

The book cover features a vertical gradient background. The top section is light blue with three white, stylized clouds. The middle section is a medium blue. The bottom section is a dark blue, representing an underwater scene with green seaweed, a large pink and white clownfish, a smaller brown fish, and several blue bubbles.

**INVESTIGACIONES
SOBRE EL NÚCLEO
TEÓRICO DE
DIDÁCTICA DE LAS
CIENCIAS**

Nicolás Marín Martínez

MEMORIA DE INVESTIGACIÓN

**INVESTIGACIONES SOBRE
EL NÚCLEO TEÓRICO DE
DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS**

NICOLÁS MARÍN MARTÍNEZ

PROFESOR TITULAR DE LA UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

Almería, Septiembre'2006

ÍNDICE

LA AGENDA DE LA INVESTIGACIÓN	9
--	----------

PARTE 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA: ENDEBLES COMPROMISOS TEÓRICOS EN EL ÁMBITO DE LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS.....

1.1. ¿Es la Didáctica de las Ciencias un ámbito semejante al de ciencias?	12
1.2. ¿A qué se llama núcleo teórico?	17
1.3. Evaluación de dos líneas de investigación de Didáctica de las Ciencias	26
1.3.1. Evaluación de la línea de investigación del cambio conceptual	31
1.3.2. Evaluación de la línea de las concepciones del alumno	37
1.4. En busca de elementos teóricos en la Didáctica de las Ciencias	43
1.4.1. Elementos teóricos, grado de compromiso, falsación y formación de expertos.....	44
1.4.2. Reflexiones sobre el ámbito de la Didáctica de las Ciencias ..	50
1.5. Bibliografía de la parte 1	56

PARTE 2. MODELO INTEGRADO BASADO EN UN SISTEMA DE PARES

DICOTÓMICOS	65
1.6 La relevancia del criterio epistemológico en DC.....	65
1.7 Aclaraciones epistemológicas preliminares	70
2.2.1 Zona de interacción del sujeto	70
2.2.2 Aclaraciones sobre coherencia epistemológica	87
2.2.3 Aclaraciones metodológicas	88
2.2.4 El progreso ontológico y epistemológico	89
1.8 Construcción de un sistema de conocimiento para la DC	91
1.8.1 Consensos sobre la visión de ciencia	93
1.8.2 Visiones más y menos adecuadas del conocimiento de ciencias	99
1.8.3 Visiones más y menos adecuadas del conocimiento	110
1.8.4 Visiones más y menos adecuadas del aprendiz de ciencias..	119

1.9	Posibilidades del sistema de pares dicotómicos para el ámbito de la DC	131
1.9.1	Las nuevas orientaciones y direcciones de actuación didáctica que ofrece el sistema de pares del aprendiz	131
1.9.2	Posibilidades del sistema de pares para responder a algunas carencias teóricas	140
1.9.3	Posibilidades de desarrollo y falsación del sistema de pares	134
1.10.	Reflexiones finales.....	148
1.11.	Bibliografía de la parte 2	151

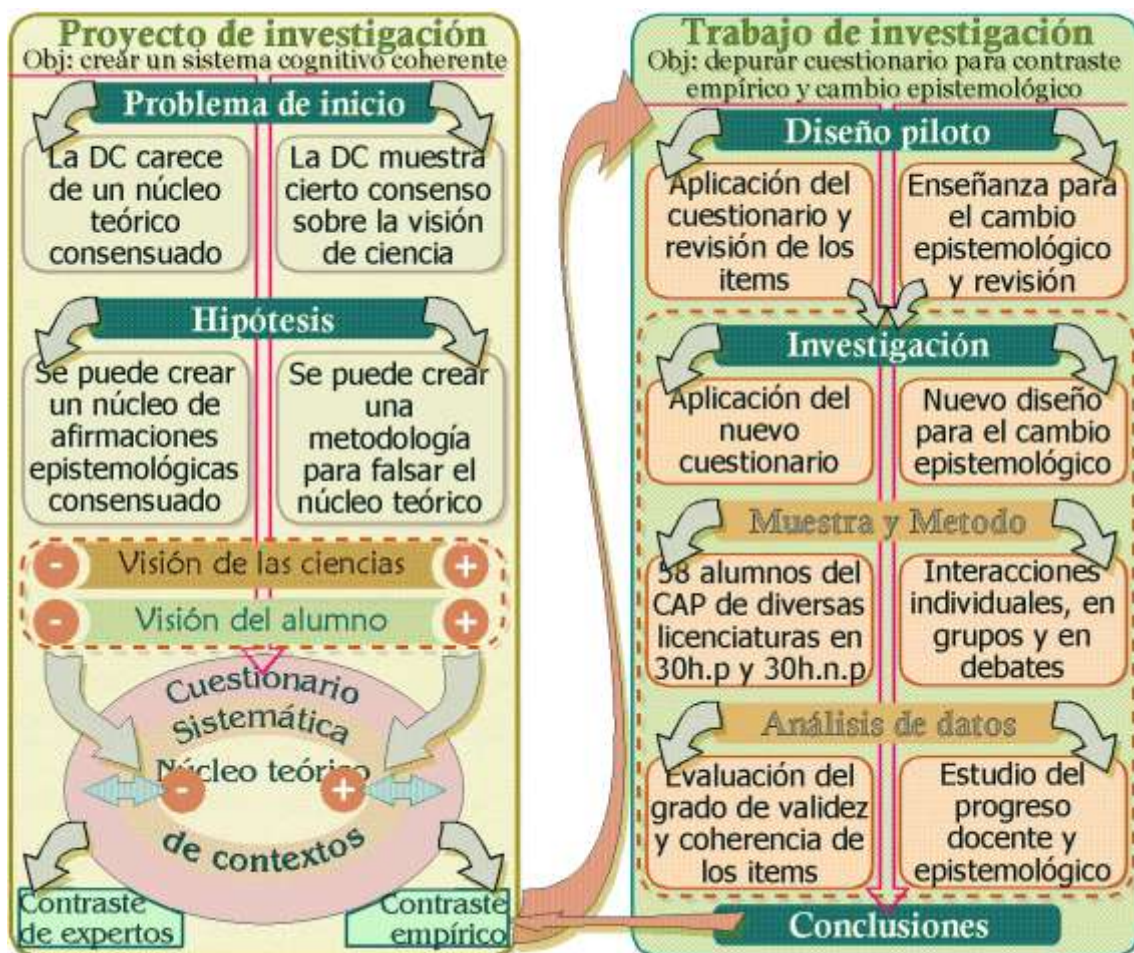
LA AGENDA DE LA INVESTIGACIÓN

La agenda de esta investigación arranca en el año 1999. A lo largo de este año participé en varios debates sobre modelos de enseñanza de las ciencias y grado de consenso y coherencia del ámbito de la Didáctica de las Ciencias. Aunque esta confrontación era necesaria la sensación fue que cada cual mantuvo sus posiciones iniciales. Son muchas las lecturas que se podrían hacer de este hecho, pero la que me parece más convincente es que no parece existir un núcleo teórico en nuestro ámbito con la suficiente entereza o coherencia como para crear cierto grado de tensión dialéctica. También se dejó entrever la ineficacia de los artículos de revista para establecer debates dado que supone un intercambio lento, ortopédico y sirve más para defender las posiciones de cada cual que para establecer una comunicación fluida que permita acercamiento y aprendizaje.

Motivado en buena medida por el debate comentado, inicié una serie de trabajos que buscaban fortalecer mis posiciones teóricas y críticas, de entre los cuales destacaría dos:

Marín, N. (2003a). Conocimientos que interaccionan en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*. 21 (1), 65-78. *Resumen:* En la enseñanza de las ciencias se dan cita una diversidad de conocimientos: cotidiano, de ciencias, del alumno, académico o del profesor. Frente a esta diversidad cognitiva se dan dos tendencias básicas según se enfatizan las semejanzas o las diferencias entre conocimientos. Este trabajo se alinea con los que esgrimen las diferencias cognitivas entre el conocimiento de ciencias y el del alumno para revisar propuestas didácticas que se basan en las analogías.

Marín, N. (2003b). Visión constructivista dinámica para la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*. Número Extra, 43-55. *Resumen:* El constructivismo, como soporte teórico, está detrás de la mayoría de los trabajos que abordan problemas propios del ámbito de la Didáctica de las Ciencias. A la vez, en éste ámbito, existen diversos marcos teóricos comprometidos con el constructivismo (piagetiano, humano, radical, social, etc.) con apoyos y posiciones bien diferentes en otros planos disciplinares (filosofía, psicología, epistemología de las ciencias, didáctica, etc.). Esta diversidad hace que declararse constructivista sin matices o aclaraciones viene a decir bien poco y en ocasiones es motivo de controversias (Marín, Solano y Jiménez Gómez, 1999). El esfuerzo de este trabajo se centra en hurgar en el tipo de compromiso teórico que mantienen las diferentes familias constructivistas con incidencia relevante en la enseñanza de las ciencias. Después, se desarrolla la posición



epistemológica y ontológica constructivista que es coherente con los detalles psicológicos que aporta una determinada opción sobre la construcción del conocimiento individual. Todo ello perfila la visión constructivista dinámica u organicista (Pozo, 1989; Delval, 1997) que será comparada con los planteamientos y modos de hacer de otras opciones constructivistas, a fin de analizar posibles ventajas para resolver problemas ligados a la enseñanza de las ciencias.

Inicialmente la agenda de investigación era ligeramente diferente a la que finalmente se muestra en este resumen de la memoria de investigación (ver esquema anterior). Se pretendía realizar una experiencia docente de cambio epistemológico en el alumnado del CAP de la Universidad de Almería. De hecho, esta investigación se desarrolló durante los años 2003, 2004 y 2005, pero cuando hubo que redactar la memoria y en el transcurso de ésta, aparecieron los resultados de diferentes evaluaciones del estado actual del ámbito de la DC en foros de expertos (tabla 1.1) donde se mantenían posiciones críticas que mostraban importantes coincidencias con las propias. De este modo, el desarrollo teórico de la investigación tomó ante el nuevo contexto una relevancia que lo llevó a

ocupar una posición de privilegio en vez de ser un mero fundamento de una experiencia docente de cambio epistemológico.

Un esquema del desarrollo de las **INVESTIGACIONES SOBRE EL NÚCLEO TEÓRICO DE DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS** es el siguiente:



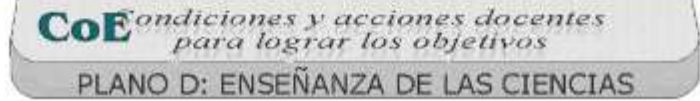
Los puntos fuertes del conjunto de investigaciones sobre el núcleo teórico del ámbito de Didáctica de las Ciencias son básicamente los siguientes:

- Se lleva a cabo una evaluación de dos líneas de investigación de Didáctica de las Ciencias y, a pesar de que los contenidos, muestras y métodos son diferentes, las debilidades de ambas investigaciones son bastante coincidentes. A la vez, buena parte de estas coincidencias están contenidas también en diferentes seminarios de expertos que analizan el estado del ámbito de DC.
- Se hace una investigación para entrever qué afirmaciones sobre la visión de ciencias muestran mayores consensos. Para ello se toman cuatro trabajos recientes que, con métodos y orientaciones diferentes, analizan los consensos existentes sobre la visión o naturaleza de las ciencias. Usando una sistemática amplia de contextos sobre los distintos aspectos

donde se manifiesta el conocimiento de ciencias, se aúnan los consensos por categorías y, posteriormente se agrupan usando como criterio los compromisos epistemológicos subyacentes. Con este método se llega a configurar un sistema de pares de afirmaciones dicotómicas sobre la visión de ciencias.

- A partir de los consensos anteriores, se construye un sistema de pares de afirmaciones dicotómicas, más y menos adecuadas, sobre los conocimientos de ciencias y del aprendiz que son coherentes entre sí. Los consensos de la parte de afirmaciones positivas del aprendiz se toman del ámbito de la psicología en el marco del constructivismo orgánico.
- Se hace un estudio de las posibilidades del sistema de pares dicotómicos donde se analizan tres aspectos: su utilidad didáctica, su capacidad para responder a las debilidades teóricas del ámbito de DC y sus potencialidades de desarrollo y falsación.

El siguiente esquema y tabla de acrónimos, junto a sus significados, pretende facilitar y orientar en la lectura del guión de la investigación.



ACRÓNIMOS MÁS USUALES

ACRÓNIMO	TÉRMINO	DEFINICIÓN
DCE ó DC	DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES	Ámbito de conocimiento que aborda los problemas sobre qué ciencia enseñar y cómo hacerlo, intentando dar soluciones fundamentadas
AcC	ALUMNO COMO CIENTÍFICO	Conjunto de propuestas didácticas para enseñar ciencias que suponen una mejor comprensión en el aprendiz si se le enseña acorde a como se construye el conocimiento de ciencias
AcA	ALUMNO COMO APRENDIZ	Propuestas para enseñar ciencias atendiendo a los diferentes modos de adquirir conocimiento del aprendiz desde los diversos contenidos de ciencias
McC	MODELO DEL CAMBIO CONCEPTUAL	Propuesta para la enseñanza de las ciencias, en el marco del AcC, que se fundamenta en el supuesto paralelismo entre el progreso de la ciencia y el aprendizaje del alumno
McA	MOVIMIENTO DE CONCEPCIONES ALTERNATIVAS	Propuesta para la enseñanza de las ciencias, en el marco del AcC, que pone especial énfasis en diseñar la enseñanza de ciencias conociendo las concepciones del alumno
Mepi	MODELO DE ENSEÑANZA POR INVESTIGACIÓN	Propuesta de enseñanza de las ciencias, en el marco del AcC, que intenta simular en clases de ciencias, salvando diferencias, la actividad propia de los científicos

CTS	CIENCIA, TÉCNICA Y SOCIEDAD	En el contexto donde se va a usar se limita a una propuesta de enseñanza de las ciencias comprometida con los fuertes vínculos entre Ciencia, Tecnología y Sociedad
HFC	HISTORIA Y FILOSOFÍA DE LA CIENCIA	Entre DC e HFC se dan intensas y diversas relaciones. Es frecuente utilizar la HFC para fundamentar propuestas didácticas de DC
VdC	VISIÓN DE CIENCIAS	Asuntos ligados a las diferentes fases de la actividad constructiva del conocimiento de ciencias y a cuestiones epistemológicas. También se usa con el mismo significado NATURALEZA DE LAS CIENCIAS (NdC)
VdA	VISIÓN DEL APRENDIZ	Asunto ligados a las valoraciones epistemológicas del conocimiento del sujeto, modelos de organización cognitiva y de los distintos tipos de aprendizaje

PARTE 1

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA: ENDEBLES COMPROMISOS TEÓRICOS EN EL ÁMBITO DE LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS

La Didáctica de las Ciencias (DC) en poco más de dos décadas ha experimentado un desarrollo notable. En este periodo se ha pasado de apoyar las estrategias de enseñanza primordialmente en trabajos de otras áreas de conocimiento a hacerlo casi exclusivamente con referencias del propio ámbito (Tamir, 1996), de disponer de unas cuantas obras propias a disponer de una profusión documental que invita a la especialización antes de sucumbir en el intento de formarse en todas sus líneas de trabajo.

Pretendemos en esta primera parte realizar una revisión de una parte significativa del ámbito de DC. El importante desarrollo que ha experimentado le ha dotado de una complejidad creciente que requiere de evaluaciones periódicas. Se trataría de precisar los puntos fuertes que han llevado a su crecimiento así como los débiles, si los hubiera, en aras de buscar direcciones de trabajo que permitan su desarrollo óptimo y fructífero. Esto es, de hecho, lo que se ha llevado a cabo recientemente en dos importantes seminarios de expertos.

Las revisiones realizadas hasta el momento actual aportan suficientes razones, tanto para defender la existencia de una significativa actividad y cohesión en el ámbito de la DC como para mostrar ciertas debilidades por las que merecería la pena un esfuerzo para superarlas.

1.1. ¿Es la Didáctica de las Ciencias un ámbito de conocimiento semejante al de Ciencias?

Existen ámbitos de conocimiento cuyos progresos, cognitivos y prácticos, los hacen realmente envidiables:

- Disponen de un núcleo teórico consensuado que contiene mecanismos para regular las incorporaciones individuales y así garantizar el progreso sin perder la coherencia interna.
- La comunidad que profesa estos conocimientos mantiene una actitud constante e intencionada de confrontar teorías con datos empíricos. Esto confiere al ámbito una buena coherencia interna y externa. Esto se pone de manifiesto en que sus teorías son útiles, predictivas, eficaces y fructíferas en los contextos prácticos donde se aplican.

- Reciben importantes apoyos materiales y económicos para desarrollar una intensa y profusa investigación en los frentes más diversos.
- Disfrutan de una excepcional infraestructura para que la formación e incorporación de nuevos expertos a la comunidad científica sea continua y extensa, de tal modo que sus aportaciones, explicitadas en el lenguaje consensuado, mantienen coherencia con lo anterior y permiten el progreso.

Cabe preguntarse si DC posee características y condiciones semejantes a las descritas. Son relativamente pocos los trabajos que han abordado este problema y, en general, las opiniones se pueden dividir en dos grandes grupos:

a) La DC es un ámbito de conocimiento, a pesar de ser relativamente joven, que muestra cierto grado de coherencia sobre aspectos y problemas relacionados con la enseñanza de las Ciencias (Matthews, 1990; Hodson, 1992; Furió, 1994; Gil, Carrascosa, Dumas-Carré, Furio, Gallego, Gené, et al., 1999). Fruto de una multitud de investigaciones llevadas a cabo desde comienzos de los años ochenta hasta hoy se puede decir que la DC es un cuerpo de conocimientos en el que se integran coherentemente los distintos aspectos relativos a la enseñanza de las Ciencias (Hodson, 1992). La DC es un campo específico de conocimientos y no sólo la suma de contenidos de asignaturas científicas y de psicopedagogía (Mellado y Carracedo, 1993). Existe una comunidad de expertos que tiene como campo de investigación los problemas de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, con numerosas revistas específicas, departamentos universitarios, realización de congresos, etc (Aliberas, Gutiérrez e Izquierdo, 1989; Gil, 1996; Porlán, 1998).

b) La DC muestra una dispersión de planteamientos iniciales, metodologías y contextos teóricos (o ausencia de ellos) que no permite hablar de ámbito coherente (Abimbola, 1988; Gunstone y Watts, 1989; Hewson, 1990; Suchting, 1992; Pozo, 1993; Moreira, 1994; Matthews, 1994; Solomon, 1994; Marín, Solano y Jiménez-Gómez, 1999). La DC es un campo en formación donde aún falta bastante camino por recorrer para llegar a poseer un cuerpo de conocimientos que se acerque a las características antes comentadas (Marín, Solano y Jiménez-Gómez, 1999), de modo que sin disponer todavía de buenas soluciones para los problemas que se originan en la enseñanza de las Ciencias, estamos en situación de poder plantear estos problemas en términos adecuados.

Las dos visiones de la DC contienen buenas dosis de razón. Desde inicios de los años ochenta se puede afirmar que de forma creciente, entre un buen número de expertos de DC, existe cierta convergencia básica en

desarrollar propuestas didácticas coherentes con la construcción del conocimiento de ciencias (Marín, Solano y Jiménez-Gómez, 1999; Gil, Carrascosa, Dumas-Carré, Furio, Gallego, Gené, et al., 1999; Marín, 2003a) lo que permitiría entender la DC como un nuevo campo de conocimiento de cierta coherencia. Aún así, también es cierto que se aprecia, dentro de este consenso, importantes discrepancias y divergencias debido precisamente a la diversidad de propuestas para racionalizar la construcción de la actividad de Ciencias (Sebastia, 1989; Duschl y Gitomer, 1991; Matthews, 1994; Duschl, 1994; Marín, Solano y Jiménez-Gómez, 1999). En este sentido, en los últimos años se percibe un importante esfuerzo por buscar puntos de encuentro entre los expertos de DC relativos a la visión del conocimiento de ciencias (ver por ejemplo, McComas, Clough y Almazroa, 1998; Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar y Duschl, 2003; Acevedo, Vázquez, Martín, Oliva, Acevedo, Paixão y otros, 2005).

Las anteriores valoraciones sobre el ámbito de DC están realizadas sobre opiniones de una diversidad de autores que conforman cierta visión global pero que no termina de ser concluyente. Recientemente, se han llevado a cabo algunos foros de expertos donde se ha evaluado la situación actual de la DC como ámbito de conocimiento.

Concretamente, la tabla 1.1 recoge las conclusiones más destacadas contenidas en dos importantes trabajos:

- **Cachapuz, A.F., Lopes, B., Paixão, F., Praia, J.F. y Guerra, C.** (2004). Los citados son los organizadores del Seminario internacional celebrado en los días 15 y 16 de Octubre de 2004 en la Universidad de Aveiro (Portugal) participando expertos de autoridad de todo el mundo entre los que cabría destacar, entre otros, por orden alfabético, a Duschl, Gil-Pérez, Izquierdo, Jenkins, Matthews, Osborne, Sequeira, White, etc.

