el sistema cognitivo S-C y su referente. Las teorías tienen un referente conformado por un conjunto amplio de problemas que trata de resolver que, en el caso de las teorías de ciencias, pertenecen directamente al ámbito real (Marín, 2010b). Desde la perspectiva ZiC, los llamados "datos empíricos", no sería información que proviene directamente del medio como defiende el empirismo; dicha información requiere el significado que es asignado por el experto con su teoría y, por tanto, datos y teoría son ambos elementos cognitivos con un grado de credibilidad similar pero mientras los primeros están más cerca de la ZiC, los segundos están más lejos (Marín, 2003a, 2005).
- *Área interior* de la ZiC: es donde se ubica el sistema S-C de cuya estructura y dinámica de progreso ya se ha hablado en el análisis ZiC interno.

- *Área exterior* de la ZiC: en ésta se describe el escenario o medio con el que interactúa el sistema cognitivo, especificando el contexto problemático de dónde surge y se aplica el conocimiento de ciencia.

La *parte dinámica* del análisis ZiC S-C-M se refiere a los factores que dinamizan la interacción entre el sistema cognitivo S-C con el medio donde se ubican sus referentes problemáticos, así como a los procesos de desarrollo del sistema cognitivo:

- *Factores externos e internos que animan o inhiben la interacción.* La construcción del conocimiento de ciencia se caracteriza por una intensa actividad en la ZiC: la denominada *confrontación empírica* está dada, tanto por la necesidad de la comunidad por disponer de un entramado semiótico y de unas reglas gramaticales que permiten aunar esfuerzos individuales de forma coherente, como por el uso de potentes procedimientos metodológicos para la construcción y evaluación de un conocimiento útil y fiable en una diversidad de problemas ligados a un sector de la realidad material. Estas características no son cualidades intrínsecas de la ciencia sino una consecuencia de los factores que fomentan o inhiben la actividad en la ZiC, pero, ¿cuáles son esos factores?

Los científicos producen conocimiento usualmente en un contexto profesional, es decir, en un contexto de estímulos económicos. Por supuesto que la curiosidad humana siempre ha llevado a nuevos descubrimientos, pero ésta, y sobre todo en los tres últimos siglos, es insuficiente para explicar los progresos de la ciencia si se tiene en cuenta que el mantenimiento de costosos aparatos y de una plantilla de personal altamente cualificado requiere de fuertes partidas económicas (Acevedo, 2006a).

Las fuertes y complejas relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad (Fernández *et al.*, 2002) vinculan este conocimiento con la parte más interesada y material del entorno real (problemas medioambientales, desarrollo tecnológico, producción y control de bienes, etc.). Muchas direcciones de investigación son marcadas por la iniciativa privada. Otras direcciones, potencialmente deseables, son inhibidas por su falta de rentabilidad. La iniciativa pública baraja otros valores, pero estos dependen en buena medida de la orientación política.

Así, el estímulo económico determina en buena medida esa característica científica tan preciada como es la tenacidad por la confrontación empírica que se da ante la necesidad de disponer de un conocimiento que sea válido y fiable cuando se aplique. Al igual que en el análisis ZiC interno, se perciben pocos factores inhibidores de la interacción que más bien estarían ligados a las implicaciones sociales, éticas y morales de la producción científica.

Procesos de autorregulación y desarrollo. Será la actividad intensa, constante, concienzuda y usualmente farragosa en la ZiC la característica que mejor defina la construcción del conocimiento de ciencia, aunque no la única (Marín, 2003b). Tal importancia tiene la confrontación empírica, que un requisito previo de cualquier construcción cognitiva para ser considerada científica es su posibilidad de ser falsada interpersonalmente (Popper, 1983). La interacción de teorías con datos empíricos es normalmente buscada e intensificada por los expertos que la profesan.

Además, la actividad de las ciencias en la ZiC se optimiza con métodos que usan potentes estrategias hipotético-deductivas. Las hipótesis, a modo de tentativas, adelantan soluciones a los problemas y guían la investigación (Fernández *et al.*, 2002). El control de variables permite diseños experimentales más eficaces, optimiza las búsquedas y llevan a obtener datos más concluyentes para confirmar o falsar hipótesis que a menudo invitan a dar marcha atrás para precisar los problemas de partida (Bunge, 1981).