TABLA 1.1. ALGUNAS DEBILIDADES ACTUALES DEL ÁMBITO

<p>AVEIRO, 2004 Seminario con expertos de diferentes países</p>	<p>MOREIRA, 2005 I y II Congreso Iberoamericano. Burgos, 2002 y 2004</p>
<p>SOBRE LA COMUNIDAD DE DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS</p>	
<ul style="list-style-type: none"> •La comunidad debe estar organizada en redes multidisciplinares de investigación, tanto nacionales como internacionales, con el fin de mejorar la relevancia, la calidad y la visibilidad de la investigación. •Es necesaria una intensa comunicación entre profesores e investigadores, mediante otros medios adicionales que van más allá de las meras publicaciones. 	<ul style="list-style-type: none"> •Foro institucional débil: a) pocos grupos de referencia y sociedades b) las revistas no tienen criterios y objetivos muy claros. •Poco diálogo e interacción con otras comunidades. •Falta de reconocimiento y visibilidad del área por otras áreas de investigación y organismos responsables de política educativa. •Faltan programas fuertes de formación. Inserción apresurada de investigadores de otras áreas, sin suficiente formación.
<p>SOBRE EL CUERPO DE CONOCIMIENTOS</p>	
<ul style="list-style-type: none"> •No existe hoy día una teoría o marco aglutinador y parece bastante problemático que se llegue a formular. •No obstante, es importante caminar hacia la búsqueda de una coherencia global. •Es necesario desarrollar y consolidar un cuerpo específico y coherente de conocimientos. 	<ul style="list-style-type: none"> •Trabajos sin marco teórico coherente y consistente. El supuesto referente teórico no se articula ni con los datos ni con los análisis. •Referentes teóricos importados, a veces, de manera acrítica, es decir, sin reconstrucción en el ámbito de DC. •Falta de una visión más compleja de los procesos de aprendizaje.
<p>SOBRE INVESTIGACIÓN</p>	
<ul style="list-style-type: none"> •Importante fijar prioridades para la investigación en la enseñanza de las ciencias, según los siguientes criterios: <ul style="list-style-type: none"> -Relevancia y utilidad para la resolución de problemas de la enseñanza de las ciencias. -Influencia real en la mejora de la enseñanza y del aprendizaje tendiendo un puente entre profesores e investigadores. -Contribución a la construcción de un cuerpo de conocimiento más coherente. •Importante mantener vivo el espíritu de revisión crítica de la investigación •Importante incrementar el impacto de la investigación sobre la política educativa 	<ul style="list-style-type: none"> •Pocas líneas de investigación definidas y progresivas y muchas planificadas a corto plazo y puntuales. Producción apresurada y de baja calidad más aplicacionista que productora de conocimiento. •Ausencia del “diálogo” con investigaciones anteriores. Existe una especie de tendencia a “reinventar la rueda”. •Trabajos con concepciones empiristas ingenuas. •Fragilidades metodológicas en enfoques cualitativos como en cuantitativos. •La investigación aún no tienen un impacto real en la práctica educativa.
<p>SOBRE CRITERIOS DE CALIDAD</p>	
<ul style="list-style-type: none"> •El área, en rápido crecimiento, debería considerar más el tema de la calidad. •Debería haber un esfuerzo en definir y validar los criterios de evaluación del impacto de la investigación en la enseñanza de las ciencias. •Es responsabilidad del investigador ser más crítico en su trabajo. 	<ul style="list-style-type: none"> •Las revistas del área no tienen criterios de calidad bien definidos. La aceptación y rechazo de los artículos son un poco relativos. •Los investigadores del área no aceptan bien la crítica y tampoco la hacen, es decir, falta una tradición crítica en DC. •Importante estimular la evaluación crítica.

• **Moreira** (2005). Trabajo que recoge las conclusiones y recomendaciones de expertos reunidos en los Encuentros Iberoamericanos

sobre Investigación en Educación Básica realizados en Burgos en 2002 y 2004.

Vistas las conclusiones de los seminarios, surgen varias cuestiones que solicitan mayor detalle y concreción si se pretende buscar soluciones:

- **Sobre la comunidad:** ¿A qué se deben los problemas de formación y comunicación de expertos? ¿existen diferentes tipos de formación?
- **Sobre el marco teórico:** ¿Por qué no existe marco teórico? ¿qué trabajos si tienen marco teórico? ¿existen elementos teóricos que juegan ese papel? ¿qué es lo que aglutina en el ámbito?
- **Sobre la investigación:** ¿Por qué son pocos los trabajos progresivos y muchos los puntuales y diseñados a corto plazo? ¿a qué se debe la falta de progresión?
- **Sobre calidad de la producción:** ¿Por qué se insiste en mejorar la calidad de la producción? ¿a qué se debe el bajo sentido crítico? ¿por qué son tan divergentes y relativos los criterios de evaluación?

Las respuestas de un buen número de cuestiones están ligadas entre sí. Es evidente que si no se dispone de un núcleo teórico coherente y consensuado, la formación de expertos y los criterios de evaluación serán divergentes. En estas circunstancias resulta difícil mantener un sentido crítico mayor e impide desarrollos de investigación mejor fundamentados. Sí que llama la atención el que sea baja la actitud crítica para desarrollar la investigación cuando es usual demandar lo contrario para el aprendizaje de ciencias. Es una paradoja que habría que estudiar.

Intentamos ahora indagar sobre las cuestiones anteriores y así sumarnos al anterior cauce crítico para profundizar con el detalle que aportan algunas investigaciones del ámbito. Se trata de investigar sobre las causas que han llevado a los expertos a formular tales críticas. El plan para llevar a cabo esta tarea será el siguiente:

- Evaluar algunas líneas de investigación relevantes de DC, analizando con detalle sus apoyos, fundamentos, metodologías y resultados.
- A partir de los datos obtenidos en la revisión, analizar los contenidos de DC que pudieran estar jugando el papel de núcleo teórico, evaluar si existen ausencias de contextos teóricos que deberían estar presentes, sondear sobre los problemas de formación de expertos en DC o indagar sobre los compromisos y heurísticas del ámbito.

1.2. ¿A qué se llama núcleo teórico?

Observando las reacciones de los niños ante experiencias con el equilibrio de bloques con diferentes formas y lastres (Karmiloff-Smith e Inhelder, 1975), se concluyó que los sujetos que no disponían de la idea del centro de masas se mostraban incapaces de poner algo de orden en los datos de las experiencias que se sucedían, de evitar caer en continuas contradicciones, de usar los resultados anteriores en una nueva experiencia, etc., mientras que los que sí disponían, o iban conformando cierta idea de este punto, progresivamente creaban un orden creciente en la sucesión de datos, disminuyendo sus contradicciones y haciendo previsiones bastante ajustada. Su trabajo lo titularon "SI QUIERES PROGRESAR HAZTE CON UNA TEORÍA".

Desde que Kelly (1955) precisara que las personas disponemos de teorías que juegan un papel semejante a las de los científicos, se han desarrollado diferentes líneas de trabajo bastante fructíferas (Botella, 2001). En psicología, tomadas las estructuras de la personalidad como teorías, se han llevado a precisar tipologías o modelos sobre el comportamiento y actitudes del sujeto ante los datos de sus interacciones sociales con bastante capacidad interpretativa y predictiva.

Hay personas que entienden que la realidad se modifica y evoluciona constantemente en una relación dialéctica entre la experiencia y su interpretación cognitiva, suelen ser agentes activos en la construcción de su identidad, están predispuestas a la experimentación activa y la búsqueda de información relevante y suelen ser reflexivas y abiertas a la evidencia contraria a sus concepciones. Por el contrario, en las que mantienen teorías normativas o dogmáticas, suele primar la conformidad por encima de la experimentación, mantienen puntos de vista autoritarios y construyen un self rígido al que intentan proteger de la invalidación, buscando evidencias que confirmen o manipulando las que no lo hacen. Finalmente, las personas que tienen teorías "ad hoc" suelen reaccionar continuamente ante las demandas del contexto, su *self* se halla fragmentado y sus estrategias sociales incluyen la manipulación de las impresiones o el rechazo de la interacción social. Necesitan continuamente colmarse de aprobación, experiencia, placer o reafirmación (Berzonsky, 1992; citado por Botella, 2001).

Así pues, se llamen esquemas de conocimiento o asimilación (Piaget, 1978; Coll, 1983; Marín, 1994a; Delval, 1997) teorías implícitas (Pozo y Gómez-Crespo, 1998; Vosniadou, 1999; Rodrigo y Correa, 1999; Oliva, 1999), teorías personales (Kelly, 1955), teorías de dominio (Karmiloff-

Smith, 1994), teorías intuitivas (Carey y Spelke, 1994), esquemas cognitivos (Rumelhart y Ortony, 1982), esquemas alternativos (Driver, 1986); modelos mentales (Greca y Moreira, 1998), etc., su función cognitiva es semejante. Más generales o más específicos, implícitos o explícitos, existen lo que denominaremos *esquemas de asimilación* (Piaget, 1978) que son unidades molares de organización cognitiva con las siguientes características:

- La suma de esquemas y sus relaciones, constituyen una estructura. La suma de propiedades de cada uno es siempre menor que las que posee la totalidad.
- Tanto la estructura como totalidad del sistema como cada esquema tienen capacidad de autorregulación. Quiere decir esto que pueden compensar continuos desequilibrios provocados por las interacciones con un medio que siempre está en desfase con él. El nuevo equilibrio puede conllevar aprendizaje.
- Cada esquema tiene capacidad para incorporar elementos externos compatibles con su naturaleza. La asimilación se hace de tal modo que el esquema mantiene su entidad, su continuidad y sus anteriores capacidades. La integración de las nuevas incorporaciones no se hacen por simple añadido, sino que, además del proceso de asimilación descrito, se da otro proceso de acomodación, reajustando los contenidos del esquema para que lo nuevo se integre de "pleno derecho".
- El progresivo juego de equilibrios entre la asimilación y la acomodación supone el enriquecimiento del esquema, pero hay casos donde prevalece la primera, tal ocurre cuando se asigna significados o se interpreta un fenómeno, o la segunda y ocurre cuando una evidencia contraria se toma como tal y el sujeto se esfuerza por dar una respuesta adecuada.
- Los esquemas son los que atribuyen o asignan significados a una palabra, una frase, un dato empírico, una imagen, una percepción, etc., y en general, a cualquier producto de la interacción del sujeto con su medio son semejantes en el experto de ciencia y en el hombre de la calle. Ambos no son receptores pasivos de información, sino que utilizan sus teorías como marcos activos para interpretar la realidad (Piaget, 1977; Driver, 1986).
- Cada esquema hace referencia a un sector específico de la realidad de modo que el sujeto hace uso de ella para dar significados y abordar los problemas concretos que le plantea ese sector. En esta reiterada confrontación la teoría se nutre y se desarrolla (Claxton, 1987).

- Los esquemas guían y planifican la acción y, en concreto, la experimentación sobre el medio (Rodrigo, Rodríguez y Marrero, 1993). La actuación sobre el medio depende de los esquemas que tengamos de él, pero lo que sucede depende de cómo es el mundo no de como creemos que es (Claxton, 1987).

En resumen, los *esquemas o estructuras de asimilación* tienen la función de dar entidad y continuidad al sistema cognitivo en el que está integrado y regulan las nuevas incorporaciones que si bien pueden enriquecer también pueden ser motivo de desajustes o desequilibrios. Los esquemas son unidades de desarrollo del sistema asimilando adecuadamente los datos o información que llega por interacción con el exterior en un constante proceso de regulación y equilibración que mantienen su entidad y permiten crecer con nuevas construcciones. Pero también el progreso que se experimenta cuando se produce coordinación entre ellos o cuando hay construcción de nuevas estructuras más generales por abstracción reflexiva está regido por procesos de equilibración (Piaget, 1978), los cuales confieren al sistema su mayor o menor grado de coherencia.

Esta visión que se ha ofrecido de la organización cognitiva es marcadamente organicista (Marín, 2005). La cual supone entender el conocimiento como el órgano cognitivo que ha posibilitado al ser humano ir más allá de las capacidades de adaptación de su sistema biológico (Piaget, 1980). La conformación actual de este órgano ha sido fruto de un lento proceso evolutivo de millones de años (Pozo, 2003).

En cuanto a conocimientos externos al sujeto, como es el de ciencias, ¿cómo mantienen su entidad, continuidad y coherencia?. Piaget y García (1982) defienden que las funciones cognitivas de los esquemas anteriormente listadas son similares en los conocimientos compartidos, de forma que requiere también de la visión organicista para entender la complejidad de la construcción, mantenimiento y progreso de éstos. Si la existencia de semejanzas funcionales entre conocimientos individuales y sociales es admitida por una diversidad de autores (por ejemplo, Kelly, 1955; Thagard, 1992; Claxton, 1994; Duit, 1999), también es cierto que entre conocimientos sociales e individuales existen notables diferencias (Marín, 2003a).

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. Si para entender el conocimiento individual es más adecuado usar como unidad cognitiva el esquema, en los conocimientos compartidos resulta más adecuado el concepto, siendo éste la usual moneda de intercambio de información

(Delval, 1997). A fin de evitar confusiones, se procura que el margen de tolerancia que se da al significado del concepto sea el menor posible que, en el caso del conocimiento de ciencias, se procura minimizar lo más posible mediante una organización conceptual con una coherencia interna alta y que en buena medida se puede asimilar a la lógica de clases (Pozo, 1989; Marina, 1998).

Son los conceptos, de forma independiente o agrupados en ideas, creencias, teorías, etc., los que actúan como esquemas o estructuras de asimilación para dar significados, interpretar la realidad, asimilar nuevas experiencias y conceptos, enriquecerse progresivamente o sufrir reestructuraciones para evolucionar (Carey, 1991; Benlloch, 1997). Las diferentes estructuras de conceptos dan entidad y continuidad a los conocimientos socialmente compartidos pero también existen mecanismos de evolución conceptual que pueden llevar a sustituir o hacer decaer creencias y teorías (Toulmin, 1972).

Las teorías de los científicos presentan analogías con los esquemas de asimilación o teorías personales del hombre de la calle, entre las que cabe destacar las siguientes:

- Los procesos psicológicos por los que se atribuyen o se asignan significados a una palabra, una frase, un dato empírico, una imagen, una percepción, etc., y en general, a cualquier producto de la interacción sujeto-medio son semejantes en el experto de ciencia y en el hombre de la calle. Ambos no son receptores pasivos de información, sino que utilizan sus teorías como marcos activos para interpretar la realidad (Piaget, 1977; Driver, 1986).
- Cada teoría hace referencia a un sector específico de la realidad de modo que el sujeto hace uso de ella para dar significados y abordar los problemas concretos que le plantea ese sector. En esta reiterada confrontación la teoría se nutre y se desarrolla (Claxton, 1987).
- Las teorías guían y planifican la acción y, en concreto, la experimentación sobre el medio (Rodrigo, Rodríguez y Marrero, 1993). La actuación sobre el medio depende de las teorías que tengamos de él, pero lo que sucede depende de cómo es el mundo no de como creemos que es (Claxton, 1987).
- Las teorías personales y las científicas son organizaciones cognitivas coherentes (Rodrigo, Rodríguez y Marrero, 1993; Oliva, 1996; Pozo, 1999). La coherencia de las primeras se basa en premisas diferentes a las segundas, lo que no significa que sean erróneas (Driver, 1986).

- Las teorías y los esquemas presentan una dinámica de confrontación semejante. Desde un punto de vista estructural, las teorías se pueden concebir como compuestas por un núcleo duro irrefutable y un cinturón protector de proposiciones hipotéticas que dirigen la experimentación personal en un intento de incrementar la capacidad predictiva del sistema y su coherencia interna sin poner en peligro sus construcciones nucleares (Carey, 1991; Luffiego, Bastida, Ramos y Soto, 1994).

En los conocimientos compartidos existen estructuras conceptuales que actúan de núcleo firme, la cuál es una entidad sobre la que actúa el mecanismo de autorregulación, la unidad que explica el progreso del sistema cognitivo sin perder su entidad y estabilidad. Las nuevas construcciones realizadas con materiales tomados en la interacción con el medio procuran mantener el equilibrio del sistema y su coherencia, tanto interna como externa, la cuál representa la identidad del sistema y está ligada a su supervivencia. La heurística positiva y negativa que suele asociar el epistemólogo al núcleo firme no sería más que un modo de describir esa mecánica de regulación.

Entre los diferentes conocimientos socialmente compartidos, son los de ciencias experimentales los que han mostrado los mejores ejemplos de progreso cognitivo. Es cierto que la ciencia no sólo está constituida por contenidos declarativos (teorías, leyes, principios, enunciados observacionales), también existen otros de carácter procedimental (normalmente metodológicos) y axiológico (valores y actitudes) tan importantes como los primeros. Además, la ciencia como actividad se desenvuelve en una diversidad de escenarios con valores y vínculos muy diversos, todos ellos determinantes en la producción de sus contenidos (Izquierdo, 2000; Echeverría, 2002).

Para la argumentación que sigue, centramos la atención en el elemento que juega el papel de *esquema o estructura de asimilación* en el conocimiento de ciencias: la teoría científica y, más concretamente, el núcleo firme o teórico de ésta (Lakatos, 1974). Aunque en la actualidad existen puntos discrepantes sobre los factores más determinantes del progreso de ciencias, también existen notables acuerdos (McComas, Clough, y Almazroa, 1998; Fernández, Gil, Carrascosa, Cachapuz y Praia, 2002; Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar y Duschl, 2003; Vázquez, Acevedo y Manassero, 2004). Entre los acuerdos, se extraen algunas notas referidas al núcleo teórico:

- **El núcleo teórico tiene un alto grado de coherencia y consenso y actúa como estructura de asimilación de las nuevas incorporaciones aportando estabilidad y continuidad al sistema cognitivo.**

La mayor parte del entramado conceptual está consensuado. Existe un notable esfuerzo por explicitar con precisión el significado de cada concepto a fin de reducir su margen de tolerancia (Marina, 1998). Esto incrementa significativamente la comunicación entre los expertos que profesan este conocimiento.

Además, la existencia de un núcleo firme favorece la implantación de mecanismos de convergencia para el progreso eficaz de las ciencias:

- La comunidad se nutre de expertos formados con cierta homogeneidad gracias a que se dispone de un núcleo firme de conocimientos ampliamente consensuado. Esta formación de expertos se ve favorecida por un sistema educativo donde la ciencia sigue teniendo una importante presencia.
- El experto que quiere hacer aportaciones individuales se ve obligado a publicar su trabajo en su versión más racional y con los conceptos usados para hacer explícito el núcleo teórico. Esto es un requisito básico para que el trabajo sea revisado y evaluado por su comunidad que es la que en última instancia regula su incorporación efectiva (Holton, 1972).
- Con el paso del tiempo, la regulación social de la comunidad científica, implica mecanismos de selección (Toulmin, 1972), de cambios de paradigmas (Kuhn, 1975) de programas de investigación (Lakatos, 1983), etc. Esto es, la comunidad interviene para borrar, decantar, enfatizar, ampliar, regular empíricamente o formalizar la producción individual sin descartar otras valoraciones externas asociadas a la utilidad del conocimiento producido (Chalmers, 1984; Echeverría, 2003).

En el caso de la ciencia, aunque en la frontera cognitiva caben varias posibilidades, en el interior del núcleo teórico, incluso las ideas mejor revestidas de cierto carácter científico, no pueden durar mucho tiempo si no muestra su coherencia interna y externa con el entramado conceptual existente y con los datos empíricos.

Las regulaciones sociales sobre el núcleo firme infieren al cuerpo de conocimientos de ciencia su carácter orgánico en el sentido de que contiene una compleja estructura suficientemente organizada como para regular las nuevas incorporaciones manteniendo la coherencia de su entidad y progresando al mismo tiempo (Marín, 2003a).

El *núcleo teórico* juega en el conocimiento de ciencias un papel semejante al de *esquema de asimilación* para el conocimiento individual.

- **El núcleo teórico es un espacio de tensión dialéctica, autorregulación y búsqueda constante del equilibrio en el proceso**

de confrontación con los datos empíricos que, en el caso de ciencia, es buscado e intensificado.

El trabajo constante, concienzudo y usualmente farragoso en la zona de interacción entre el núcleo teórico y los datos empíricos es quizá la mejor característica de la ciencia aunque no la única. Tal importancia tiene la confrontación empírica que un requisito previo de cualquier construcción cognitiva para ser considerada científica es su calidad de que pueda ser falsada interpersonalmente (Popper, 1983).

Además, la zona de interacción 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. 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). En el entorno cotidiano es normal tantear por ensayo y error o dibujar precipitadas "certezas" apoyándose en una o varias "evidencias", por el contrario, en contextos de investigación científica es más usual las estrategias hipotético-deductivas, si bien, en la frontera cognitiva, hasta el más avezado científico puede mostrarse torpe y terminar usando tanteos propios del entorno cotidiano (Marín, 2003a).