Por muy contrastada que esté una teoría, su aceptación no es incondicional (Chalmers, 1984; Vázquez *et al.*, 2004). Las teorías de ciencias son siempre propuestas de acción que invitan a ser, y de hecho, son aplicadas a una diversidad de situaciones problemáticas. Las confrontaciones positivas suponen el enriquecimiento de la teoría que ve aumentado así su contenido empírico y su grado de generalidad.

Conclusiones: el valor añadido de ZiC

Respecto a otras propuestas epistemológicas que tienen la finalidad de entender y explicar el conocimiento de ciencia, esta redescrición epistemológica realizada desde la ZiC, creemos que aporta los siguientes valores y novedades:

✓ *Simplicidad e intuición para entender el proceso constructivo del conocimiento de ciencia.* La redescrición epistemológica desde la ZiC admite fácilmente una analogía topográfica (ver figura 1), a modo de parcelas circunscritas desde el núcleo S-C hasta el *medio real* en la parte más externa. Se ubica en la zona media, una frontera para representar la ZiC que facilita el quehacer y la reflexión epistemológica al hacerla más intuitiva y didáctica, evitando su usual carácter tedioso y abstracto e invitando fácilmente a completar, detallar o hacer inferencias. Así por ejemplo:

- a) La “*zona de interacción cognitiva*” invita a trazar una frontera topográfica, resaltada por ser la “*cota*” más importante de todas y ancha para denotar que no se trata de una entidad matemática. La figura 1 muestra en el área más interior la ZiC S-C, donde interacciona el sistema semiótico con la comunidad que profesa dicha semiótica. Después el ZiC S-C-M separa el núcleo S-C del medio empírico.
 - b) Se preserva en el grafismo la doble interacción de la comunidad, hacia dentro con el entramado semiótico y hacia fuera con el medio empírico. Estas diferenciaciones formales usando el constructo ZiC permiten entender y afirmar que la versión simbólica de las teorías no son las que se confrontan con el medio empírico, sino que lo hacen a través de los científicos una vez que la convierten en conocimiento y de ahí en acción lo cual sitúa el análisis epistemológico en un espacio reflexivo distinto al que está polarizado por el constructo “teoría”. Desde la visión de la ZiC, la observación y la experimentación se redescrive como “*interacción entre miembros de la comunidad y medio*”.
 - c) Los constructos como “*intensidad de interacción*” o “*motivos para acercarse o alejarse de la ZiC*” ahora tienen un soporte topográfico para reflexionar sobre la duración, intensidad, calidad, frecuencia de la interacción, modos y procedimientos al interactuar, intencionalidad y atención con que se da ésta, así como otros factores endógenos y exógenos al sistema cognitivo que motivan o provocan la interacción.
- ✓ *Coherencia constructivista:* la redescrición del conocimiento de ciencia desde la ZiC, traba con coherencia constructivista las listas de consenso actuales ([tabla de consensos](#) pp. 129-131), aporta precisiones y novedades a la epistemología tradicional y resuelve algunas de sus limitaciones más señaladas, las cuales son:
- a) La redescrición ZiC, contempla la lista de consensos actuales sobre la construcción y naturaleza del conocimiento de ciencia integrada en una totalidad más amplia denominada *constructivismo orgánico*. Así por ejemplo, la afirmación:
 - “*existen fuertes influencias y compromisos CTS*”, ZiC los contempla para describir el escenario donde interacciona la ciencia y para precisar los factores externos que animan la interacción;
 - “*la dependencia del desarrollo de la ciencia del momento histórico en que surge*” es una consecuencia lógica de la visión orgánica del conocimiento que surge en la interacción con su medio,

es decir, surge del contexto problemático que es conformado en cada momento histórico por una interacción orgánica del contexto social, tecnológico, económico y de bienes materiales;

- “*la imaginación y la creatividad del científico juega un papel importante*” o “*en la actividad de investigación de los científicos no existe un método único*” se pueden entender mejor pues ZiC introduce en la reflexión epistemológica factores “menos racionales” como es el incentivo profesional, sus creencias, intereses, problemas profesionales o personales, afiliaciones a grupos o ideas, etc., que mediatizan su producción científica;
- el que “*la construcción del conocimiento de ciencia sea una actividad marcadamente colectiva*” queda en la ZiC como parte nuclear dado que el sistema S-C es parte esencial en su descripción para explicar el constante trasiego información – conocimiento;
- “*la naturaleza provisional y a la vez estable*” de la ciencia es sólo la consecuencia de las mecánicas de autorregulación orgánicas donde no es posible asimilaciones en las que la estructura asimiladora pueda perder su identidad y continuidad;
- “*los datos empíricos no tienen sentido por sí mismos*” se entiende por la acepción constructivista de que todo tipo de información externa que llega al sujeto lo hace carente de significado.