Por muy contrastada que esté una teoría, su aceptación no es incondicional. Las teorías de ciencias son siempre propuestas de acción que invitan a ser y, de hecho, son aplicadas a una diversidad de situaciones. Las confrontaciones positivas suponen su enriquecimiento pues ve aumentado así su contenido empírico y su grado de generalidad. Tarde o temprano, esta dinámica de confrontación llevará a acumular anomalías (previsiones no confirmadas o resultados no explicados) que normalmente son superadas por leves retoques "in situ" o periféricos que no afectan al núcleo duro de la teoría (Lakatos, 1983). Llega un momento donde se precisa de cambios más sustanciales en los supuestos de partida y la construcción de una nueva teoría (Kuhn, 1975).

Así pues, la confrontación empírica no supone que uno o varios resultados a favor o en contra de las previsiones de una teoría sea razón suficiente para aceptarla o rechazarla definitivamente. De hecho, se considera que los datos empíricos, lejos de ser una información pura y neutra del fenómeno en estudio, siempre comportan cierto error instrumental y adquieren los sesgos de la misma teoría que los interpreta. Por esta razón, los observables no son más o menos creíbles que las teorías y, por eso, también están sujetos a una constante revisión.

El análisis *a posteriori* del núcleo de una teoría científica admite asociarle una heurística positiva que es la que guía a los científicos sobre cuáles son los problemas significativos a ser investigados, que direcciones de trabajo pueden ser más fructíferas, cuáles son las dicotomías dialécticas sobre las que habrá que dilucidar, marca un orden de prioridades, etc., y por otro lado, una heurística negativa que llevará a restar importancia a las anomalías, desanimará a trabajar en determinadas direcciones posiblemente porque se perciban poco fructíferas, animará a crear hipótesis "ad hoc" o complementarias para proteger el núcleo teórico, etc. Es muy posible que este modo de trabajar del científico no sea intencionado aunque pudiera parecerlo tras la reconstrucción *a posteriori* que hace la historia y filosofía de la ciencia.

• El núcleo teórico genera un excepcional mecanismo de convergencia y coherencia en el proceso de formación e integración de nuevos expertos de ciencias.

El valor e implantación social de las ciencias hace que el sistema educativo dé gran importancia a la formación científica de sus ciudadanos (Furió, Vilches, Guisasola y Romo, 2001; Acevedo, Vázquez, Acevedo y Manassero, 2002; Maiztegui, Acevedo, Caamaño, Cachapuz, Cañal, Carvalho y otros. 2002). En los niveles educativos superiores, una porción significativa de estudiantes ya conocen el lenguaje científico en mayor o menor profundidad. Después, los alumnos más adelantados en entornos académicos prosiguen su especialización como profesionales. En este nuevo contexto, la lectura continuada, los foros de debate en congresos y reuniones y los escenarios de trabajo donde juegan un papel importante los experimentos y observaciones de laboratorio, son fuentes de datos e información que proporcionan al futuro científico un continuo enriquecimiento y, en ocasiones, procesos de perturbación cognitiva que le lleva a continuos reequilibrios o reestructuraciones fuertes (Carey, 1991) que le dan oportunidad de desarrollar un potente pensamiento hipotético deductivo.

Estudios sobre expertos y novatos en ciencias (por ejemplo, Pozo, 1989; Chi, Slotta, y Leeuw, 1994; DiSessa y Sherin, 1998; Rodrigo y Correa, 1999; Pozo, 1999) han mostrado que en su conocimiento, los conceptos están estructurados coherentemente de un modo jerarquizado, con un mayor grado de abstracción y de contenido explícito que en la mente de los novatos. Además, el conocimiento experto posee un mayor contenido procedimental para su aplicación y evaluación. En la resolución de problemas, usan con frecuencia el pensamiento hipotético deductivo y en operaciones complejas aplican estrategias que ocupan poco espacio en la

memoria a corto plazo, aumentando su capacidad para procesar información.

El ingreso constante de nuevos miembros a la comunidad científica garantiza que el cuerpo de conocimientos no cese de nutrirse con nuevas y constantes aportaciones. De este modo, siempre se dispone de multitud de gestores y organizadores de ese saber, pero sobre todo, buenos productores de conocimiento de ciencias.

En definitiva, en el caso del conocimiento de ciencias se percibe que su notable progreso es posible por a) la presencia de un núcleo firme teórico gestionado por una comunidad de científicos, b) la actitud de confrontación cognitiva (interna y externa) de este núcleo y c) la constante incorporación de nuevos expertos fuertemente estimulada por la subvención para producir este conocimiento. Por supuesto que la ciencia tiene otros factores externos que estimulan poderosamente su progreso, pero sin la presencia del núcleo firme y los mecanismos que regulan, mantienen y nutren, este avance no sería posible.

1.3. Evaluación de dos líneas de investigación de DC

Pretendemos ahora, más que una búsqueda obcecada del núcleo teórico firme de la DC, analizar los núcleos conceptuales, principios explicativos, creencias, etc., sobre las que pueda existir convergencias, compromisos teóricos o aceptaciones acríticas. En definitiva unidades teóricas o conceptuales que tengan una función semejante a la descrita para una estructura de asimilación.

Plantearnos si existe en la DC un núcleo teórico semejantes a los que se disponen en ciencias no tendría mucho sentido pues entre ambos ámbitos existen diferencias importantes. Frente a la experiencia de siglos que ha ido fraguando lo que es en la actualidad la ciencia, la DC no llega aún a medio siglo. Los fenómenos que tratan son también diferentes, mientras la ciencia versa sobre fenómenos naturales, la DC tiene por objeto de estudio fenómenos cognitivos, sociales de clase y de transposición de conocimientos. Los contextos que estimulan y donde se aplican ambos conocimientos también son distintos.

Vista la dinámica que mantiene y nutre el núcleo teórico en un conocimiento donde es tan evidente el progreso como es el de ciencias, en vez de preguntarnos si la DC tiene algo semejante, comparación poco procedente dadas las diferencias entre ambos ámbitos, se pretende ahora analizar en qué grado están presentes los distintos factores que conforman, dinamizan y preservan la identidad del núcleo firme de ciencias. Algunas direcciones de búsqueda para el ámbito de la DC serían las siguientes:

- **Sobre el núcleo firme.** Se puede iniciar a perfilar la presencia de un núcleo firme en DC analizando la convergencia de citas hacia determinados autores y analizando los compromisos teóricos de éstos. En líneas de investigación de carácter empírico, se podría analizar qué planteamientos sirven de guía para la investigación. Habrá que mirar en detalle si el contexto teórico que se declara es usado realmente para las diferentes toma de decisiones en las distintas fases de la investigación. También se podría analizar el grado de adecuación del contexto teórico usado con el tipo de fenomenología estudiada, por ejemplo, se podría ver qué fundamento se usa para interpretar las respuestas del alumno a un cuestionario o qué supuestos son usados cuando se hacen afirmaciones sobre el aprendizaje del alumno.

- **Sobre la actitud hacia la falsación.** También será importante hacer un esfuerzo por perfilar la presencia de alguna heurística, analizando

dónde se ubican los frentes de controversias más intensas y extensas, o entrever qué contextos teóricos son objeto de frecuentes enfrentamientos o motivo de cierta tensión dialéctica. Se podría ponderar la actitud hacia la falsación, por ejemplo, analizando el grado de impacto de trabajos de corte crítico o que hayan realizado alguna propuesta de falsación o estudiar si existen resistencias a la falsación que se pudieran identificar como parte de una heurística negativa, por ejemplo, analizando posibles creencias o afirmaciones que se aceptan acríticamente o determinados planteamientos teóricos que se asumen incondicionalmente cuando sobre ellos existen serias dudas.

- **Sobre la formación de expertos.** Para esto habría que centrarse en las infraestructuras que llevan a la formación del expertos en DC así como el grado de apoyo y estímulo que las animan. También será importante analizar las fuentes de información usuales. Lo normal es partir la formación en DC una vez acabada la formación universitaria científica, por eso habría que analizar qué incentivos y estímulos externos e internos llevan al esfuerzo de realizar una nueva formación. Habría que ver en qué grado se separa la nueva formación de la inicial y, sobre todo, en dirección a qué ámbitos, diferentes a los de ciencias, se lleva a cabo.

Analizar cómo se dan todos los factores relacionados con el núcleo firme de la DC y hacerlo de un modo exhaustivo resulta una tarea excesiva que quizá sería posible para un grupo de investigación amplio en un tiempo razonable de tiempo. Por esta razón la revisión se ha llevado a cabo sólo en dos líneas de investigación de DC. Estas líneas son el "**movimiento de las concepciones alternativas**" del alumno (McA) y los "**modelos de cambio conceptual**" (McC). Las razones para centrarnos en estas dos líneas de investigación han sido las siguientes:

- Ambas líneas contienen una muestra representativa de trabajos DC donde mejor se puede ver la estructura de investigación: 1. fase de planificación, 2. fase de toma de datos empíricos y 3. fase de contraste y conclusión. El resto de líneas de DC están ligadas a la formación de docentes, al diseño curricular y política educativa, a CTS, a temas de cultura, sociedad y género, a cuestiones sobre Historia, Filosofía, Epistemología y naturaleza de la ciencia o aprendizaje informal (Benarroch, 2000; Tsai y Wen, 2005) y dicha estructura aparece con menor frecuencia. En estas dos líneas elegidas aparece generalmente una fase empírica donde se aplican cuestionarios y se categorizan e interpretan las respuestas del alumno y/o se lleva a cabo una experiencia de clase donde se pone a prueba alguna estrategia de enseñanza. No interesa especialmente porque en la fase empírica hay que tomar decisiones ¿qué tipo de preguntas inserto en el cuestionario? ¿cómo

categorizo las respuestas del alumno? ¿cómo las interpreto? ¿cómo hago intervenir la información que tengo del alumno en el diseño de enseñanza? ¿cuál será la mejor estrategia de enseñanza para que la probabilidad de aprendizaje sea mayor? etc. Esta estructura de investigación hace posible analizar qué criterios o supuestos teóricos subyacen en la toma de decisiones y, si existe fase de fundamentación, evaluar los vínculos entre criterios reales y los declarados.

- La suma de ambas líneas de investigación, si en las décadas de los ochenta y noventa fueron altamente representativas del ámbito de DC (Benarroch, 2000; Marín, Solano y Jiménez-Gómez, 2001) actualmente, aunque en menor medida, continúan representando la cuarta parte de las publicaciones del ámbito (Tsai y Wen, 2005).

En síntesis, la suma de trabajos de ambas líneas de investigación ofrecen una imagen razonablemente cercana de los trabajos del ámbito de DC que incluyen fase de constatación empírica. Esta afirmación es tanto más sólida, como veremos más adelante, en la medida que las características encontradas en la línea del McA son semejantes a las del McC, más aún sabiendo que la revisión de cada línea se ha llevado a cabo por autores, propósitos y metodologías diferentes.

1.3.1. Evaluación de la línea de investigación del cambio conceptual

Los autores originales del McC (Posner, Strike, Hewson, y Gertzog, 1982) señalan que: *"la cuestión básica es determinar cómo cambian las concepciones al sufrir el impacto de los nuevos conceptos y evidencias ... creemos que existen pautas análogas de cambio conceptual en el aprendizaje con el propuesto por la filosofía de la ciencia contemporánea"*. Desde entonces, la expresión *"cambio conceptual"* ha sido y es, probablemente, una de las más usadas en el ámbito de la DC, y ha ido precedida de términos calificativos o categoriales como *"propuesta de"*, *"modelo de"*, *"teoría del"*, *"fundamentado en la teoría del"*, que ponen de relieve los diversos grados de generalidad o importancia que se le ha dado al McC, desde una estrategia de enseñanza particular hasta un contexto teórico válido para fundamentar una investigación. A efectos de su evaluación, aquí el McC será considerado como una propuesta o modelo de enseñanza que se formula desde la epistemología de las ciencias.

La revisión y evaluación del McC se llevará a cabo apoyándose básicamente en tres trabajos cuyo objeto de investigación ha sido la revisión extensiva del McC:

- **Guzzetti, Snyder, Glass y Gamas** (1993) Se eligen 47 trabajos de las revistas más influyente del ámbito de DC siguiendo los siguientes criterios: a) deben ser experiencias de aula, b) dirigidos a probar experimentalmente cómo cambian las concepciones del alumno y c) deben contener un informe de investigación con suficientes datos de la muestra de su estado anterior y posterior a la intervención. Este trabajo aporta principalmente importantes datos sobre la metodología de los trabajos analizados pero no estudia directamente los compromisos teóricos de éstos.

- **Soto, Otero y Sanjosé** (2005). A partir de una extensa búsqueda bibliográfica de las revistas más prestigiosas del ámbito de DC en el periodo comprendido entre 1981 y 2001 (78.5 % de la totalidad de publicaciones) se eligen 65 trabajos de la línea de McC en los que el grado de explicitación de fundamentos y metodología permiten un análisis adecuado. Es destacable, a diferencia de la publicación citada anteriormente de Guzzetti, Snyder, Glass y Gamas, (1993), el esfuerzo para desentrañar los compromisos epistemológicos de los trabajos y sus desfases con los compromisos declarados. Aspecto que puede aportar datos valiosos para perfilar el núcleo firme de esta línea de investigación y su heurística. Este artículo es una porción del trabajo de investigación llevado a cabo por primer autor y presentada como tesis: Soto (2003). *Un análisis de la producción científica sobre cambio conceptual en la educación científica desde las perspectivas de Kuhn y Lakatos*. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia. En esta tesis se realiza una extensa revisión bibliográfica (estudio de autores más citados y citas cruzadas), un análisis de contenidos y, finalmente, la evaluación del McC mediante una combinación de criterios epistémicos tomados de Kuhn y Lakatos.

- **Marín** (1999a). Trabajo donde se realiza una evaluación empírica y teórica de la línea de investigación del McC. La parte empírica pone en evidencia que la propuesta de cambio conceptual es sólo una posibilidad de las muchas estrategias de enseñanza posibles. El análisis teórico de los conflictos cognitivos desde una perspectiva psicológica percibe poco probable el aprendizaje tal y como lo entiende el McC.

Considerando los resultados de los anteriores trabajos, los puntos críticos más relevantes que podemos destacar son los siguientes:

1. La mayoría de trabajos carecen de modelo o teoría de referencia para fundamentar la investigación.

En la identificación de los principales fundamentos o teorías que guían la investigación del McC, se encuentra que el 67,7% de trabajos no siguen modelo teórico alguno. Además se constata que un porcentaje semejante

al anterior, declaran seguir un modelo o teoría y, sin embargo, no se encuentra ningún compromiso real en la toma de decisiones de las diferentes fases de la investigación (Soto, Otero y Sanjosé, 2005). Esto suele ocurrir con frecuencia en relación al trabajo original sobre cambio conceptual (Posner, Strike, Hewson, y Gertzog, 1982) sobre el que un 26% declara seguirlo.

Analizada con más detalle la bibliografía de la muestra consultada se dibuja mejor el panorama de estas carencias teóricas:

1a. El núcleo de trabajos y autores más citados pertenecen al ámbito de la DCE como lo evidencian las siguientes tablas del trabajo de Soto, Otero y Sanjosé (2005):

La mayor parte de las referencias bibliográficas se refieren a un reducido grupo de autores pertenecientes al ámbito de la DCE. Es también de destacar el número escaso de referencias a trabajos recientes al momento en que hace la publicación (tablas McC1 y McC2).

A la vez, un análisis de citas de otros ámbitos de conocimiento pone de manifiesto que la mayor parte de las investigaciones sobre el McC no requieren el apoyo teórico en epistemología contemporánea o psicología (tabla McC3).

TABLA MCC1

ARTÍCULOS MÁS CITADOS	%
Posner, Strike, Hewson y Gertzog (1982)	62.7
Champagne, Gunstone y Klopfer (1985)	28.8
Hewson y Thorley (1989).....	23.7
Pintrich, Marx y Boyle (1993)	23.7
Strike y Posner (1992)	22.0
Osborne y Freyberg (1985)..	18.6

TABLA MCC2

AUTORES MÁS CITADOS	%
R. Driver...	61.5
P. Hewson.	43.0
R. Osborne	29.2
R. Duit.....	18.6
S. Carey ...	16.9

Esta falta de apoyos en otras áreas de conocimiento afines viene a confirmar las carencias teóricas de la mayoría de trabajos seleccionados, por dos motivos diferentes:

TABLA MCC3

AUTORES MÁS CITADOS DE OTRAS ÁREAS DE CONOCIMIENTO		
(*SE HA RESPETADO LA DISTINCIÓN ORIGINAL ENTRE "PSICÓLOGOS" DONDE SE ACOGE A LOS VIEJOS TEÓRICOS DE CORTE ORGANICISTA Y "COGNITIVISTAS" ENMARCADOS MEJOR EN EL MARCO DEL COGNITIVISMO Y SU VÍNCULO CON EL MECANICISMO, AUNQUE AMBOS GRUPOS SEAN EFECTIVAMENTE PSICÓLOGOS)		
PSICÓLOGOS*	COGNITIVISTAS*	EPISTEMÓLOGOS
Piaget, J..... 13,8	Vosniadou, S 21,5	Toulmin, S .. 10,8
Ausubel, D. ...8,5	Chi, M 18,5	Kuhn, T.....9,2
Vygotsky, I....7,6	Carey, S..... 16,9	Laudan, L.....5,1
	Linn, M..... 11,9	Lakatos, I3,0
	Kunh, D..... 10,2	Popper, K.....1,5

- Si la línea del McC se fundamenta teóricamente en las aportaciones de la epistemología contemporánea ¿cómo se puede declarar que se esta realizando un trabajo en esta línea y no presentar compromiso teórico alguno con ésta?
- Las estrategias de cambio conceptual aplicadas a la clase de ciencias plantea problemas cognitivos de carácter psicológico, sin embargo, apenas se dan interpretaciones de resultados usando un contexto teórico psicológico.

En otra investigación (Marín, 1999a) se confirma y amplía la dirección crítica anterior. El supuesto del McC sobre cómo se produce el conflicto cognitivo es poco probable que se dé desde una perspectiva mejor fundamentada psicológicamente. Los teóricos del McC (por ejemplo, Hewson, 1981; Posner y otros, 1982; Hashweh, 1986; Hewson y Thorley, 1989) proponen el McC basándose en supuestos paralelismos entre el progreso de ciencias y los del aprendiz. Es difícil que acierten en sus

propuestas y previsiones dadas las notables diferencias que existen entre conocimiento de ciencias y del alumno (Marín, 2003a).

También es posible dar una explicación a los datos encontrados por Soto, Otero y Sanjosé (2005). En efecto, es lógico que no se encuentren en los trabajos empíricos del McC compromisos con sus planteamientos teóricos si éstos resultan ser tan poco adecuados para explicar los diferentes fenómenos de aprendizaje. De hecho, el 34% de trabajos de la muestra que dicen fomentar el cambio conceptual, lo hace con otro tipo de estrategia de instrucción claramente independientes de la línea McC, tales como aprendizaje cooperativo, uso del ordenador, analogías y modelos mentales, uso de argumentos históricos, texto refutacional, sustitución conceptual, etc. (Soto, Otero y Sanjosé, 2005). En estos casos parece usarse el término cambio conceptual como sinónimo de aprendizaje y no tanto como una intención de seguir el modelo cuando se aprecia que su compromiso con los supuestos epistemológicos del McC son nulos.

1b. Falta de coherencia y compromiso epistemológico con el núcleo firme de la propuesta del McC.

Las tablas McC1 y McC2 muestran cierta mezcla de obras y autores con compromisos epistemológicos diferentes. Así, los trabajos de Osborne y Freyberg (1985) o Champagne, Gunstone y Klopfer (1985), sostienen compromisos más lejanos (en ocasiones contrarios) a los supuestos del McC y más cercanos al denominado "constructivismo social" o McA, donde se da una dispersión de fundamentos, o incluso, con frecuencia, sin base teórica alguna (Solomon, 1994; Gilbert, 1995; Marín, Solano y Jiménez-Gómez, 1999).

Los trabajos del McA, aunque parten de una misma idea ("*las concepciones de los alumnos son importantes para sus nuevos aprendizajes*"), los compromisos con la epistemología contemporánea, mientras son necesarios para el McC, no lo son para el McA que, a pesar de la diversidad de apoyos eventuales (Marín, Solano y Jiménez-Gómez, 1999), su compromiso no va más allá de la citada idea, razón por la que von Glasersfeld (1991) también denomina "*constructivismo trivial*" a este movimiento.

En definitiva, el endeble o carente compromiso teórico explica la existencia de cierta mezcla de citas de autores con diversos compromisos epistemológicos.

2. Excesiva producción individual atomizada y fragmentada.

El estudio bibliométrico de citas cruzadas muestra que los vínculos entre trabajos es muy débil. De hecho, no es frecuente citar estudios anteriores

que hayan abordado el mismo tema. En la mayoría de las publicaciones no se han encontrado evidencias de que los autores se apoyen en los resultados y conclusiones de trabajos anteriores (ver también Moreira, 2005). Este dato es tanto más significativo si se tiene en cuenta que buena parte de la muestra se entresacó de las revistas más influyentes del ámbito de la DC (Soto y otros, 2005).

También se encuentran fallos en la citación por exceso. En efecto, se suele citar cuando posteriormente no suele aparecer el lógico compromiso con la obra citada. Es frecuente la cita de obras y autores de prestigio más para "subirse al carro" o para alinearse en un marco de investigación con cierta entidad que para realizar un apoyo real en la obra citada (Duschl, 1994).