b) El análisis ZiC añade algunas precisiones a otros consensos, así:

- A la afirmación “*los científicos no suelen razonar en términos de certezas sino de hipótesis*” añadiría que normalmente es así, pero atendiendo a razones psicológicas, el experto ante problemas desconocidos o novedosos, es muy posible que sólo pueda abordarlos nada más que con estrategias inductivas o incluso de ensayo y error.
- En relación al problema clásico de qué metodología explica la sustitución de una teoría por otra (Piaget y García, 1982), la visión ZiC, al centrarse en el proceso constructivo del conocimiento de ciencia, diferencia “*cómo ocurre*” dicho proceso de “*cómo debería ocurrir*” para explicar cómo se produce la sustitución de teorías, es decir, distingue lo que realmente ocurre (por ejemplo “*no siempre las interacciones del científico están regidas por un pensamiento hipotético-deductivo*”) de lo que es el deseo del epistemólogo por descubrir la lógica y metodología que explica el cambio de teorías (por ejemplo “*cómo sería conveniente que trabaje el científico o la ciencia para disponer de conocimiento fiable*”).
- En cuanto a que *el progreso de la ciencia normalmente es evolutivo, y a veces conlleva cambios revolucionarios*, matizaría y suavizaría los procesos revolucionarios, pues desde la perspectiva orgánica de la ZiC, no son posibles cambios cognitivos bruscos sino graduales.

c) Los elementos más relevantes de la epistemología tradicional sobre el conocimiento de ciencia están contenidos en la redesccripción epistemológica hecha desde la ZiC, si bien sus significados quedan precisados de un modo diferente en mayor o menor grado, a la vez que aparecen otras novedades epistemológicas:

- Normalmente los análisis epistemológicos, al tomar como unidad de análisis cognitivo la “teoría de ciencias”, no respetan la distinción constructivista entre información y conocimiento. La teoría, como elemento externo al científico, no es una entidad cognitiva, sino semiótica. Esta indistinción se ha debido en buena parte a la tendencia mecanicista, principalmente del mundo anglosajón, de considerar los materiales simbólicos como cognitivos y la mente como procesador simbólico (Delval, 1997; Pozo, 2003). Ante la ausencia de expertos, los entramados conceptuales teóricos no son más que un conjunto de significantes sin significado. El “*conocimiento sin sujeto*”, tan

característico de las epistemologías tradicionales (Chalmers, 1984) no tiene sentido en la redescrición ZiC.

- La falsación popperiana afirma que “*las sucesivas confirmaciones experimentales de la teoría nunca pueden ser concluyentes, sólo lo es su falsación*”. Desde la perspectiva ZiC, la falsación en el sentido popperiano es sólo una entelequia lógica sin correlato real, dado que la información que aportan los experimentos no tiene el valor concluyente que le da el empirismo o Popper (1983).
- La propuesta de un falsacionismo sofisticado (Lakatos, 1983) para salvar las debilidades de la falsación popperiana donde se propone una heurística negativa para proteger de la falsación, el núcleo firme de la teoría se continúa percibiendo desde la visión ZiC como un “*artifioso andamiaje lógico*” puesto que el “*el cinturón protector del núcleo firme*” no es más que una consecuencia de la tendencia de toda entidad orgánica de mantener su identidad y progreso.
- Otro elemento novedoso del análisis ZiC es la inserción de factores intencionales en la reflexión epistemológica, incluso, algunos de ellos, como factores causales de los efectos cognitivos. Como se ha visto en la redescrición, en el análisis ZiC es importante preguntarse qué factores, tantos internos como externos, animan o deprimen las interacciones en la ZiC. Esto hace, de forma coherente y necesaria, integrar toda la literatura CTS en los balances epistemológicos y obliga a revisar a la baja el grado de racionalidad, el cual es excesivamente alto en las epistemologías tradicionales. Esto es debido a que aparecen en el proceso constructivo de ciencias, otros factores menos racionales. La insuficiente contextualización social e individual, así como su visión excesivamente racional del proceso constructivo de ciencias han sido los puntos más criticados de la epistemología tradicional (Acevedo, 2006b).
- Lo que se percibe más novedoso es haber centrado el análisis epistemológico en la ZiC, es decir, dejar los “*datos empíricos*” o las “*teorías*” de ser el centro de la reflexión epistemológica para que sea la “*zona de interacción cognitiva*”, el lugar donde el sistema cognitivo S-C interacciona con su medio. Lo novedoso ha sido preguntarse, ¿qué hay a un lado y otro de la ZiC?, ¿qué anima o deprime la ZiC?, ¿cuál es la proximidad o lejanía de los objetos cognitivos a la ZiC?, etc.