3. Mediocre calidad metodológica en las investigaciones empíricas.

Un análisis de la *validez interna* para los trabajos de corte cuantitativa (probabilidad de que existan otras variables que sean causa de un efecto diferentes a la considerada) y de la *credibilidad* para los trabajos cualitativos (condiciones para evitar sesgos) muestran que sólo el 27,6% de los estudios cuantitativos y el 38,8% de los estudios cualitativos muestran cierta calidad metodológica (Soto, 2003). Este resultado es semejante al obtenido por Guzzetti, Snyder, Glass y Gamas (1993) donde sólo el 25% de los trabajos presentan una calidad metodológica notable.

4. La propuesta de enseñanza del McC es limitada desde una perspectiva psicológica.

En efecto, existen otras estrategias de enseñanza que podrían ocasionar aprendizajes relevantes para el alumno que no son cambio conceptual. En un trabajo empírico para analizar las estrategias de enseñanza adecuadas a los distintos tipos de limitaciones cognoscitivas del alumnado (Marín, 1999a), se encontró seis modos de enseñanza:

- **Extender** cuando lo que se requiere es enriquecer un esquema de conocimiento para que gane en capacidad asimiladora.
- **Modificar** si lo que se precisa es transformar la concepción espontánea del alumno hacia otra más adecuada.
- **Informar** sería adecuado cuando no se posee ningún tipo de conocimiento sobre algún aspecto relevante de un contenido de enseñanza.

- **Diferenciar** puede ser útil cuando el alumno no distingue, o no lo hace bien, las partes que integran un todo (objeto, situación, sistema, etc). Esta diferenciación permite comprender mejor la totalidad.

- **Conceptuar** es adecuado cuando el alumnado dispone de conocimiento procedimental sobre el contenido objeto de enseñanza pero tiene dificultades para conceptualizarlo y expresarlo con palabras más adecuadas o usando una terminología científica.

Los resultados de este estudio muestran que para resolver las dificultades cognitivas encontradas en el alumnado sobre diversos contenidos de enseñanza, es necesario aplicar distintos modos de intervención en el aula, muchos de ellos claramente diferentes a la propuesta de cambio conceptual; sólo muestra cierta sintonía un tipo de intervención: "**modificar**". El McC es una estrategia de enseñanza claramente restringida, visto que existen otras estrategias de enseñanza más adecuadas para tratar los distintos tipos de limitaciones cognoscitivas encontradas en el alumnado.

Además, el conflicto cognitivo que supone el McC es poco probable que se dé si se analiza desde una perspectiva mejor fundamentada psicológicamente (Marín, 1999a). Por esta razón se ha llegado a afirmar que "el cambio conceptual puede no ser suficiente, ni necesario, ni siquiera útil" (Claxton, 1987) o que "el cambio conceptual ni es cambio ni es conceptual" (Pozo, 2003).

1.3.2. Evaluación de la línea de las concepciones del alumno

Con diferencia, esta línea de investigación es la que más publicaciones ha registrado en las dos décadas anteriores (Marín, Solano y Jiménez-Gómez, 2001). Cientos y cientos de trabajos se han publicado con una estructura muy similar: delimitar las concepciones del alumno sobre el contenido de ciencias que es objeto de enseñanza y a partir de la información extraída proponer algunas implicaciones para su enseñanza. A este modo de proceder es el que se denominó **movimiento de las concepciones alternativas** (brevemente McA) por autores integrados en el seno de este movimiento (Gilbert y Swift, 1985) y, aunque posteriormente la denominación sufrió varios cambios (Marín, Solano y Jiménez-Gómez, 1999), nos parece que la denominación original es la que mejor recoge la esencia de este modo didáctico de proceder.

Fundamentalmente, la evaluación de la línea del McA se hace desde la producción de nuestro grupo de investigación en los 15 últimos años. La muestra evaluada que aparece en éstas publicaciones supera el centenar de trabajos. Este computo no ha contabilizado los lógicos solapamientos y las citas teóricas, críticas o de psicología que no eran objeto de análisis aunque eran referidas por diversas razones. La muestra contiene principalmente trabajos sobre tópicos de física tales como estática, dinámica y naturaleza corpuscular de la materia y, aunque se han abordado trabajos con otros contenidos, ha sido en estos tópicos donde la muestra resulta suficientemente significativa. Si hubiera que sintetizar la presentación de esta producción a sólo cuatro trabajos, estos son los que mejor reflejan el progreso de nuestra investigación:

- **Marín, y Jiménez-Gómez (1992).** En este trabajo se mostraba que el uso de la filosofía e historia del conocimiento de ciencias para buscar e interpretar las manifestaciones cognitivas del alumno falsea, sesga o tergiversa la recogida de información. Si las ideas previas son manifestaciones de la estructura cognitiva del aprendiz, un contexto teórico como el que aporta la Epistemología Genética sería más adecuado para definir, interpretar y explicar las concepciones del alumno. Surge este trabajo primerizo por la simple comparación de la información obtenida en el marco del McA a lo largo de la década de los ochenta con aquella otra que obtuvo Piaget en las décadas de los cincuenta, sesenta y setenta. Para nosotros, el retroceso era evidente y así lo hicimos ver en trabajos posteriores. Pocos años después, en Marín y Benarroch (1994), usando una muestra de 40 trabajos se hace un estudio comparativo sobre las concepciones encontradas en los alumnos en dos tópicos muy

recorridos en la literatura: mecánica y naturaleza corpuscular de la materia. El resultado es que pocas novedades aportaba el McA respecto al trabajo piagetiano, mientras éste aportaba más información de interés didáctico. Después, en Marín, Benarroch y Jiménez-Gómez (2000) mostramos, en tono conciliador, las posibilidades de conjugar y complementar ambas perspectivas, McA y marco piagetiano, tomando lo mejor de cada una.

- **Jiménez-Gómez, Solano y Marín** (1997). En esta publicación se analiza si ha existido progresión en los resultados obtenidos por los diferentes trabajos que han abordado las "ideas" de los alumnos sobre Dinámica. Usando una selección de 29 artículos, 11 que corresponden al periodo 1979-85 y 18 al 1985-95 sobre concepciones en el tópico de fuerza y se han establecido una serie de categorías para unificar criterios y hacer comparables los datos aportados por los diferentes trabajos seleccionados. Se muestra que prácticamente no ha existido progresión significativa en las aportaciones del periodo 1985-95 respecto al periodo 1979-85.

- **Marín, Solano y Jiménez-Gómez** (2001). Se trata encontrar respuesta a la falta de progresión de la línea de investigación del McA. Sobre una selección de 29 artículos sobre el tópico de la Dinámica, se realiza un análisis detallado de los fundamentos teóricos y correspondiente metodología. Se muestra que la ausencia de un contexto teórico adecuado para buscar e interpretar las concepciones del alumno y el uso de una metodología poco cuidadosa para revisar la fiabilidad y validez de los datos son las posibles causas de la falta de progresión.

- **Marín, Jiménez-Gómez y Benarroch** (2004). En este trabajo se propone un contexto teórico y una metodología que presume de minimizar los sesgos al buscar e interpretar las concepciones del alumno. La propuesta se aleja de estilo "liviano" del McA pero tiene como punto fuerte su capacidad para seleccionar eficazmente aquella información del alumno que mejor refleja sus concepciones.

Como se percibirá, las aportaciones comentadas se complementan para trazar una revisión crítica de la línea de investigación del McA que en síntesis, podemos resaltar los siguientes puntos críticos:

- 1. El contenido académico, cuyas concepciones del alumno se pretende conocer, es el principal referente para buscar e interpretar los datos.**

Esta es la principal característica del McA y que determina en buena medida el resto de comentarios críticos. El uso de un contexto teórico cuyo objeto de estudio haya sido el conocimiento del alumno podría

objetivizar y matizar el criterio disciplinar como único referente para la toma de decisiones (Marín, 2003b). No es de extrañar que al comparar el conocimiento académico con el del aprendiz, sus concepciones se vean a los ojos del investigador como segmentadas o confusas cuando en realidad para el sujeto son útiles y eficaces (por ejemplo, Pozo y Gómez-Crespo, 1998). Esta carencia teórica trae consigo dos consecuencias:

1a. En la mayoría de los casos, en ausencia de teorías más adecuadas para interpretar el fenómeno cognitivo que se analiza, la búsqueda es eminentemente inductiva.

Se constata en la revisión de los trabajos analizados que la estructura de búsqueda es inductiva (Marín, Solano y Jiménez-Gómez, 2001). Y es que la ausencia de contextos teóricos adecuados al fenómeno que se trata de estudiar, como podrían ser cuestiones sobre la organización y actividad cognitiva del alumno, impiden al investigador anticipar o realizar previsiones, adelantar hipótesis sobre la presencia de estas ideas, establecer relaciones con otros constructos mentales o usar un método para sondear y tomar la información del alumno que minimice los sesgos y distorsiones.

1b. La progresión de la línea del McA ha sido prácticamente escasa o nula.

La afirmación, aunque fuerte, puede ser constatada interpersonalmente por un sencillo método de comparar las aportaciones empíricas de trabajos de dos o tres periodos diferentes y, aunque resulta laboriosa la comparación, eso fue lo que en su momento se hizo (Jiménez-Gómez, Solano y Marín, 1997). Un trabajo posterior mostró que los factores más plausibles que explican esta ausencia de progresión son, por un lado, la ausencia de un contexto teórico adecuado y, por otro, las deficiencias metodológicas en la búsqueda, identificación e interpretación de las concepciones del alumno (Marín, Jiménez-Gómez y Benarroch, 2004).

2. Existe un importante desfase entre los apoyos reales y los apoyos bibliográficos citados.

En el análisis de citas bibliográficas, son escasos los trabajos (10%) cuyos apoyos permiten formular expectativas que de algún modo modulen el curso posterior de la investigación (Marín, Solano y Jiménez-Gómez, 2001). Lo usual es que las citas para fundamentar el trabajo signifiquen poco o nada para el desarrollo posterior de éste (diseño de cuestionario, clasificación de datos, interpretación de resultados, etc.). La mayor parte de los trabajos del McA, con independencia de los apoyos citados, cuenta sobre todo el conocimiento científico del investigador del contenido objeto

de enseñanza y, en algunos casos, su perspectiva histórica o epistemológica de éste.

Suele ser frecuente en la literatura del ámbito declarar como fundamento determinadas propuestas didácticas que carecen de contexto teórico, por lo que cabe cuestionarse cuál es el apoyo real (Sanmartí y Azcárate, 1997). Además, las citas que parecen fundamentar un determinado trabajo no tienen después incidencia en el desarrollo del mismo, lo que hace pensar que las referencias a ciertos autores y etiquetas se hace más bien para alinearse en un marco de investigación con cierta entidad (Duschl, 1994; Jiménez-Aleixander y García-Rodeja, 1997).

3. No es usual analizar la validez y fiabilidad de la información obtenida de los estudiantes.

Solo un tercio de la muestra analizada utilizan técnicas para analizar parcialmente el grado de validez y fiabilidad de los datos (Marín, Solano y Jiménez-Gómez, 2001). Los controles para analizar la calidad de los datos deben ser usuales en toda investigación empírica que pretenda cierto grado de carácter científico, pero cuando se trata de sondear e interpretar un fenómeno tan complejo como es el cognitivo los anteriores controles deberían extremarse. Cuanto menos habría que ser cuidadosos para:

- Diferenciar las respuestas del alumno que provienen de algunos de sus esquemas de conocimiento de aquellas otras que son dadas al azar, repiten más o menos la pregunta o simplemente son inventadas.

- Analizar el grado de coherencia de los datos categorizados. Por ejemplo, creando una matriz de casos (sujetos) y variables (categorías) se podría hacer varios tratamientos estadísticos como correlaciones, análisis de las componentes principales, análisis cluster, análisis de correspondencias, etc. Con todo se debería comprobar si el orden empírico establecido en las categorías es confirmado por el orden estadístico al tratar la matriz de datos como un todo (validación interna).

- Comparar y establecer relaciones entre la información sobre concepciones del alumno con otras variables cognitivas como son su nivel cognitivo, su dependencia o independencia de campo o su nivel de respuestas a test externos de probada validez y fiabilidad.

4. La información que se toma del alumno referente al contenido objeto de enseñanza está sesgada y limitada.

Esta afirmación crítica sobre el McA se ha podido formular en toda su extensión considerando, además de la revisión crítica de trabajos, las posibilidades que supone usar otros puntos de vista, diferentes al que ofrece el contenido académico. Para ello, se ha entresacado datos y

resultados concretos de varias investigaciones realizadas por nosotros (Marín, 1994b; Benarroch, 1998).

4a. La información tomada por el McA está sesgada o mal interpretada.

Los sesgos observados son principalmente una consecuencia de usar un contexto teórico inadecuado para buscar e interpretar las concepciones del alumno (Marín, Jiménez-Gómez y Benarroch, 2004). Si a esto añadimos que se ha descuidado estudiar la fiabilidad y validez de los datos obtenidos, se entenderá mejor que los sesgos hayan pasado inadvertidos. Es cierto que siempre se comete sesgo cuando se toma información del conocimiento del alumno, pero también es cierto que se pueden tomar medidas para minimizarlo (Marín, 2003b).

4b. La información tomada por el McA está limitada desde el punto de vista de su utilidad didáctica

A esta conclusión se puede llegar analizando la información obtenida por los trabajos de investigación del McA desde un contexto o referente teórico que muestre con cierta amplitud los constructos y capacidades mentales del estudiante, pero es muy posible que no se vea restricción en la información tomada del alumno desde el punto de vista que ofrece el contenido académico (Marín, Solano y Jiménez-Gómez, 2001). Veamos qué otros elementos del conocimiento del alumno podrían ser de utilidad didáctica y no suelen ser considerados por el McA:

A. En relación al conocimiento conceptual del alumno, sólo se detectan ideas directamente relacionadas con el contenido objeto de enseñanza. Sin embargo, hay dos tipos de concepciones que no son usuales detectar:

a1) Ideas tomadas usualmente de las interacciones cotidianas no ligadas al contenido académico. Estas ideas se pueden detectar, evitando enfrentar al alumno a preguntas directas sobre el contenido académico y sí colocándolo ante objetos, situaciones y fenomenología relacionadas con éste y realizando preguntas más indirectas donde se solicita al entrevistado previsiones, explicaciones y establecer relaciones y significados en los datos percibidos.

a2) Ideas que se encuentran en un nivel de desarrollo bajo (intuitivo o preoperacional) y que en el curso de su evolución cognitiva su distancia al contenido académico irá disminuyendo (Piaget y García, 1973). Estas ideas suelen pasar desapercibidas con cuestionarios diseñados desde el contenido académico pero podrían detectarse con técnicas descritas en el párrafo anterior.

El hecho de que las ideas comentadas en a1 y a2 sean diferentes o no estén relacionadas con los contenidos académicos no significa que sean menos importantes que las concepciones del alumno relacionadas por la lógica de la disciplina. En efecto, las ideas de alumno, tanto las que están más relacionadas con el contenido de enseñanza como las que están menos, forman parte de su bagaje de conocimientos, por lo que desde la lógica del aprendiz sí que están relacionadas (Piaget, 1977). Además, unas y otras pueden ser usadas para comprender o asimilar las explicaciones del profesor. Este tipo de ideas son extremadamente difícil de detectar si para tomar información del alumno se tiene como referente sólo el contenido académico.

B. *En relación al conocimiento procedimental del alumno*, existen capacidades relacionadas con clasificar datos empíricos, inferir inductivamente, realizar razonamiento proporcional, controlar variables o formular hipótesis y destrezas motoras que no son consideradas en los trabajos analizados, a pesar de que tales capacidades han mostrado ser determinantes para aprender ciencias (p.e. Shayer y Adey 1984; Niaz 1991; Lawson 1983; Marín, 1994a). Conocer estas capacidades resulta imprescindible si se pretende una enseñanza de ciencias que sea algo más que transmitir la versión declarativa del contenido académico y que el aprendizaje se limite a simple memorización o débil comprensión de los conceptos. Y si se procura aprendizajes conceptuales ricos en significados, con posibilidades de transferir lo aprendido y habilidades y destrezas propias de la actividad de los científicos, entonces conocer las capacidades procedimentales por parte del docente resulta necesario.

En resumen, hay que destacar como principal punto crítico de esta evaluación de la línea de investigación del McA el hecho de usar, como principal perspectiva (referente, contexto teórico, fundamento) para tomar decisiones, el conocimiento científico, y en algunos casos epistemológico, que el investigador posee del contenido objeto de enseñanza.

Con las carencias teóricas señaladas más arriba y la ausencia de una metodología que contraste mejor la calidad de los datos obtenidos, no resulta difícil explicar la falta de progresión de la línea de investigación del McA. Esto no quiere decir que no hayan existido algunos trabajos con otros modos de proceder (ver por ejemplo Stavy, 1990; Vosniadou y Brewer, 1994; Benarroch, 2001) pero son casos aislados que no suelen tener mucha incidencia o son ignorados por la comunidad de DC. La tabla 1 muestra una síntesis de las revisiones hechas de las líneas del McC y del McA.

Existen importantes convergencias de las debilidades de las investigaciones del McC y McA respecto a las encontradas en los seminarios de Aveiro y Burgos, mostradas en la tabla 1.1.

TABLA 1.2: EVALUACIÓN DE DOS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN DE DCE

MODELO DEL CAMBIO CONCEPTUAL	MODELO DE LAS CONCEPCIONES ALTERNATIVAS
<p>La evaluación del McC se apoya básicamente en tres revisiones de la línea del McC:</p> <p>1. <i>Guzzetti y otros (1993)</i>: Analizan la calidad metodológica de 47 trabajos del</p>	<p>Para la evaluación se eligen trabajos de producción propia que han revisado más de un centenar de trabajos del McA. Una muestra significativa para los tópicos de naturaleza de la materia y mecánica. A</p>
<p>1. Un 68% de trabajos carecen de modelo o referente teórico para fundamentar la investigación.</p>	<p>1. El contenido académico, cuyas concepciones del alumno se desea conocer, es el principal referente para buscar e interpretar los datos (80%).</p>
<p>2. Los trabajos y autores más citados son del ámbito de DC y pocos son de otros ámbitos de conocimiento.</p>	<p>2. En ausencia de teorías más adecuadas al fenómeno cognitivo que se estudia, la búsqueda es eminentemente inductiva.</p>
<p>3. La propuesta de enseñanza del McC es limitada, incluso imposible desde una perspectiva psicológica.</p>	<p>3. La información que se toma del alumno del contenido objeto de enseñanza está sesgada y limitada.</p>
<p>4. Excesiva producción individual, atomizada y fragmentada.</p>	<p>4. Existen importantes desfases entre los apoyos reales de la investigación y los citados en la bibliografía.</p>
<p>5. Mediocre calidad metodológica en el 70% de las investigaciones empíricas.</p>	<p>5. El 67% no analiza la validez y fiabilidad de la información obtenida de los estudiantes.</p>
<p>6. Falta de compromiso con el núcleo firme del McC.</p>	<p>6. El progreso del McA ha sido escaso o nulo.</p>

REFERENCIAS CONCLUSIONES

Observando la tabla 1 se percibe que existen notables coincidencias sobre las deficiencias encontradas a pesar de que se han realizado con diferente bibliografía, técnica de toma de datos e intencionalidad, se hace más creíble los puntos críticos que a continuación se exponen en síntesis:

1. Ausencia de contextos teóricos adecuados a la fenomenología estudiada que lleva a desarrollar las investigaciones de un modo inductivo y/o confirmatorio.
2. Importante desfase entre los apoyos citados en la bibliografía y los realmente usados que lleva a una producción individual, atomizada y fragmentada.
3. Ausencia o carencias en el control de la calidad y contraste de los datos recogidos.
4. Serias limitaciones de la propuesta didáctica. En el caso del McC las limitaciones se deben a que el modelo podría ser útil para unos pocos contenidos y en el caso del McA a las restricciones en la información tomada del alumno que limitan seriamente las implicaciones didácticas.

1.4. En busca de elementos teóricos en la Didáctica de las Ciencias

El análisis de las dos líneas de investigación, McC y McA aporta bastante información de cierta objetividad como para permitir ir más allá de la mera valoración especulativa. Con estos datos es posible hacer una búsqueda de elementos teóricos del ámbito de la DC, así como indagar sobre su modo de operar, inclinaciones, preferencias y diferencias sustanciales con el ámbito de ciencias.

1.4.1. Elementos teóricos de uso en DC

Los datos detallados que aporta el análisis de las anteriores líneas de investigación aportan información sobre la convergencia de citas hacia determinados autores y los compromisos teóricos de éstos. Por otro lado, el carácter empírico de los trabajos seleccionados, han permitido analizar qué planteamientos teóricos o de cualquier otra índole sirven de guía para la investigación. Esto permite analizar el grado de compromiso en las diferentes toma de decisiones en las distintas fases de la investigación.