✓ *Unificación conceptual*: los conceptos asociados a la ZiC surgen, en buena medida, al considerar que cualquier estructura cognitiva, ya sea la del sujeto o la del conocimiento socialmente compartido por una comunidad, tiene carácter orgánico, de forma que su identidad, continuidad y progreso se rigen por reglas de autorregulación semejante a las de cualquier órgano vivo. De ahí que conceptos epistemológicos usados en la redescrición del conocimiento de ciencia tales como “*zona de interacción cognitiva*”, “*estructura cognitiva*”, “*factores que animan o deprimen la interacción*”, “*autorregulación*”, son igualmente válidos para describir todo tipo de conocimiento, manteniendo coherencia con el marco epistemológico usado: el “*constructivismo orgánico*”.

Existe un determinado nivel de generalidad epistemológica hasta donde se podrían mantener las analogías funcionales entre el conocimiento de ciencia y del alumno, pero cuando se desciende a los detalles de las mecánicas constructivas de uno y otro, se perciben diferencias (Marín, 2003a, 2003b). En efecto: procesos de *abstracción empírica y reflexiva*, de tipos de *reequilibrio de las perturbaciones* cognitivas o de *toma de conciencia y explicitación de los contenidos cognitivos implícitos* (Piaget, 1976) no se encuentran en las construcciones del conocimiento de ciencia por ser peculiaridades constructivas del conocimiento individual, y viceversa, procesos constructivos como la difusión de las aportaciones individuales, regulación de la comunidad de

la producción individual o los procesos de formación con dicha información, no se dan de igual modo en el conocimiento individual.

Establecer las analogías y diferencias entre los conocimientos de ciencias y del alumno tiene un gran valor para la enseñanza de las ciencias (Marín, 2003b). Las descripciones epistemológicas clásicas poseen un entramado conceptual muy diferente al usado en las descripciones de progreso cognitivo que hacen las teorías psicológicas; la comparación de ambos conocimientos se hace más difícil que usando el entramado conceptual de los análisis ZiC.

En un futuro inmediato habrá que realizar una redescrición epistemológica semejante a la desarrollada en este trabajo, pero ahora aplicada al conocimiento del aprendiz de ciencias, para después realizar un estudio comparativo estableciendo con precisión las analogías y diferencias entre ambos conocimientos, y así abordar desde esta posición fundamentada, la enseñanza de la ciencia.

Referencias bibliográficas

- Acevedo, J. A. (2006a). Modelos de relaciones entre ciencia y tecnología: un análisis social e histórico. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(2), 198–219.
- Acevedo, J. A. (2006b). Relevancia de los factores no-epistémicos en la percepción pública de los asuntos tecnocientíficos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(3), 16.
- Acevedo, J. A. (2008). El estado actual de la naturaleza de la ciencia en la didáctica de las ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5(2), 134–169.
- Botella, L. (2001). *El Ser Humano Como Constructor de Conocimiento: El Desarrollo de las Teorías Científicas y las Teorías Personales*. En línea en: http://padron.entretemas.com/cursos/deteorias/LECTURAS/Botella_Constructor%20del%20conocim.htm.
- Bunge, M. (1981). *La investigación científica*. Barcelona: Ariel.
- Carabaña, J., y Espinosa, E. (1978). La teoría social del interaccionismo simbólico. *Revista Española de Investigaciones Sociológicas*, 1, 159–203.
- Castorina, J. A. (1998). Aprendizaje de la ciencia: constructivismo social y eliminación de los procesos cognitivos. *Perfiles Educativos*, 20(82), 24–39.
- Castorina, J. A. (2012). Algunos problemas filosóficos de las teorías psicológicas del cambio conceptual. *Estudios de Psicología*, 33(1), 21–37.
- Castorina, J. A., y Barreiro, A. V. (2010). El proceso de individuación de las representaciones sociales: historia y reformulación de un problema. *Interdisciplinaria*, 27.
- Chalmers, A. F. (1984). *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?* Madrid: Siglo XXI.
- Clough, M. P. (2007). Teaching the nature of science to secondary and post-secondary students: questions rather than tenets. *The Pantaneto Forum*, 25.
- Delval, J. (1997). Tesis sobre el constructivismo. In M. J. Rodrigo y J. Arnay (Eds.), (pp. 15–24). Barcelona: Paidós.
- Delval, J. (2008). *Los niños y dios. Ideas infantiles sobre la divinidad, los orígenes y la muerte*. Madrid/México: Siglo XXI.
- Echeverría, J. (2003). *La revolución tecnocientífica*. Madrid: Fondo de Cultura Económica.