Lo que más llama la atención en la revisión realizada de las dos líneas de investigación, McC y McA, es que aproximadamente dos tercios de los trabajos analizados muestran un compromiso carecen de marco teórico. En efecto:

- En la línea del McC, el compromiso con la epistemología contemporánea para mediatizar el desarrollo de las distintas partes de la investigación, sólo se detecta en muy pocos trabajos; el 68% se desarrollan sin contexto teórico alguno y, cuando citan trabajos que usan

realmente esta epistemología como marco teórico, no conlleva la asunción de este compromiso.

- En la línea del McA no se aprecia más compromiso teórico en el investigador que el que aporta su conocimiento del contenido académico y, en algunos casos, del desarrollo epistemológico o histórico de éste. En cualquier caso, la mayoría de trabajos carecen de un contexto adecuado para buscar e interpretar datos sobre el conocimiento del alumno.

No obstante, es posible delimitar una comunidad inscrita a la DC, no tanto por la existencia de un núcleo teórico firme (Osborne, 1996) como por una "convergencia de principios explicativos sobre la práctica docente" que aporta un lenguaje específico y consensuado (Solomon, 1994). Principios que parten de supuestos "nada excepcionales y poco exigentes" (Millar, 1989; Solomon, 1994; Duschl, 1994) ligados a los problemas de la clase de ciencias.

En la actualidad se percibe un notable esfuerzo para delimitar y acentuar el consenso sobre lo que se puede considerar como *núcleo teórico* de la DC: *la epistemología contemporánea de la ciencia* (Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar y Duschl, 2003; Fernández, Gil, Carrascosa, Cachapuz y Praia, 2002; Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar y Duschl, 2003; Vázquez, Acevedo y Manassero, 2004). En efecto, casi todos los productos didácticos de éxito en DC, tales como McC, McA, MEPI (metodología de enseñanza por investigación), CTS (enseñanza de las ciencias acorde con los vínculos entre ciencia, tecnología y sociedad) y otros más, toman su fundamento en algún aspecto de la actividad y progreso de ciencias como son los cambios de paradigmas, el papel histórico de las concepciones de los científicos, las peculiaridades de la actividad científica, etc. (Marín, Solano y Jiménez-Gómez, 1999; Marín, 2005). Ahora bien, como se ha visto en el análisis de las líneas de investigación del McC y McA, el endeble o ausente compromiso percibido con la epistemología de las ciencias en más de dos tercios de la muestra impide tomarlo como el núcleo teórico de la DC. Aún así, incluso suponiendo que existiera un mayor consenso, el contexto teórico que aporta la epistemología de las ciencias es insuficiente e inapropiado para analizar e interpretar fenómenos ligados al aprendiz de ciencias. Y esto es así porque el conocimiento de ciencias y el del alumno son diferentes y, por tanto, los mecanismos de progreso cognitivo de uno y otro (Marín, 2003b).

Por los datos encontrados en las revisiones, se podría afirmar que existe un consenso o convergencia mayoritaria para citar a un núcleo reducido de autores de cierta autoridad en DC. En general, los productos didácticos de estos expertos sí que están fundamentados en la epistemología de las ciencias. Pero como se ha podido constatar, en la mayoría de trabajos

declarar una cita no implica ningún compromiso teórico. En efecto, las referencias a autoridades se hacen más bien de un modo superficial con el fin de alinearse y dar consistencia a la publicación (Duschl, 1994; Solomon, 1994). Esto explicaría también otra conclusión del análisis de la revisión de líneas de investigación: el desfase entre los apoyos citados en la bibliografía y los realmente usados.

2. *Sobre la actitud de confrontación en DC*

En el ámbito de ciencias, la estructura de los modelos está constituida por variables que se obtienen de reducir los observables de un fenómeno natural a números u otros objetos matemáticos. Además, entre dichas variables se establecen relaciones causales lineales y sencillas. Así contruidos, los modelos científicos muestran una buena capacidad de previsión de acontecimientos.

En el ámbito de DC no ocurre lo mismo que en el de Ciencias. La sintaxis es más especulativa. Salvo que se empleen modelos o creencias reduccionistas (Pozo y Scheuer, 1999), entre enseñanza y aprendizaje no se pueden establecer relaciones causales simples. Entre los modelos de enseñanza y los datos empíricos que pueden hablar de la bondad del modelo dista una distancia donde intervienen varios mediadores cognitivos (investigador, docente, alumnos) que interpretan, asignan significados, modulan los mensajes desde su sistema afectivo, existen numerosas cadenas inferenciales más especulativas que numéricas, etc. Las diversas interacciones cognitivas implicadas en la enseñanza de las ciencias no permiten una reducción mecanicista (Marín, 2003b), lo que nos aleja definitivamente de las mecánicas de falsación de la ciencia.

Aún así ¿es posible la falsación en el ámbito de la DC? A pesar de las carencias teóricas vistas, existen diversos elementos de DC que pueden ser falsables, veámoslo:

- La mayor parte de la información obtenida en la línea investigación del McA puede ser falsada. Es relativamente fácil, aunque no exento de esfuerzo, diseñar mecánicas de contrastación de datos con una metodología adecuada (Marín, Jiménez-Gómez y Benarroch, 2004). Por ejemplo, se puede diseñar réplicas a los cuestionarios del McA variando los factores, relevantes e irrelevantes, implicados en las situaciones problemáticas que acompañan las preguntas y hacer nuevas cuestiones con estrategias de implicación y conflicto cognitivo del alumno. La información que se obtiene de este modo permite contrastar aquella otra obtenida sobre el mismo tema por el McA (ver por ejemplo, Marín, 1994b; Benarroch, 1998) pero a condición de usar una metodología que no sería tan liviana como la original de este movimiento. Esta misma metodología

sería útil para ser aplicada en otras líneas de investigación de DC donde se requiere seleccionar los datos que mejor recogen las manifestaciones cognitivas del sujeto como es el caso de las experiencias de enseñanza y aprendizaje, formación de docentes o evaluación del cambio epistemológico.

- Por las razones dadas más arriba, la falsación empírica es más compleja para modelos de enseñanza como el McC y MEPI pero también por la ausencia de un núcleo firme que haga más convergentes datos e interpretaciones y, por tanto, que tenga más posibilidad el contraste interpersonal. Ahora bien, sobre estos modelos se podría llevar a cabo otros tipos de falsaciones. De hecho, la literatura contiene algunas críticas al McC pero la mayoría, se hace "desde dentro", es decir, desde la epistemología de las ciencias, así, su alcance queda seriamente limitado (Marín, 1999a).

Los modelos de enseñanza, de un modo más o menos explícito, contienen asunciones sobre el aprendizaje del alumno. Se puede entonces contrastar la coherencia interna de éstos, su visión de la enseñanza y el aprendizaje, con datos empíricos y teóricos extraídos del ámbito de la psicología (Pozo y Gómez-Crespo, 1998; Marín, 1999a; Marín, 2003a; Marín, 2003b). De este modo es posible apreciar que:

- el McC mantiene una visión poco probable del aprendizaje cuando;
a) admite la posibilidad de sustitución cognitiva, b) centra el cambio en el contenido conceptual y c) el sujeto posee otros contenidos procedimentales e implícitos ligados al conceptual.
- la credibilidad del Mepi disminuye al asumir que la actividad científica es la mejor condición de enseñanza para provocar aprendizajes en el alumno o cuando no percibe que superar las limitaciones procedimentales del alumno supone mayores cambios cognitivos que los que exige el contenido conceptual que se pretende enseñar (Pozo y Gómez-Crespo, 1998).

Salvo aportaciones localizadas, hay muy poco en la literatura sobre este tipo de contrastes (Carey y Spelke, 1994; Vosniadou y Ioannides, 1998; Pintrich, 1999; Pozo, 2003) y su incidencia o consideración en el ámbito es escasa o nula.

La falsación para los modelos de enseñanza sería más factible si se dispusiera de un núcleo firme que no existe en la actualidad. Un contexto teórico permite mayor convergencia y estructuración lógica en las cadenas inferenciales que ligan el modelo con los datos y, al hacer más objetiva la interpretación de éstos, imposibilitara "salirse por la tangente" y sería más

difícil eludir la posible falsación del modelo ante la presencia de datos que no se ajustan.

Otros contenidos de DC son más difíciles de falsar. Si la estructura "*enseñar ciencia*" que subyace en los modelos de enseñanza es complicada de contratar empíricamente, la que se podría denominar "*aprender a enseñar ciencia*", característica en la formación de docentes de ciencias, viene a multiplicar las dificultades. En efecto, en este caso se enseñan modelos didácticos al futuro docente con la pretensión de que al aplicarlos sobre sus futuros alumnos logre ciertos objetivos de enseñanza. Se comprende que las cadenas inferenciales son largas y excesivas para ligar las estrategias para la formación del futuro docente con sus efectos en el alumno de ciencias. Son muy pocos los trabajos que han intentado falsar una creencia firmemente asentada en DC: las creencias epistemológicas del docente determinan su enseñanza (Tsai, 2002).

Las propuestas curriculares para la enseñanza de las ciencias es otro contenido de DC difícil de falsar. En esta ocasión, se trata de propuestas donde se debe aglutinar en un todo coherente los valores de la enseñanza de las ciencias con los sociales y los beneficios para el alumno.

En definitiva, la posibilidad de falsación de los diferentes contenidos de DC es desigual. Así, las *ideas previas del alumno* admiten contrastes relativamente sencillos, los *modelos de enseñanza* muestran buenas posibilidades para ser falsados si la DC dispusiera de un núcleo firme bien establecido y, finalmente, la *formación de docentes* y las *propuestas curriculares* resultan más difíciles de contrastar empíricamente por moverse con frecuencia en terreno especulativo como quizá no pueda ser de otro modo. Aún así, esto no debería ser motivo para eludir la falsación. A las ciencias no le falta buenas dosis de especulación y no por ello evita contrastar continuamente sus modelos.

Aunque no son frecuentes, de vez en cuando suelen aparecer algunos artículos críticos que contienen serias propuestas de falsación de algún contenido de DC ¿cuál es la reacción o la actitud de la comunidad ante esta propuesta? En las dos líneas analizadas se ha mostrada la escasa atención de unos autores a otros, incluso cuando se abordan problemáticas semejantes, pero cuando se tratan de publicaciones críticas con los modos de proceder más extendidos, lo usual es ignorarlos o rechazarlos con cualquier tipo de argumentación (Solomon, 1994; Duschl, 1994). En parte, este fenómeno que se da en el ámbito de DC por la ausencia de un núcleo teórico, la cuál permite cierta relajación de la tensión dialéctica, interpretaciones divergentes o argumentos con significados y direcciones diferentes a los que se quieren rebatir.

¿Por qué se hace caso omiso o se excluyen los trabajos que hacen críticas o reflexiones sobre el ámbito? ¿Por qué sólo se tiene buenos ojos para los trabajos que confirman la línea más extendida en DC? Una actitud más acorde con el ámbito científico llevaría a comprobar la certeza o no una determinada falsación más que tomar actitudes "a la defensiva" (también Moreira, 2006). Nuestro grupo de investigación lleva más de quince años elaborando trabajos sobre la línea del McA y desarrollando propuestas alternativas que parecen ser buenos para los evaluadores de las revistas, a pesar de su contenido crítico, pero insuficientes para ser tenidos en cuenta por el resto de la comunidad.

Es paradójico constatar que el estilo científico no fluye al ámbito de conocimientos de DC cuyos modales quedan más cercanos a otros ámbitos más humanísticos como la pedagogía y la psicología. Años atrás, hubo autores que tuvieron una incidencia importante en DC y ahora apenas son recordados, no porque hayan mediado trabajos de falsación de sus obras sino porque su uso se declina sin saber muy bien porqué. La difusión de productos didácticos anglosajones fuertemente promocionados tiene un efecto en nuestro ámbito semejante al de psicología (Marín, 1999b). La fuerte difusión anglosajona del empirismo conductista se impuso sobre el laborioso constructivismo europeo de Piaget (Pozo, 1989). Ahora que todos profesan esta posición, pocos recuerdan o reconocen quién fue su principal promotor.

3. *Sobre la formación de expertos en DC*

En DC la principal fuente de subvención y promoción del ámbito viene dada por su implicación en el sistema educativo. Es un hecho significativo que la producción de la comunidad hispana experimenta un fuerte aumento en cantidad y calidad coincidiendo con la creación del área de Didáctica de las Ciencias Experimentales (Gutiérrez, 1987; Benarroch, 2000). Los países que promueven con mayores presupuestos la educación de las ciencias son los que realizan mayor número de aportaciones en las revistas especializadas en DC (Tamir, 1996; Soto, Otero y Sanjosé, 2005; Tsai y Wen, 2005).

La mayoría de los profesionales que realizan aportaciones al ámbito de DC están ligados a la formación de docentes de ciencias y a la educación científica (Gutiérrez, 1987; Duschl, 1994; Jiménez-Aleixander, 1995; Tamir, 1996; López-Calafí, Salvador, y de la Guardia, 1998; Mellado, 2003; Soto y otros, 2005). También la DC recibe significativas aportaciones de un grupo minoritario de expertos constituido por psicólogos, historiadores y filósofos de la ciencia, antropólogos, etc., que

investigan en el ámbito de la DC y que suelen publicar en revistas de sus ámbitos específicos, tales como *Cognition and Instruction*, *The Journal of the Learning Science*, *Educational Psychologist*, *Instructional Science*, etc. Es usual que el grupo mayoritario ignore las aportaciones del segundo grupo (Duschl, 1994; Jiménez-Aleixander, 1995), con la excepción de las aportaciones ligadas a la HfC por las que la DC siente especial predilección (Marín, 2003b).

Si a finales de los años setenta los apoyos de la DC en otros ámbitos de conocimiento, primordialmente en psicología, eran frecuentes (Gutiérrez, 1987) en la actualidad esa tendencia ha cambiado, de forma que la mayoría de referencias son de autores del mismo dominio (Tamir, 1996; Soto, Otero y Sanjosé, 2005). Esto admite dos interpretaciones plausibles. La primera habla de la gran expansión de la DC en sólo tres décadas (Benarroch, 2000). La segunda indica el empobrecimiento de algunas líneas de investigación (por ejemplo, las dos analizadas McC y McA). Como se ha visto, este declinar se debe en buena parte por el uso de recursos propios en contextos donde los ajenos son claramente más apropiados para analizar los fenómenos ligados a la enseñanza y aprendizaje de las ciencias (Duschl, 1994; Soto, Otero y Sanjosé, 2005).

Este "extraño fenómeno" de no tomar apoyos de áreas afines a la nuestra para potenciar la investigación de DC se puede explicar en buena parte por la formación universitaria de la mayor parte de investigadores de Didáctica de las Ciencias es básicamente científica (Gutiérrez, 1987; Duschl, 1994; Tamir, 1996). Por su cercanía, los ámbitos cognitivos ligados a los procedimientos de la actividad de ciencias y a la HfC aportan una formación adicional, y en continuidad con la inicialmente científica, para adentrarse en la investigación de DC. Sin embargo, esta formación es claramente insuficiente pues, queramos o no, "el alumno que aprende" es uno de los polos constantes de la enseñanza de las Ciencias, lo que remite necesariamente a una formación adicional alrededor de la cognición del alumno para hacer propuestas didácticas consecuentes con el aprendizaje de las Ciencias.

Actualmente, la promoción de la DC proviene principalmente del ámbito universitario, aún así, es significativo constatar que han pasado ya más de dos décadas desde la creación de los departamentos universitarios de DC en nuestro país y estos no terminan de tomar su identidad por el problema de formación mencionado más arriba (Gutiérrez, 1987; Cañal, 1995; Marín, 2003b). Aunque lentamente, la situación va cambiando pues cada día se incorporan más profesionales que, previamente, han realizado investigaciones en DC, pero las carencias teóricas del ámbito y la ausencia

de un núcleo firme consensuado hace que esta formación pierda eficacia y dependa en exceso del lugar o contexto donde se ha dado.

1.4.2. Reflexiones sobre el ámbito de la DC

Conviene recordar los motivos por los que se ha realizado a evaluar una parte significativa del ámbito de DC. Se pretendía profundizar en los puntos fuertes que han impulsado su crecimiento y los puntos débiles que pudieran constreñir su progreso. Todo ello en aras de buscar direcciones de trabajo que permitan un desarrollo futuro óptimo y fructífero.

Aunando las convergencias encontradas en los Seminarios de Aveiro y Burgos con los datos que han aportado las revisiones del McC y McA, un grupo de expertos en DC hemos llevado a cabo un análisis DAFO (*debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades*) del ámbito. Los términos significan lo siguiente:

- Debilidades: Puntos débiles internos que restan para el logro de las metas.
- Fortalezas: Puntos fuertes internos que ayudan a lograr las metas.
- Amenazas: Factores externos que constriñen para lograr las metas.
- Oportunidades: Coyunturas externas que podrían potenciar el logro de las metas.

TABLA 1.3. ANÁLISIS DAFO DEL ÁMBITO DE DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS (DC)

ESLOGAN: EN POS DE NUESTRA IDENTIDAD

OBJETIVO GENERAL INTERNO	OBJETIVO GENERAL EXTERNO
Establecer un núcleo consensuado para la DC que sea útil, predictivo y eficaz para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en todos los niveles	Reconocimiento social e institucional de las competencias de la DC en cuestiones ligadas a la enseñanza de las ciencias y a la formación de
POSICIÓN ACTUAL	FUTURO DESEADO
<p>① Sólo unas pocas universidades tienen una actividad aceptable en investigación.</p> <p>② Dispersión para marcar las direcciones de progreso del ámbito.</p> <p>③ Débiles compromisos teóricos de los expertos del ámbito.</p>	<p>① Establecer redes entre grupos de investigación a fin de crear un retículo óptimo de investigación.</p> <p>② Establecer una agenda de investigación que marque direcciones de progreso.</p> <p>③ Núcleo firme con suficiente tensión dialéctica que garantice su progresión.</p>
ANÁLISIS DAFO INTERNO: DEBILIDADES Puntos débiles que restan para el logro de las metas	ANÁLISIS DAFO INTERNO: FORTALEZAS Puntos fuertes que ayudan a lograr las metas
<p>Sobre la comunidad de DC</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dispersión en la comunidad sobre cuál debe ser la identidad del ámbito. • Falta de un marco teórico aglutinador. • Desigual formación de los que se incorporan al área de DC, sobre todo, por no existir un plan de formación específico. • Dispersión de criterios para establecer los contenidos de las disciplinas propias de la DC. • Escasa conexión con otras áreas que pueden ayudar a mejorar la enseñanza de las ciencias. <p>Sobre el cuerpo de conocimientos de DC</p> <ul style="list-style-type: none"> • La HFC no es suficiente para dar respuesta adecuada a la diversidad de problemas de la enseñanza de las ciencias. • El constructivismo no puede jugar el papel de núcleo teórico por la diversidad de planos y supuestos donde se formula. • Existe una importante distancia entre la práctica docente y la investigación en DC y por ahora no se dispone de recursos suficientes para disminuirla. 	<p>Sobre la comunidad de DC</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gran capacidad para adaptarse a las demandas sociales que en la actualidad son muy cambiantes (sostenibilidad, implicaciones CTS, cambio de función e imagen de las ciencias, etc.) • Su relación casi exclusiva con la formación de docentes, le infiere independencia respecto a intereses privados y sus efectos no deseables. • La formación continua y adecuada de expertos en DC es posible si se dan ciertas condiciones como así ocurre en las universidades que lo <p>Sobre el cuerpo de conocimientos de DC</p> <ul style="list-style-type: none"> • La HFC y la visión constructivista colaboran en el proceso de formación de un núcleo teórico desmarcado de otras disciplinas. • Creciente esfuerzo para buscar convergencia y consenso en HFC. • Continúa la creciente y elevada producción que es cada vez más internacional. • Los modelos de ciencias y de su epistemología ofrecen herramientas que con el transvase adecuado dan importantes éxitos a la DC.
ANÁLISIS DAFO EXTERNO: AMENAZAS Factores externos que constriñen para lograr los fines	ANÁLISIS DAFO EXTERNO: OPORTUNIDADES Coyunturas que podrían potenciar para lograr los fines
<ul style="list-style-type: none"> • La DC no consigue delimitar su espacio respecto a otras áreas y, en particular, no consigue desmarcarse de la formación científica original de sus expertos. • Los últimos cambios sobre tercer ciclo han desfavorecido a las universidades con menos alumnos. • Existe cierta incomprensión del resto de la comunidad universitaria hacia las áreas de 	<ul style="list-style-type: none"> • El nuevo sistema para la formación del profesorado de secundaria y la ampliación de la carrera de Maestro podría abrir posibilidades para mejorar la formación de expertos en DC y crear nuevas incorporaciones, a la vez que se reconoce a la DC su participación en este espacio. • Se están creando espacios (jubilación y habilitación) que pueden ser ocupados por expertos formados en DC resultando un

Análisis Externo: Con las limitaciones apuntadas, es curioso constatar en el DAFO que a pesar de los puntos débiles, la actividad de congresos, publicaciones, investigaciones y promociones académicas es admirable ¿cómo se puede explicar tanta actividad y que ésta no desemboque en la construcción de un núcleo teórico consensuado? ¿cómo pueden convivir en el mismo espacio una intensa actividad con las carencias metodológicas y teóricas encontradas?

La revisión de las dos líneas de investigación, el McA y McC, muestra que predomina un bajo compromiso teórico con los fundamentos que se declaran tener, que existe un importante desfase entre los apoyos citados en la bibliografía y los realmente usados y que la producción en DC es individual, atomizada y fragmentada ¿podrían estas piezas del puzzle mostrar un esbozo que responda a esta aparente contradicción entre la intensa actividad en DC y sus carencias?

Con los datos tomados en los análisis anteriores se podría identificar en la DC una heurística negativa, la misma que anteriormente se ha llamado "actitud negativa" para falsar, visto que existe un notable decaimiento para llevar a cabo "falsaciones sencillas" (ver también Moreira, 2005) como por ejemplo:

- Comprobar que la información tomada al alumno puede estar limitada y sesgada con sólo realizar cuestionarios de réplica que sigan ciertas normas metodológicas (Jiménez-Gómez, Benarroch, Marín, 2006)
- Analizar interpersonalmente el grado de certeza que pueda contener la afirmación "la producción del ámbito es fragmentada y atomizada" mediante sencillos análisis de citas bibliográficas cruzadas. Si, además, se analiza en la toma de decisiones de la investigación los compromisos reales que mantienen los investigadores, se puede constatar si existe desfase entre citas declaradas y apoyos reales.
- Evaluar a nivel teórico la coherencia interna de los supuestos y creencias sobre aprendizaje que se mantienen en la línea del McC. Por ejemplo, mediante un contraste con visiones del aprendiz mejor fundamentadas psicológicamente (Pozo y Scheuer, 1999).

¿Por qué estas falsaciones no se dan en el ámbito? ¿por qué apenas tienen incidencia las publicaciones que hacen críticas? ¿por qué el empeño de algunos en mostrar que la DC tiene un cuerpo coherente de conocimientos? ¿qué es lo que se intenta proteger? No cabe duda, como no puede ser menos, que también en la DC existe una heurística negativa

(ver también, Cachapuz, Lopes, Paixão, Praia y Guerra, 2004; Moreira, 2005).

Y la heurística positiva ¿qué paradigmas o compromisos forman parte de ella? Si no se puede encontrar en compromisos a un núcleo firme ¿cómo explicar la evidencia de que existen elementos que aglutinan el ámbito? Aquí llegamos a una aparente paradoja. No se pueden negar que existen compromisos, valores y normas, por ejemplo, en las valoraciones de jueces de las aportaciones individuales en revistas o en cualquier proceso de promoción académica. Pero entonces ¿sobre qué existen compromisos?

Vistos los datos de las revisiones del McA y McC, el análisis de elementos teóricos y el análisis DAFO, todo parece apuntar a la existencia de tres grandes tipos de compromisos que se interrelacionan fuertemente, incluso que unos son causantes de otros:

1. Compromiso para citar. Esta bastante generalizado en DC lo que podríamos denominar el "*compromiso para citar*", ya analizado críticamente por otros autores (Duschl, 1994; Jiménez-Aleixander, 1995; Sanmartí y Azcárate, 1997; Jiménez-Aleixander y García-Rodeja, 1997; Marín, Solano y Jiménez-Gómez, 1999; Soto, Otero y Sanjosé, 2005). Todo ocurre como si existieran, en cada parcela de la DC, una serie de autores que deben ser citados para dar entidad a la publicación. En las revisiones del McA y McC se ha podido constatar que son frecuentes las citas para revertir el trabajo con la autoridad de un determinado artículo o autor y no tanto para tomar cierto apoyo o compromiso con el contenido de lo referido.

Constituye buena parte de la formación de quienes participan en el ámbito de la DC, la elaboración de trabajos para ser publicados (Tsai y Wen, 2005). En esto se aprende a distinguir las citas de más valor, las que más rentan, los autores que son ineludibles según la temática o qué mínimo de referencias bibliográficas deben sostener un trabajo. A su vez, el evaluador aprende a reconocer, entre otros criterios, la valía del trabajo por la cantidad y calidad de citas.

2. Compromiso por el tipo de formación inicial. El ámbito de la DC arrastra un mal endémico que pesa como una losa en su progreso: la formación científica inicial de los expertos de DC (Gutiérrez, 1987; Gil, 1991; Cañal, 1995; Benarroch, 2000). De entrada, este saber no es suficiente para dar respuestas adecuadas a la problemática que se aborda en DC (asuntos de enseñanza y aprendizaje, formación de profesores, acomodación curricular, etc.), lo que obliga a un esfuerzo adicional del futuro experto de DC que, ante la ausencia de un núcleo firme, tiende a ser divergente, aunque en mayor medida se realiza en la historia y

filosofía de la ciencia (HFC), posiblemente por ser un contenido relativamente "cercano".

Algunas temáticas de DC admiten soluciones parcialmente satisfactorias desde la HFC tales como propuestas curriculares o formación de futuros docentes pero se muestran más limitadas en asuntos de enseñanza y aprendizaje (Marín, 2003b). Desde la HFC, se ha realizado propuestas fundadas en la analogía del "alumno como científico" -AcC- (Driver, 1983; Tsai, 2002) intentando dar validez a las propuestas de enseñanza desde la HFC pero muestran importantes limitaciones donde no hay analogías entre el conocimiento de ciencias y el del alumno (Marín, 2003a). Aunque no está generalizada, la analogía de "el alumno como científico" habría que reconocerla como un elemento paradigmático de la DC. Otra tendencia en la formación de expertos es la "superespecialización" en una temática concreta de DC, curiosamente en un ámbito ya de por sí bastante específico. Es frecuente especializarse en CTS, en educación ambiental o en nuevas tecnologías a la vez que se desoye el resto de problemáticas propias de DC.

3. Compromiso profesional por consolidar y progresar tanto a nivel docente como investigador en el ámbito profesional.

Los tres compromisos están fuertemente vinculados pero el que parece primar sobre los demás es el profesional. Este empuja la producción y, necesariamente, la formación, sin la que sería imposible publicar y promocionar. Viendo la debilidad de compromisos teóricos ante las obras citadas da cierta impresión de existir más interés por el engrosamiento curricular que supone publicar que la posible aportación de conocimiento. En este sentido, observamos que en DC se han conformado suculentas líneas de investigación donde con poco más que el compromiso para citar se elaboran multitud de publicaciones con una apariencia más que aceptable. La línea de investigación de McA es un buen ejemplo de lo que se afirma.

Por sus características específicas, preguntarnos por la heurística positiva del ámbito de la DC no supone buscar zonas de interacción donde se hacen falsaciones al estilo del ámbito de la ciencia. Además, normalmente los trabajos que buscan la confrontación empírica tienen estructura confirmatoria e inductiva (Marín, Solano y Jiménez-Gómez, 2001; Soto, Otero y Sanjosé, 2005). A nivel más teórico, las controversias más comprometidas y articuladas se hayan en el marco de la analogía "el alumno como científico" (Marín, Solano y Jiménez-Gómez, 1999). Se tratan de confrontaciones de carácter teórico donde se defienden determinadas posiciones ontológicas o epistemológicas para fundamentar las propuestas didácticas para la enseñanza de las ciencias (ver por

ejemplo, Duschl y Gitomer, 1991; Good, 1993; Matthews, 1994; Staver, 1995; Grandy, 1997; Kelly, 1997; Geelan, 1997).

La heurística positiva de DC está configurada por el retículo de compromisos anteriormente citados que confieren, sin la presencia de un núcleo teórico firme, entidad suficiente para reconocer sus dominios, su periferia y lo que es claramente externo. Es revelador comparar trabajos que abordan la misma temática con perspectivas que están dentro y fuera de la red de compromisos de DC. Por ejemplo, para un análisis de los modelos más relevantes de enseñanza de las ciencias ver Jiménez-Aleixander (2000) frente a Pozo y Gómez-Crespo (1998); para una revisión evolutiva del ámbito comparar Adúriz e Izquierdo (2002) con Marín, Solano y Jiménez-Gómez, (1999).

Tal y como se ha definido, la heurística positiva de la DC explica muy bien su débil relación con la psicología. La presencia de este ámbito no resulta cómoda para la DC pues, por un lado, aparece de forma natural una y otra vez para aportar información sobre el aprendiz de ciencias pero, por otro, *"el invitado no es bien recibido"* ya que queda lejos del compromiso de formación del experto en DC. Si en los años setenta son frecuentes las citas de autores como Piaget, Vigostky o Ausubel, poco a poco a lo largo de la década de los ochenta va tomando autonomía el ámbito en detrimento de los autores del ámbito de psicología (Tamir, 1996; Marín, Solano y Jiménez-Gómez, 1999).

En esta década eran frecuentes las críticas al constructivismo piagetiano (por ejemplo, Posner, Strike, Hewson, y Gertzog, 1982; Novak, 1982; Gilbert y Swift, 1985; Giordan y deVechi, 1987; Millar y Driver 1987). Un análisis de los argumentos críticos a Piaget pone de manifiesto que eran bastante endebles, poco fundamentados, incluso, se llevaban a cabo con bastante ignorancia de la obra piagetiana o citando viejos trabajos sobre los que existen versiones más actualizadas (Vuyk, 1985; Marín y Benarroch, 1994; Marín, 1995; Marín, Benarroch y Jiménez-Gómez, 2000). Estos comentarios contra su obra, cuando se comparan con verdaderas críticas a Piaget (véase para ello Vuyk, 1985) dan la impresión de "apartar del camino algo que estorba" que de estar haciendo críticas para proponer una alternativa constructiva; de hecho, en los estudios comparativos que hemos realizado (Marín y Benarroch, 1994; Marín, Benarroch y Jiménez-Gómez, 2000) se mostró que las concepciones del alumnado delimitadas por el McA no suponen un mayor logro respecto a las descubiertas décadas antes por Piaget.

Conforme la comunidad de DC ha ido adquiriendo autonomía, se ha ido decantando por el apoyo que ofrece la HFC, alejándose definitivamente del dominio de la psicología (Duschl, 1994; Tamir, 1996; Marín, Solano y

Jiménez-Gómez, 1999; Soto, Otero y Sanjosé, 2005). Por mucho que se insista, al derecho y al revés, en que habría que modular o implementar las respuestas que se dan desde el AcC con las del alumno como aprendiz (Marín, 2003a), la DC hace oídos sordos a tal demanda, alineándose con la actitud que imprime al ámbito su heurística positiva.

Se quiera o no, siempre que se hacen propuestas de enseñanza de ciencias, se evalúan modelos o se analizan sus fundamentos, en mayor o menor medida se deslizan las creencias subyacentes del investigador sobre aprendiz, las cuáles, lamentablemente, revelan visiones deformadas (Pozo y Scheuer, 1999; Pérez-Echeverría, Mateos, Pozo y Scheuer, 2001; Marín, 2005).

1.5. Bibliografía de la parte 1

Abimbola, I.O. (1988). The problem of terminology in the study of student conceptions in science. *Science Education*, 72(2), pp.175-184.

Acevedo, J.A., Vázquez, A., Acevedo, P. y Manassero, M.A. (2002). Un estudio sobre las actitudes y creencias CTS del profesorado de primaria, secundaria y universidad. *Tarbiya*, 30, pp. 5-27.

Acevedo, J.A., Vázquez, A., Martín, M., Oliva, J.M., Acevedo, P., Paixão, M.F., Manassero, M.A. (2005). Naturaleza de la ciencia y educación científica para la participación ciudadana. Una revisión crítica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2 (2), pp. 121-140.

Adúriz, A. e Izquierdo, M. (2002). Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*.

<http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen1/Numero3/Art1.pdf>

Aliberas, J., Gutiérrez, R. e Izquierdo, M. (1989). Modelos de aprendizaje en la didáctica de las ciencias. *Investigación en la Escuela*, 9, pp. 17-24.

Benarroch, A. (1998). *Las explicaciones de los estudiantes sobre las manifestaciones corpusculares de la materia*. (tesis inédita), Facultad de Educación (Universidad de Granada).

Benarroch, A. (2000). Proyecto docente e investigador para la plaza de profesora titular de Universidad. Inédito. Facultad de Educación (Universidad de Granada).

- Benarroch, A.** (2001). Una interpretación del desarrollo cognoscitivo de los alumnos en el área de la naturaleza corpuscular de la materia. *Enseñanza de las Ciencias*, 2001, 19(1), pp 123-134.
- Benlloch, M.** (1997). *Desarrollo cognitivo y teorías implícitas en el aprendizaje de las ciencias*. Madrid: Visor.
- Botella, L.** (2001). El Ser Humano Como Constructor de Conocimiento: El Desarrollo de las Teorías Científicas y las Teorías Personales. Documento de Internet disponible en: <http://fpce.blanquerna.edu/constructivisme>.
- Bunge, M.** (1981). *La investigación científica*. Barcelona: Ariel.
- Cachapuz, A.F., Lopes, B., Paixão, F., Praia, J.F. y Guerra, C.** (2004). Proceedings of the International Seminar on "The state of the art in Science Education Research" (CD). 15, 16 de Octubre de 2004. Universidad de Aveiro, Portugal.
- Cañal, P.** (1995). *Formación inicial y permanente del profesorado de Primaria*, pp. 3-12. En Actas ". La Didáctica de las Ciencias Experimentales a Debate". Manga del Mar Menor (Murcia): XV Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales.
- Carey, S.** (1991). *Knowledge acquisition: Enrichment or conceptual change?*. En S. Carey y R. Gelman. *The epigenesis of mind*. Erlbaum: Hillsdale, N.J.
- Carey, S. y Spelke, E.** (1994). Domain specific knowledge and conceptual change. En L. Hirschfeld y S. Gelman (eds.). *Mapping the mind*. Cambridge, Ma: Cambridge University Press
- Chalmers, A.F.** (1984). *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?*. Madrid: Siglo XXI.
- Champagne, A. Gunstone, R. y Klopfer, L.** (1985). Effecting changes in cognitive structures among physics students, pp. 163-187. En West, L. y Pines, A. (Eds) *Cognitive Structure and Conceptual Change*. Orlando, FL: Academic Press.
- Chi, M.T.H., Slotta, J.D. y Leeuw, N.** (1994). From Things to processes: A theory of conceptual change for learning science concepts. *Learning and Instruction*, vol.4, pp. 27-43.
- Claxton, G.** (1987). *Vivir y aprender*. Madrid: Alianza Editorial.
- Claxton, G.** (1994). *Educación mentes curiosas. El reto de la ciencia en la escuela*. Madrid: Visor.
- Coll, C.** (1983). *La construcción de esquemas de conocimiento en el proceso de enseñanza/aprendizaje*, pp. 183-201. En C. Coll. *Psicología*

genética y aprendizajes escolares. Madrid: Siglo XXI.

Delval, J. (1997). *Tesis sobre el constructivismo*. pp.15-24. En M.J. Rodrigo y J. Arnay (comp.). *La construcción del conocimiento escolar*. Barcelona: Paidós.

DiSessa, A.A. y Sherin, B.L. (1998). What changes in conceptual change. *International Journal of Science Education*, 20(10), 1155-1191.

Driver, R. (1983). *The pupil as scientist*. Milton Keynes, UK: Open University Press.

Driver, R. (1986). Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(1), pp. 3-15.

Duit, R. (1999). Conceptual change approaches in Science Education. pp. 263-282. En W. Schnotz, S. Vosniadou y M. Carretero. (eds). *New perspectives on conceptual change*. Londres: Elsevier.

Duschl, R.A. (1994). Editorial Policy Statement and Introduction. *Science Education*, 78(3), pp. 203-208.

Duschl, R.A. y Gitomer, D.H. (1991). Epistemological Perspectives on Conceptual Change: Implications for Educational Practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), pp. 839-858.

Echeverría, J. (1995). *Filosofía de la ciencia*. Madrid: Akal.

Echeverría, J. (2002). *Ciencia y valores*. Barcelona: Ediciones Destino.

Echeverría, J. (2003). *La revolución tecnocientífica*. Madrid: FCE.

Farrington, B. (1973). *Ciencia y Política en el mundo antiguo*. Madrid: Ayuso.

Fernández, I., Gil, D., Carrascosa, J., Cachapuz, A. y Praia, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), pp. 477-488.

Furió, C.J. (1994). Tendencias actuales en la formación del profesorado de Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), pp. 188-199.

Furió, C., Vilches, A., Guisasola, J. y Romo, V. (2001). Finalidades de la enseñanza de las ciencias en la secundaria obligatoria. ¿alfabetización científica o preparación propedéutica?. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(3), pp. 365-376.

Geelan, D.R. (1997). Epistemological anarchy and the many forms of constructivism. *Science & Education*, 6(1-2), pp. 15-28.

Gil, D. (1991). ¿Qué hemos de saber y saber hacer los profesores de Ciencias?. *Enseñanza de las Ciencias*, 9(1), pp. 69-77.

- Gil, D.** (1993). Contribución de la historia y de la filosofía de las Ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), pp. 197-212.
- Gil, D.** (1996). New Trends in Science Education. *International Journal of Science Education*, 18(8), pp. 889-901.
- Gil, D., Carrascosa, J. y Martínez-Terrades, F.** (2000). Una disciplina emergente y un campo específico de investigación. pp.11-34. En F.J. Perales y P. Cañal. (eds.). *Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Alcoy: Marfil.
- Gil, D., Carrascosa, J., Dumas Carré, A., Furio, C., Gallego, R., Gené, A., González, E., Guisasola, J., Martínez-Torregrosa, J., Pessoa de Carvalho, J., Salinas, J., Tricárico, H. y Valdés, P.** (1999). ¿Puede hablarse de consenso constructivista en la educación científica?. *Enseñanza de las Ciencias*. 17(3). pp. 503-512.
- Gilbert, J.K.** (1995). Studies and fields: directions of Research in Science Education. *Studies in Science Education*, 25, pp. 173-197.
- Gilbert, J.K. y Swift, D.J.** (1985). Towards a lakatosian analysis of the piagetian and alternative conceptions research programs. *Science Education*, 69(5), pp. 681-696.
- Giordan, A y DeVechi, G.** (1987). *Les origenes du savoir*. París: Dalachaux. (Trad.cast. 1988. Los origenes del saber. Sevilla: Diada).
- Good, R.** (1993a). The many forms of constructivism. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(9), p. 1015-1026.
- Grandy, R.E.** (1997). Constructivisms and objectivity: disentangling metaphysics from pedagogy. *Science & Education*, 6(1-2), pp. 43-53.
- Greca, I.M. y Moreira, M.A.** (1998). Modelos mentales y aprendizaje de Física en Electricidad y Magnetismo. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), pp. 289-303.
- Gunstone, R.F. y Watts, M.** (1989). *Fuerza y movimiento*, pp. 137-167. En Driver, R. y otros. Ideas científicas en la infancia y la adolescencia. Madrid: Morata/M.E.C.
- Gutiérrez, R.** (1987). La investigación en Didáctica de las Ciencias: elementos para su comprensión. *Bordón*, 39(268), pp. 339-362.
- Guzzetti, B., Snyder, T., Glass, G. y Gamas, W.** (1993). Promoting conceptual change in science: A comparative meta-analysis of instructional interventions from reading education and science education. *Reading Research Quarterly*, 28, pp.116- 159.

- Hashweh, M.Z.** (1986). Toward an explanation of conceptual change. *European Journal of Science Education*, 8(3), pp. 229-249.
- Hewson, P.W.** (1981). A conceptual change approach to learning science. *European journal of science education*, 3, pp. 383-396. C-FILOGE
- Hewson, P.W.** (1990). La enseñanza de "fuerza y movimiento" como cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 8(2), pp. 157-171.
- Hewson, P.W. y Thorley, R.** (1989). The conditions of conceptual change in the classroom. *Internacional Journal of Science Education*, 11(5), pp. 541-553.
- Hodson, D.** (1992). In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education. *International Journal of Science Education*, 14(5), pp. 541-566.
- Holton, G.** (1972). *Introducción a los conceptos y teorías de las Ciencias Físicas*. Barcelona: Reverté. (Ver.orig. 1952. Introduction to Concepts and theories in Physical Science. Massachusetts: Addison-Wesley).
- Izquierdo, M.** (2000). Fundamentos Epistemológicos. pp.35-64. En F.J. Perales y P. Cañal. (eds.). *Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Alcoy: Marfil.
- Jiménez-Aleixandre, M.P.** (1995). Comment on "editorial policy statement" by Richard Duschl. *Science Education*, 79(6), pp. 701-704.
- Jiménez-Aleixandre, M.P. y García-Rodeja, I.** (1997). Hipótesis, citas, resultados: reflexiones sobre la comunicación científica en Didáctica de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(1), pp. 11-19.
- Jiménez-Aleixandre, M.P.** (2000). Modelos Didácticos. pp.165-186. En F.J. Perales y P. Cañal. (eds.). *Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Alcoy: Marfil.
- Jiménez-Gómez, E., Solano, I. y Marín, N.** (1997). Evolución de la progresión de la delimitación de las "ideas" de alumno sobre fuerza. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(3), pp. 309-328.
- Jiménez-Gómez, E., Benarroch, A. y Marín, N.** (2006). The coherence of conceptions: a study concerning the particulate nature of matter. *Journal of Research in Science Education*, 26 (4), Aceptado para su publicación.
- Karmiloff-Smith, A.** (1994). *Más allá de la modularidad*. Madrid: Alianza.
- Karmiloff-Smith, A. e Inhelder, B.** (1975). Si quieres avanzar, hazte con una teoría. *Infancia y aprendizaje*. 13, 69-88.