- Fernández, I., Gil, D., Carrascosa, J., Cachapuz, A., y Praia, J. F. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 477–488.
- García, R. (2006). *Sistemas complejos*. Barcelona: Gedisa.
- Giere, R. (1992). *Cognitive Models of Science*. Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Giere, R. (1999). Un nuevo marco para enseñar el razonamiento científico. *Enseñanza de las Ciencias, Número extra*, 63–70.
- Izquierdo, M. (2000). Fundamentos Epistemológicos. In F. J. Perales y P. Cañal (Eds.), (pp. 35–64). Alcoy: Marfil.
- Lakatos, I. (1983). *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid: Alianza Universitaria.
- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., y Schwartz, R. S. (2002). Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497–521.
- Luffiego, M. (2001). Reconstruyendo el constructivismo: hacia un modelo evolucionista del aprendizaje de conceptos. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(3), 377–392.
- Marín, N. (2003a). Visión constructivista dinámica para la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias, Extra*, 43–55.
- Marín, N. (2003b). Conocimientos que interaccionan en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(1), 65–78.
- Marín, N. (2005). *La enseñanza de las ciencias en Educación Infantil*. Granada: Grupo Editorial Universitario.
- Marín, N. (2010a). Nuevas opciones constructivas en la teoría de Piaget sugeridas por las ideas de Vygotsky. *EDUCyT*, 1, 57–74.
- Marín, N. (2010b). Propuesta para compartir una base de datos de información bibliográfica (Bib) en Didáctica de las Ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7(3), 613–635.
- Marín, N. (2014). Constructs to describe individual knowledge / Constructos para describir el conocimiento individual. *Estudios de Psicología/Studies in Psychology*, 35(1), versión en inglés: pp. 29–41/Versión en español: pp. 42–53.
- Marín, N., Benarroch, A., y Niaz, M. (2013). Revisión de Consensos sobre Naturaleza de la Ciencia. *Revista de Educación*, 361, 117–140.
- Marina, J. A. (1998). *La selva del lenguaje*. Barcelona: Anagrama.
- Martí, E., y Pozo, J. I. (2000). Más allá de las representaciones mentales: la adquisición de los sistemas externos de representación. *Infancia y aprendizaje*, 90, 11–30.
- McComas, W. F. (2008). Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science. *Science y Education*, 17(2-3), 249–263.
- Moscovici, S. (2001). *Social representations. Explorations in social psychology*. New York: New York University Press.
- Nersessian, N. J. (2008). Mental Modeling in Conceptual Change. In S. Vosniadou (Ed.), (pp. 275–302). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

- Osborne, J. F., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R., y Duschl, R. (2003). What “Ideas-about-Science” Should Be Taught in School Science? A Delphi Study of the Expert Community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692–720.
- Peñalver, C. (1988). El pensamiento sistémico: del constructivismo a la complejidad. *Investigación en la Escuela*, (5), 11–16.
- Piaget, J. (1969). *Biología y Conocimiento*. México: Siglo XXI.
- Piaget, J. (1976). *La toma de conciencia*. Madrid: Morata.
- Piaget, J., y García, R. (1982). *Psicogénesis e historia de la ciencia*. Mexico: Siglo XXI.
- Popper, K. R. (1983). *Conjeturas y refutaciones. El desarrollo del conocimiento científico*. Barcelona: Paidós.
- Pozo, J. I. (1989). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Madrid: Morata.
- Pozo, J. I. (1996). No es oro todo lo que reluce ni se construye (igual) todo lo que se aprende: contra el reduccionismo constructivista. *Anuario de Psicología*, 69, 127–139.
- Pozo, J. I. (2003). *La adquisición de conocimiento*. Madrid: Morata.
- Pozo, J. I., y Gómez Crespo, M. A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Ediciones Morata.
- Vázquez, A., Acevedo, J. A., y Manassero, M. A. (2004). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: evidencias e implicaciones para su enseñanza. *Revista Iberoamericana de Educación*.