- Kelly, G.A.** (1955). *The psychology of personal constructs*. London: Routledge.
- Kelly, G.J.** (1997). Research traditions in comparative context: a philosophical challenge to radical constructivism. *Science Education*, 81(3), pp. 355-375.
- Kuhn, T.S.** (1975). *La estructura de las revoluciones científicas*. Madrid: Fondo de Cultura Económica.
- Lakatos, I.** (1983). *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid: Alianza Universitaria.
- Lawson, A.E.** (1983). Predicting Science achievement: the role of development level, disembedding ability, mental capacity, prior knowledge and beliefs. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(2), pp. 117-129.
- López-Calafí, J., Salvador, A. y de la Guardia, M.** (1998). Estudio bibliométrico de la evolución de la revista Enseñanza de las Ciencias a partir de sus fuentes de información. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(3), pp. 485-498.
- Luffiego, M., Bastida, M.F., Ramos, F. y Soto, J.** (1994). Systemic model of conceptual evolution. *International Journal of Science Education*, 16(3), pp. 305-313.
- Maiztegui, A., Acevedo, J.A., Caamaño, A., Cachapuz, A., Cañal, P., Carvalho et al.** (2002). Papel de la tecnología en la educación científica: una dimensión olvidada. *Revista Iberoamericana de Educación*, 28, pp. 129-155.
- Marín, N.** (1994a). Elementos cognoscitivos dependientes del contenido. *Revista interuniversitaria de formación del profesorado*, 20, pp. 195-208.
- Marín, N.** (1994b). *Evolución de los esquemas explicativo en situaciones de equilibrio mecánico*. (tesis inédita), Facultad de Educación (Universidad de Granada).
- Marín, N.** (1995). *Metodología para obtener información del alumno de interés didáctico*. Almería: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Almería.
- Marín, N.** (1999a). Delimitando el campo de aplicación del cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), pp. 79-92.
- Marín, N.** (1999b). Del cambio conceptual a la adquisición de conocimientos. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), pp. 109-114.

- Marín, N.** (2003a). Conocimientos que interaccionan en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*. 21 (1), 65-78.
- Marín, N.** (2003b). Visión constructivista dinámica para la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*. Número Extra, 43-55.
- Marín, N.** (2005). *La enseñanza de las ciencias en Educación Infantil*. Grupo Editorial Universitario: Granada.
- Marín, N. y Jiménez-Gómez, E.** (1992). Problemas metodológicos en el tratamiento de las concepciones de los alumnos en el contexto de la filosofía e historia de la Ciencia. *Enseñanza de las Ciencias*, 10(3), pp. 335-339.
- Marín, N. y Benarroch, A.** (1994). A comparative study of Piagetian and constructivist work on conceptions in science. *International Journal of Science Education*, 16(1), pp. 1-15.
- Marín, N., Solano, I. y Jiménez-Gómez, E.** (1999). Tirando del hilo de la madeja constructivista. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(3), p. 479-492.
- Marín, N., Benarroch, A. y Jiménez-Gómez, E.** (2000). What is the relationship between Social Constructivism and Piagetian Constructivism? An analysis of the characteristics of the ideas within both theories. *International Journal of Science Education*, 22(3), pp.225-238.
- Marín, N., Solano, I. y Jiménez-Gómez, E.** (2001). Characteristics of the methodology used to describe students' conceptions. *International Journal of Science Education*, 23(7), pp.663-690.
- Marín, N., Jiménez-Gómez, E. y Benarroch, A.** (2004). How to identify replies that accurately reflect students' knowledge? A methodological proposal. *International Journal of Science Education*, 26 (4), pp.425-445.
- Marina, J.A.** (1998). *La selva del lenguaje*. Barcelona: Anagrama.
- Matthews, M.R.** (1990). History, Philosophy and Science Teaching: A Rapprochement. *Studies in Science Education*, 18, pp. 25-51.
- Matthews, M.R.** (1994). Vino viejo en botellas nuevas: un problema con la epistemología constructivista. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(1), pp. 79-88.
- McComas W.F., Clough, M.P. y Almazroa, H.** (1998). *The Role And Character of The Nature of Science in Science Education*, pp. 3-39. En W.F. McComas (Eds.): *The Nature Of Science In Science Education. Rationales and Strategies*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

- Mellado, V.** (2003). Cambio didáctico del profesorado de ciencias experimentales y filosofía de la ciencia. *Enseñanza de las Ciencias*, 21 (3), pp. 343-358.
- Mellado, V. y Carracedo, D.** (1993). Contribuciones de la filosofía de la ciencia a la didáctica de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(3), pp. 331-339.
- Millar, R.** (1989). Constructive criticisms. *International Journal of Science Education*, 11, pp. 587-596.
- Millar, R. y Driver, R.** (1987). Beyond Processes. *Studies in Science Education*, 14, pp. 33-62.
- Moreira, M.A.** (1994). Diez años de la revista Enseñanza de las Ciencias: de una ilusión a una realidad. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), pp. 147-153.
- Moreira, M. A.** (2005). Una visión toulminiana respecto a la disciplina investigación básica en educación en ciencias: el rol del foro institucional. *Ciência & Educação*, 11(2), 181-192, <<http://www.fc.unesp.br/pos/revista/pdf/revista11vol2/ar2r11v2>>
- Niaz, M.** (1991). Correlates of formal operational reasoning: a neo-piagetian analysis. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(1), pp. 19-40.
- Novak, J.D.** (1982). *Teoría y práctica de la educación*. Madrid: Alianza Universitaria.
- Oliva, J.M.** (1996). Estudios sobre consistencia de las ideas de los alumnos en Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(1), pp. 87-92.
- Oliva, J.M.** (1999). Algunas reflexiones sobre las concepciones alternativas y el cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), pp. 93-108.
- Osborne, J.F.** (1996). Beyond Constructivism. *Science Education*, 80(1), pp. 53-82.
- Osborne, R.J. y Freyberg, P.** (1985). *Learning in Science. The implications of children's science*. London: Heinemann. (Trad.cast. 1991. El aprendizaje de las Ciencias. Madrid: Narcea).
- Osborne, J., 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, 692-720.
- Pérez Echevarría, M.P., Mateos, M., Pozo, J.I. y Scheuer, N.** (2001).

Título En busca del constructivismo perdido: concepciones implícitas sobre el aprendizaje. *Estudios de Psicología*. 22 (2). pp. 155-173.

Piaget, J. (1977). *Epistemología genética*. Argentina: Solpin. (Ver.orig. 1970. L'epistemologie génétique. París: Presses Universitaires de France).

Piaget, J. (1978). *La equilibración de las estructuras cognitivas, "Problema central del desarrollo"*. Madrid: Siglo XXI.

Piaget, J. (1980). *Biología y Conocimiento*. México: Siglo XXI.

Piaget, J. y García, R. (1973). *Las explicaciones causales*. Barcelona: Barral.

Piaget, J. y García, R. (1982). *Psicogénesis e historia de la ciencia*. Mexico: Siglo XXI.

Pintrich, P.R. (1999). Motivational Beliefs as Resources for and Constraints on Conceptual Change. pp. 33-50. En W. Schnotz, S. Vosniadou y M. Carretero. (eds). *New perspectives on conceptual change*. Londres: Elsevier.

Popper, K.R. (1983). *Conjeturas y refutaciones. El desarrollo del conocimiento científico*. Barcelona: Paidós.

Porlán, R. (1998) Pasado, presente y futuro de la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (1), 175-185

Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W. y Gertzog, W.A. (1982). Accomodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), pp. 211-227.

Pozo, J.I. (1989). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Madrid: Morata.

Pozo, J.I. (1993). Psicología y Didáctica de las Ciencias de la Naturaleza ¿concepciones alternativas?. *Infancia y aprendizaje*, 62, pp. 187-204.

Pozo, J.I. (1999). Más allá del cambio conceptual: el aprendizaje de la ciencia como cambio representacional. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(3), pp.513-521.

Pozo, J.I. (2003) *Adquisición de conocimiento*. Madrid: Morata.

Pozo, J.I. y Gómez-Crespo, M.A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Morata.

Pozo, J.I. y Scheuer, N. (1999). *Las concepciones sobre el aprendizaje como teorías implícitas*, pp. 87-108. En J.I. Pozo y C. Monereo. El aprendizaje estratégico. Madrid: Aula XXI/Santillana.

Reif, F. y Larkin, J.H. (1991). Cognition in scientific and everyday

- domains: Comparison and learning implications. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 733-760.
- Rodrigo, M.J., Rodríguez, A. y Marrero, J.** (1993). Las teorías implícitas. Una aproximación al conocimiento cotidiano. Madrid: Visor.
- Rodrigo, M.J. y Correa, N.** (1999). *Teorías implícitas, modelos mentales y cambio educativo*, pp. 75-86. En J.I. Pozo y C. Monereo. El aprendizaje estratégico. Madrid: Aula XXI/Santillana.
- Rumelhart, D.E. y Ortony, A.** (1982). The representation of knowledge in memory. *Infancia y aprendizaje*, 20, pp. 115-158.
- Sanmartí, N. y Azcárate, C.** (1997). Reflexiones en torno a la línea editorial de la revista Enseñanza de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(1), pp. 3-9.
- Sebastia, J.M.** (1989). El constructivismo: un marco teórico problemático. *Enseñanza de las Ciencias*, 7(2), pp. 158-161.
- Shayer, M. y Adey, P.S.** (1984). *La ciencia de enseñar Ciencia, "Desarrollo cognoscitivo y exigencias del curriculum"*. Madrid: Narcea.
- Solomon, J.** (1994). The rise and fall of constructivism. *Studies in Science Education*, 23, pp. 1-19.
- Soto, C.** (2003). *Un análisis de la producción científica sobre cambio conceptual en la educación científica desde las perspectivas de Kuhn y Lakatos*. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia.
- Soto, C., Otero, J. y Sanjosé, V.** (2005). A review of conceptual change research in science education. *Journal of Science Education*. 6 (1), p 5-8.
- Staver, J.R.** (1995). Scientific research and oncoming vehicles: can radical constructivists embrace one and dodge the other?. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(10), pp. 1125-1128.
- Stavy, R.** (1990). Pupils' problems in understanding conservation of matter. *Internacional Journal of Science Education*, 12(3), pp. 501-512.
- Suchting, W.A.** (1992). Constructivism deconstructed. *Science & Education*, 1, pp.223-254.
- Tamir, P.** (1996). Science education research viewed through citation indices of major reviews. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(7), pp. 687-691.
- Thagard, P.R.** (1992). *Conceptual revolutions*. Princeton, N.J.: Princeton University Press.

- Toulmin, S.** (1972). *Human understanding Vol I. The collective usage and evolution of concepts*. Princeton: Princeton University Press. (Trad.cast. 1977. La comprensión humana, I. El uso colectivo y la evolución de los conceptos. Madrid: Alianza Universitaria).
- Tsai, C.C.:** 2002, Nested Epistemologies: Science Teachers' Beliefs of Teaching, Learning and Science. *International Journal of Science Education*, 24, 771-783.
- Tsai, C. y Wen, M.L.** (2005). Research and trends in science education from 1998 to 2002: a content analysis of publication in selected journals. *Int. J. Sci. Educ.*, 27 (1), 3-14.
- 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*, edición electrónica De los Lectores, <http://www.campus-oei.org/revista/deloslectores/702Vazquez.PDF>.
- von Glasersfeld, E.** (1991). Constructivism in Education. En Lewy, A. *The International Encyclopedia of Curriculum*. Pergamon Press. Oxford.
- Vosniadou, S.** (1999). Conceptual change research: state of the art future directions. pp. 3-14. En W. Schnotz, S. Vosniadou y M. Carretero. (eds). *New perspectives on conceptual change*. Londres: Elsevier.
- Vosniadou, S. y Brewer, W.F.** (1994). Mental Models of the Day/Night Cycle. *Cognitive Science*, 18, pp. 123-183.
- Vosniadou, S. y Ioannides, C.** (1998). From conceptual development to science education: a psychological point of view. *International Journal of Science Education*, 20(10), 1213-1230.
- Vuyk, R.** (1985). *Panorámica y crítica de la epistemología genética de Piaget 1965-1980*. Madrid: Alianza Universitaria.

PARTE 2

MODELO INTEGRADO BASADO EN UN SISTEMA DE PARES DICOTÓMICOS

En la primera parte se ha realizado una revisión del ámbito donde se ha podido detectar, definir y precisar algunos problemas asociados con el núcleo teórico de la DC, en esta segunda se intenta dar soluciones a las debilidades teóricas encontradas.

Se trataría en esta segunda parte de completar un andamiaje conceptual a partir de las partes de DC que gozan de consenso. Como se ha visto en la primera parte, existen algunos núcleos teóricos sobre los que existen convergencias y consensos, centrados principalmente alrededor de determinadas posiciones teóricas sobre el conocimiento de ciencias. No ocurre igual para el otro conocimiento básico implicado en la enseñanza de las ciencias: el del aprendiz. En este caso existe una notable dispersión siendo usual el uso de modelos implícitos donde no es difícil detectar creencias que constriñen, entre otras razones, el progreso del ámbito y que están detrás de muchas de las debilidades teóricas encontradas en la primera parte.

Así pues, mientras centramos la atención sobre los consensos más relevantes de la visión de ciencias, para la visión del conocimiento del aprendiz habrá que buscar en otros ámbitos cercanos consensos coherentes con los de ciencias. Se pretende en definitiva crear un sistema de afirmaciones, sobre la visión de ciencias y del alumno, que sean coherentes entre sí.

1.6. La relevancia del criterio epistemológico en DC

No cabe duda, en Didáctica de las Ciencias (DC) se siente especial predilección por la historia y filosofía de las ciencias (HFC). Se han llegado a precisar hasta 6 modos distintos de establecer relaciones entre la HFC y la DC (Adúriz-Bravo, 2001), si bien la relación más usada de la primera ha sido la fundamentar las propuestas didácticas de la segunda, valorar modelos o establecer analogías (Marín, Solano y Jiménez Gómez, 1999). Sobre todo, la HFC mantiene una relación deductiva con la DC, asumiendo que la primera aporta argumentos de calidad interpretativa y explicativa para la segunda. Veamos algunos ejemplos:

- Desde que Driver (1983), inspirada en la analogía *"el hombre de la calle como científico"* de Kelly (1955), propusiera su propia analogía específica para la enseñanza de las ciencias, a saber, *"el alumno como científico"* (AcC), el ámbito de DC está impregnado de esta analogía cuya asunción principal es que existe un *"paralelismo entre la construcción de conocimiento científico nuevo -producción científica- y la reconstrucción de los estudiantes, en cuanto a que en ambas se utilizan modelos subjetivos para interpretar la realidad"* (Jiménez-Aleixander, 2000). De tanto usarla, la analogía AcC se ha dispersado en una diversidad de versiones que van desde las que acentúan la comprensión conceptual del aprendiz a las que resaltan las interacciones didácticas que conducen al aprendizaje, desde las que se centran en *"el alumno trabajando como un científico"* a las versiones donde la analogía se establece entre la comunidad de estudiantes y la comunidad científica (Yang, 1999). En todos los casos, la analogía AcC asume que existen similitudes suficientes entre el conocimiento de ciencias y el del alumno como para legalizar transposiciones del entorno científico al de clase de ciencias (Marín, 2003a).
- Los productos didácticos de mayor éxito en DC se han deducido de la HFC siguiendo la analogía AcC. Así el McC se basa en que los cambios producidos en el progreso de ciencias son supuestamente análogos a los que se producen en el aprendiz de ciencias (Posner y otros, 1982). El McA ha llegado a mantener que el papel que jugaron las concepciones de los científicos en las diversas etapas históricas es similar al que juegan las ideas previas del alumno para interpretar su medio y, en muchos casos, las concepciones son semejantes (Saltier y Viennot, 1985; Driver, Guesne y Tiberghien, 1989). El Mepi sugiere que las mejores condiciones de aprendizaje son las creadas en clase de ciencias simulando la actividad social e individual de los científicos (Gil-Pérez, Guisáosla, Moreno, Cachapuz, Pessoa de Carvalho, Martínez Torregrosa y otros, 2002).
- Es habitual en el ámbito de DC realizar valoraciones críticas de una determinada propuesta didáctica argumentando que se apoya en una

visión epistemológica poco adecuada de la construcción del conocimiento de ciencias. Subyace en esto que las propuestas que se apoyan en epistemologías de ciencias más adecuadas son más rentables para las clases de ciencias. Por ejemplo, se crítica al “modelo tradicional para enseñar ciencias” aludiendo a que se fundamenta en una epistemología equivocada o poco adecuada (por ejemplo, Mellado y Carracedo, 1993; Gil, Carrascosa, Dumas Carré, Furio, Gallego, Gené y otros, 1999). Sobre el McC se argumenta sobre sus deficiencias y limitaciones porque no se apoya en una epistemología adecuada (Weil-Barais y Lemeignan 1991; Duschl y Gitomer 1991). Se critica al McA afirmando que en el fondo mantienen una visión empirista de la ciencia cuando una epistemología objetivista sería más adecuada (Matthews, 1994). Se argumenta que las prácticas escolares deberían apoyarse en una epistemología que considere la racionalidad moderada que se da en la construcción del conocimiento de ciencias (Izquierdo, Sanmartí y Espinet, 1999) o que sería conveniente fundamentar la enseñanza de las ciencias en una determinada propuesta epistemológica por presentar algunas mejoras frente a las demás (Colombo de Cudmani, 1999). Incluso, se ha llegado a usar criterios de la epistemología de la ciencia para devaluar una teoría psicológica en detrimento de otra (Gil, 1993).

- La DC se esfuerza en precisar las visiones deformadas o poco adecuadas del conocimiento de ciencias (Fernández, Gil, Carrascosa, Cachapuz y Praia, 2002). El fin último sería evitar el uso de modelos de enseñanza que puedan propagar estas visiones en el alumnado. Recientemente, paralelo a este esfuerzo se da otro para delimitar las visiones de ciencias adecuadas sobre las que se dan importantes consensos (Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar y Duschl, 2003; Vázquez, Acevedo y Manassero, 2004) tal es la importancia de la epistemología, la historia y la filosofía de la ciencia en el ámbito.

- En la línea de la formación de profesores de ciencias es muy recurrente argumentar sobre la importancia de realizar en el docente un cambio epistemológico para mejorar la formación y actuación docente (por ejemplo, Hodson, 1985; Koulaidis y Ogborn, 1989; Matthews, 1994; Gilbert, 1994; Gil, 1996; Mellado, 2003; Colombo de Cudmani y Salinas de Sandoval, 2004). Sin embargo, existe una corriente crítica que relativiza la importancia de la epistemología de las ciencias en la formación de futuros docentes pues parece existir otros factores también determinantes (Mellado, Ruiz y Blanco, 1997; Tsai, 2002; Acevedo, Vázquez, Martín, Oliva, Acevedo, Paixão, Manassero, 2005).

En definitiva, el uso de la HFC para fundamentar y tomar decisiones en las diferentes líneas de trabajo de la DC está bastante generalizado.

Lamentablemente, este interés de los expertos de DC por la HFC inhibe o palidece el necesario apoyo en otros ámbitos que podrían hacer importantes aportaciones (por ejemplo, Benarroch, 1998; Vosniadou, 1999; Marín, 2003a,b; Marín, Jiménez Gómez y Benarroch, 2004). En este sentido, la revisión realizada en la primera parte pone en evidencia sus debilidades teóricas. Por un lado, el compromiso con la HFC es con frecuencia superficial y, por otro, por sí sola la HFC no puede responder a la totalidad de problemas propios del ámbito de DC. Estas debilidades conllevan una deficiente progresión de la DC.

En la enseñanza de las ciencias, como en cualquier otra, siempre hay *"algo a enseñar"* a *"alguien que lo ha de aprender"*. De estos dos polos de la docencia siempre se ha descuidado el segundo en la DC. En efecto, fruto de la incesante e intensa actividad en el uso de la HFC y de haberse mantenido un rico debate sobre la naturaleza del conocimiento de ciencias (Vázquez, Acevedo, Manassero y Acevedo, 2001), en la actualidad se posee una visión bastante consensuada, desarrollada y completa sobre la construcción de éste conocimiento (Fernández, Gil, Carrascosa, Cachapuz y Praia, 2002; Vázquez, Acevedo y Manassero, 2004). Pero esta atención por la HFC, vinculada al polo *"algo a enseñar"*, no ha ido pareja con el desarrollo de todo lo que rodea al otro polo *"alguien que lo ha de aprender"*. Como una consecuencia del desigual tratamiento, la visión epistemológica bien desarrollada y consensuada de la naturaleza del conocimiento de ciencias contrasta con la visión pobre y sesgada que se maneja de la cognición del alumno (Marín, 2003b).

En general, es normal que se alcancen posiciones epistemológicas desarrolladas en aquellos asuntos que son objeto de continuo y intenso debate y se mantengan posiciones más intuitivas o cercanas al sentido común en cuestiones que han sido menos estudiadas. Eso es lo que ha ocurrido en la literatura del ámbito de DC. Los trabajos que abordan problemas teóricos sobre la enseñanza de las ciencias tratan en profusión el asunto de la naturaleza del conocimiento de ciencias y dejan pocos párrafos, o ninguno, para hablar del aprendiz. Es cierto que se han realizado muchos trabajos sobre concepciones de éste, pero la cantidad no ha ido paralela a la calidad (ver análisis en §1.3.2). Los resultados obtenidos son un tanto ilusorios en tanto que la información tomada está sesgada y excesivamente ligada a lo académico. Parte del conocimiento cotidiano, espontáneo, implícito y procedimental del alumno ha sido descuidado, se ha obviado o a parecido no existir (Marín, Jiménez-Gómez y Benarroch, 2001; Jiménez Gómez, Benarroch y Marín, 2006).

Ante el discurso polarizado sobre qué posiciones epistemológicas son más o menos adecuadas para describir el conocimiento de ciencias, se podrían

establecer otros frentes dialécticos que podrían ser igualmente fructíferos. Por ejemplo, el discurso que analiza las diferencias entre los conocimientos de ciencias y del alumno es poco frecuente en la literatura del ámbito, pero establecida en profundidad, se muestra como herramienta eficaz para evaluar propuestas didácticas, establecer limitaciones o proponer otras nuevas (ver por ejemplo Pozo y Gómez Crespo, 1998; Vosniadou, 1999; Marín, 2003a,b).

El objetivo de esta segunda parte es dar una respuesta a varias cuestiones problemáticas planteadas en la primera parte que están relacionadas con las carencias teóricas de DC y con cierta actitud negativa para la falsación. Por otro lado, como se acaba de ver, la debilidad teórica está vinculada con el uso de un frente dialéctico de discurso excesivamente polarizado en la HFC. Para este fin se propone un **modelo o sistema cognitivo** con una estructura y un contenido que admitan buenas posibilidades para ser falsado interpersonalmente. Este modelo se construye con la pretensión de desplazar el centro de gravedad de la DC, actualmente centrado en la HFC, a fin de que consideraciones epistemológicas y psicológicas centradas en el aprendiz tomen más peso en la toma de decisiones didácticas, para así dispensar la misma atención a los dos polos básicos de la enseñanza de las ciencias: "algo a enseñar" y "alguien que lo ha de aprender".

El plan de trabajo para construir un modelo o sistema cognitivo para la DC será el siguiente:

1. Realizar una revisión de acuerdos actuales sobre las posiciones más acertadas para describir la construcción del conocimiento de ciencias, así como de las menos acertadas o erróneas. A partir de ahí, se construirá un sistema de afirmaciones, organizadas por pares, sobre las visiones más y menos adecuadas sobre la visión y naturaleza de las ciencias.
2. Extraer del sistema de afirmaciones sobre el conocimiento de ciencias los compromisos epistemológicos que contiene. En este proceso de abstracción se trata de realizar una nueva estructuración enfrentando pares de afirmaciones epistemológicas pero formuladas a un nivel más general pues se refieren a cualquier tipo de conocimiento y, en particular, tanto al de ciencias como del aprendiz.
3. Finalmente, usando el sistema de compromisos epistemológicos como marco de referencia, se establecerá un nuevo sistema de pares de visiones más y menos adecuadas para el conocimiento del alumno. Este subsistema debe procurar un buen grado de coherencia con los consensos sobre el tema establecidos en el ámbito de la psicología que, a su vez, son coherentes con el marco epistemológico.

Obsérvese que el paso 1 se da en el plano de la epistemología de las ciencias, el 2 en el plano de la filosofía del conocimiento (en general) y el 3 en el plano de la construcción del conocimiento individual. Se pretende coherencia en cada plano al enfrentar argumentos más y menos adecuados y coherencia transversal a los planos al pretender afirmaciones más y menos adecuadas para el conocimiento de ciencias y del alumno.

En definitiva, el sistema cognitivo así construido, con los argumentos y posiciones más consensuados que se usan para entender el conocimiento de ciencias y del alumno pretende cubrir las deficiencias vistas cuando el único referente es la HFC en su papel para fundamentar cualquier decisión, propuesta o evaluación de DC.

1.7. Aclaraciones epistemológicas

Antes de entrar en la formulación del sistema cognitivo para la DC, será conveniente realizar algunas aclaraciones sobre los términos que con más frecuencia van a ser usados y, con esto, fijar la posición epistemológica y teórica que aquí se adopta como referente.

1.7.1. Zona de interacción del sujeto

La *zona de interacción del sujeto* (ZiS) es un constructo que se utilizará para estudiar con mayor objetividad la interacción entre el sistema cognitivo del sujeto y su medio desde una perspectiva coherente con el constructivismo. ZiS intenta adoptar una perspectiva "a vista de pájaro" alejándose de puntos de vista que se centran en el sujeto o en el medio.

En general, la *zona de interacción* (Zi) es un constructo interdisciplinar que sirve para abordar estudios de interacción entre la materia inerte (física y geología), entre animales y medio (biología), para estudiar las construcciones cognitivas y afectivas (psicología), para analizar el conocimiento de ciencia (epistemología de las ciencias) etc. En la interacción puede haber intercambio material, energético, informativo y de objetos cognitivos. Por su vocación de abarcar una totalidad, la Zi puede parecer una propuesta pretenciosa pero habría que considerar que sólo es un cambio de punto de vista ya que los recursos específicos de un determinado fenómeno los pone el ámbito apropiado.

Por la semejanza de términos, podría parecer que ZiS tiene alguna relación con la zona de desarrollo próximo (ZdP) de Vygotsky, sin embargo, son formulaciones que se realizan a diferente nivel. ZiS se refiere a cualquier tipo de interacción. ZdP se circunscribe a las interacciones del aprendiz en entornos sociales y del niño en el entorno de

adultos y contiene algunos recursos psicológicos y sociológicos para el estudio de ese tipo de interacción. ZiS sólo es una propuesta para cambiar la perspectiva, por ejemplo, para hacer una evaluación epistemológica.

La aplicación de la ZiS a los fenómenos cognitivos se hará dentro del marco del constructivismo y, para desmarcarlo de las versiones mecanicistas usadas por el cognitivismo, tomaremos una versión organicista (Delval, 1997; Marín, 2003b; Pozo, 2003) que, brevemente, se puede caracterizar con las siguientes afirmaciones:

- El progreso cognitivo surge de la interacción entre las estructuras cognitivas previas (de ciencias o del sujeto) con el medio externo a ellas. Con ello se adopta una posición intermedia. Ni los datos que aporta el medio, ni los recursos cognitivos del sujeto son predominantes en el desarrollo cognitivo.
- Es conveniente distinguir entre realidad externa y la construida. El sujeto interactúa con la primera pero los datos que le llegan del medio, al no ser de naturaleza cognitiva, requieren de asignación de significados para ser entendidos o asimilados. La realidad construida está ubicada en el interior del sujeto que la construye, cambia con el progreso cognitivo y matiza fuertemente el modo con que el sujeto interactúa con la realidad externa.
- La sensación *realista* de que el conocimiento representa o se corresponde con la realidad es menos adecuada que interpretarla como fruto de una mayor adaptación dado que conocimiento y realidad son entidades que no admiten correspondencia por ser de diferente naturaleza y, por tanto, imposible comparar. El realismo confunde el territorio con el mapa que lo representa (Claxton, 1987).

Una vez delimitado brevemente el marco del constructivismo orgánico (para mayor detalle ver Delval, 1997; Marín, 2005), lo que habría que precisar en primer lugar es que el lugar de análisis donde se quiera situar la ZiS depende del contexto cognitivo de quien analiza. Esta posición relativista es inherente a todo análisis y es imposible evitarla.

En este marco del constructivismo orgánico se va a desarrollar algunos aspectos relacionados con la ZiS como son: los objetos de intercambio, el contexto externo y causas internas de la interacción, la clasificación de los objetos cognitivos según su proximidad a ZiS, la intensa relación de los sistemas cognitivo y afectivo vista desde ZiS y la defensa desde ZiS de la actitud y ética empirista.

1.7.1.1. Los objetos de intercambio en la interacción

Para analizar qué es lo que se intercambia, centramos la atención en la naturaleza de lo que pasa entre sistemas que interactúan. En general, pueden existir intercambios de materia, de energía, de información, etc. (Pozo, 2003). El análisis de qué es lo que se intercambia plantea cierta confusión cuando caemos en la cuenta de que la materia es energía, que la transmisión de información supone también la de energía o que existe cierta dualidad en la naturaleza para ser descrita como energía o como corpúsculo. Por otro lado, sabemos que precisar el lugar de análisis donde situar ZiS, así como la naturaleza de las entidades que intercambian, depende del contexto cognitivo de quién analiza. Aún así, es importante afrontar este nivel de análisis. Por ejemplo, en un frigorífico el intercambio significativo es la energía térmica, en un partido de tenis es material, en los intercambios del litoral será importante considerar los materiales pero también los de energía.

En los intercambios cognitivos para la *construcción de conocimiento del sujeto*, situaremos una ZiS entre sujeto y medio para el análisis del desarrollo del conocimiento individual (ZiS1). Para analizar las entidades que se intercambian en ZiS1, la literatura reconoce dos tipos de interacciones a partir de las cuales el sujeto construye (Claxton, 1987; Rodrigo, Rodríguez y Marrero, 1993; Marín, 1997):

- *Interacciones físicas o experiencias directas*, que serían las que el sujeto lleva a cabo con los objetos materiales y personas que le rodean, como puede ser sujetar, transportar, cortar, transformar, construir, etc. Son vivencias y acciones del sujeto en el medio donde poco a poco la carne se hace mente (Piaget, 1977a; Pozo, 2003). En este caso, los intercambios son de energía e información no verbal. Existe un tipo importante de interacciones denominadas *vicarias o por observación*, en las que el sujeto adquiere una valiosa información a través de la observación de las conductas de los demás, modelando la suya propia (Rivière, 1990). Obsérvese que estas interacciones son interacciones físicas donde el sujeto es aleccionado por el resultado de la acción de los demás.
- *Interacciones por significantes o experiencias simbólicas*, donde el sujeto se apropia de buena parte del extenso bagaje cultural a través de significantes verbales, simbólicos, gráficos, etc. En este caso el sujeto puede convertir en conocimiento la información que le llega del medio.

La integración de datos provenientes de cada tipo de interacción conlleva una mecánica de aprendizaje específica (Claxton, 1987).

Para la *construcción del conocimiento de ciencias*, el análisis es más complejo pues existen varias fases constructivas con entidad propia y

cada cual requeriría una ZiS para ser analizada. Del discurso que se sigue del conocimiento de ciencias a través de cuatro ZiS, se puede ver las fases constructivas son individuales y las colectivas, las más racionales y las que intervienen otros factores no tan racionales. Veámoslo:

- **Fase de formación del científico.** Se puede analizar con la ZiS1 descrita para la construcción del conocimiento individual. La formación del científico se lleva a cabo a través de una *interacción por significantes* en la que el conocimiento compartido de ciencias llega a modo de información al científico y lo interioriza e *interacción física o vivencial* que usualmente se desarrolla con la observación y experimentación científica.
- **Fase de publicación.** En esta fase el investigador realiza una reconstrucción racional de su trabajo de modo que entre el problema de partida y los resultados a los que se ha llegado desaparece el camino tortuoso que realmente se anduvo (tanteos, ensayos y error, vueltas atrás, errores de medición, etc.) dando paso a un camino más lineal y racional donde se reconoce una secuencia de procedimientos "científicamente correctos". Este proceso de reconstrucción racional es necesario para la aportación individual sea considerada por los demás compañeros de comunidad. Del "cómo es" se pasa al "cómo debe ser". La ZiS2 debe situarse entre el pensamiento privado y público del autor. Mientras el primero está fuertemente vinculado a valores e intereses personales, creencias supersticiosas, cotidianas y metafísicas, a los sentimientos, el segundo está comprometido con valores sociales y de ciencias, aceptación y reconocimiento en la comunidad, proyección profesional, etc. Aunque el fenómeno de transcripción de lo privado a lo público pueda interesar a otro nivel, lo que importa para la construcción social de la ciencia es la cara pública del científico. La presencia de la ZiS2 inserta algunos valores menos racionales o no epistémicos de cierta relevancia (Echeverría, 2002).
- **Fase de socialización de las aportaciones individuales.** Para el análisis de esta fase se debe insertar una ZiS3 entre el conocimiento individual y el profesado por la comunidad para entender cómo la información de las aportaciones de los científicos experimentan su difusión y regulación en la comunidad, haciéndose conocimiento socialmente compartido. No hay que olvidar que el contexto donde se produce el conocimiento, el sistema de intereses externos, públicos y privados, propios del sector de la realidad material donde la ciencia tiene sus compromisos, también matiza en mayor o menor grado la difusión y regulación de la producción (Marín, 2003a).

A considerar también *la fase de justificación*, si bien al actuar a posteriori, su influencia sobre el proceso constructivo de las ciencias se reduce. La

filosofía de la ciencia aporta un lenguaje, unas reglas metodológicas y unos criterios de evaluación que pueden participar en mayor o menor grado en la formación del científico y en los resultados de la actividad científica. Los productos de la fase de justificación participan más en la ZiS2 y ZiS3 que en la ZiS1 puesto que los criterios racionales actúan más eficazmente en la fase social que en la individual.

- **Fase de justificación.** Esta fase requiere una ZiS4 colocada entre el objeto de estudio de esta fase, la información referente a la historia de la actividad científica con sus descubrimientos, experiencias frustradas, motivaciones, intereses, valores, fines, cambios de teorías, etc., y el metaconocimiento que supone la reconstrucción racional que pretende explicar esa historia, realizar valoraciones epistemológicas, proponer criterios de progreso, etc., en definitiva, hacer filosofía de la ciencia (Echeverría, 1995).

Este análisis de la construcción del conocimiento de ciencias con cuatro ZiS permite analizar de un modo más eficaz cuáles son las semejanzas y diferencias entre el conocimiento del sujeto y de ciencias (Marín, 2003a)

1.7.1.2. Contexto externo y causas internas de la interacción

En el análisis ZiS es importante conocer el escenario, condiciones y factores externos en el que se da la interacción. No es lo mismo una interacción buscada intencionadamente, llegar a ella forzado por condiciones externas o intentar evitarla si se encuentra en el camino. En las interacciones cognitivas importa tanto el contexto externo como las intenciones o pretensiones del sujeto que llevan a la interacción.

En un análisis del contexto externo y causas internas a la ZiS, habría que diferenciar, el conocimiento del sujeto del construido socialmente.

En el caso del **conocimiento del sujeto**, existen diversos escenarios, familiar, de amistades, escolar, cotidiano, etc., que promueven y modulan tipos de interacción en el que median metas, normas, intereses y valores específicos (Marín, 2005). En cuanto a las causas internas, existe una tendencia natural para activar sus esquemas de conocimiento (Piaget, 1978; Pascual-Leone, 1983) a la que hay que añadir la intencionalidad que aparece con las primeras vinculaciones sentimentales del niño pequeño que intensifica o deprime la tendencia inicial. Esta relación simple y lineal que tienen los sentimientos para modular la actividad cognitiva en un primer momento se hace poco a poco más compleja en la medida que se amplía el espectro sentimental (Castilla del Pino, 2000). Veamos una muestra de la compleja relación entre el sistema cognitivo y afectivo:

- La disposición que toma la ZiS entre sujeto y objetos está fuertemente determinada por el vínculo afectivo del primero respecto a los segundos. De este modo, la realidad construida por cada sujeto es muy dependiente de su particular vínculo sentimental con los objetos. Los fenómenos de selección e inhibición perceptiva se explican por las preferencias afectivas del sujeto (Castilla del Pino, 2000). La actividad asimiladora de los esquemas cognitivos está muy determinada por deseos, impulsos, afectos, necesidades e intereses. Los objetos sobre los que existe un vínculo sentimental más débil se terminan conociendo menos. Pascual-Leone (1983) introduce varios operadores para explicar los desfases piagetianos. Estos operadores matizan la actividad asimiladora de los esquemas cognitivos como es el caso del *operador A* y del *operador I* que permite inhibir determinados esquemas del campo de activación que son irrelevantes para la ejecución de un plan. Observar que la presencia de esquemas afectivos no requiere postular nuevos constructos como los propuestos por Pascual-Leone.
- La asignación de significado, en general, es una vivencia orgánica donde interviene el sistema cognitivo, afectivo y el biológico (Marina, 1998; Pozo, 1999; Castilla del Pino, 2000). A la vez, los esquemas afectivos y cognitivos que asignan significados se encuentran en distintos formatos (implícitos, explícitos) y presentan distintas posibilidades para hacerse más o menos explícitos (Piaget, 1976; Karmiloff-Smith, 1994).
- El continuo desfase entre conocimiento y realidad conlleva en la ZiS a conflictos cognitivos, anomalías, etc. Estos desequilibrios suelen ser causa de nuevos aprendizajes, pero ¿qué puede hacer retener al sujeto algo que resulta molesto? Aludir a la capacidad autorreguladora del conocimiento del sujeto (Piaget, 1978) es una respuesta menos convincente que aludir al afecto, interés o necesidad del sujeto por conocer el objeto que ha provocado el desequilibrio. Si la actividad asimiladora de un esquema cognitivo lleva al sujeto a dudas o insatisfacción, sólo su deseo o interés por conocer va a ser lo que le lleve a insistir. Esta interpretación se entenderá mejor si se piensa en lo que lleva al sujeto a resolver un problema cotidiano, aprobar una materia tediosa, mantener una afición o resolver un problema profesional.
- El modo de gestionar la evidencia, de buscarla o evitarla intencionadamente, de buscar pruebas, de reaccionar ante una crítica o una falsación no es un asunto puramente cognitivo sino que interviene decididamente el sistema afectivo. Berzonsky (1992, citado por Botella, 2002) aplicando las ideas de Lakatos (1974) y Kelly (1955) al sujeto señala que las teorías personales son combinaciones cognitivo-afectivas que contienen un núcleo duro irrefutable que incluye valores y premisas

sobre la realidad, la vida y el conocimiento y un cinturón protector de proposiciones hipotéticas dirige la experimentación personal para incrementar la capacidad predictiva del sistema y su coherencia interna sin poner en peligro sus construcciones nucleares. De este modo, existen sujetos con *perspectiva constructivista* (self maduro) que afrontan la ZiS de forma activa: buscan información relevante, son reflexivas y abiertas a la evidencia contraria. Otros sujetos que mantienen *teorías dogmáticas* (self rígido), buscan la conformidad evitando si es necesario el ZiS. También existen los que tienen teorías *ad hoc* (self fragmentado), estos suelen reaccionar continuamente ante las demandas situacionales, manipulan los datos que le aporta la ZiS o llegan incluso a evitarla.

- Las expectativas generan sentimientos que modulan la actividad cognitiva (Marina y López Penas, 1999). Un ejemplo usando el esquema de la orientación: en determinados momentos provoca desasosiego la sensación de desorientación. Lo anterior ocurre cuando la percepción del sitio no puede ser asimilada (interpretada) por el esquema de la orientación. La interacción entre este esquema y la percepción de sitios particulares permite ir aliviando la sensación de pérdida si alimenta cierta certeza sobre la buena dirección, lo que a su vez da confianza y tranquilidad. La sensación de pérdida lleva al interés por conocer mejor el lugar y, si esto es posible, a la sensación de tranquilidad. Puede ocurrir que el esfuerzo cognitivo de intentar recordar el camino que se resiste en aparecer provoque un sentimiento de abatimiento.

En definitiva, los sentimientos mediatizan la actividad cognitiva (mediatizan la interacción, regulan la confrontación entre previsión y percepción de resultados, etc), y ésta a su vez, genera sentimientos (sorpresa, curiosidad, perplejidad, desorientación, miedo, satisfacción, euforia, duda, levedad "sensación de la actividad cognitiva de encontrar lo buscado", etc.).

En el caso del **conocimiento de ciencias**, es importante dejar explícito el escenario de donde surge, pues los fines, valores y modos de trabajar científicos están mediatizados por el esfuerzo en producir un conocimiento válido, fiable y eficaz, principalmente para su uso pragmático en el ámbito de producción de bienes materiales (Vázquez, Acevedo, Manassero y Acevedo, 2001) que es donde la ciencia mantiene su mayor compromiso (Chalmers, 1984). Además, las fuertes y complejas relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad (Fernández, Gil, Carrascosa, Cachapuz y Praia, 2002) también lo vinculan a intereses sociales, hasta el punto que determinan un buen número de direcciones de investigación (problemas medioambientales, desarrollo tecnológico, producción y control de bienes, etc). La ZiS1 está situada en este contexto de gran tensión dialéctica y se

exigen resultados válidos. También en el científico interactúa lo afectivo con lo cognitivo pero existen dos mecanismos que dan mayor racionalidad a la producción individual: el proceso para realizar la versión publicable de su trabajo (ZiS2) y las regulaciones de la comunidad (ZiS3).

1.7.1.3. Clasificación de los objetos cognitivos según su proximidad a ZiS

Lo que da al constructo ZiS su mayor capacidad explicativa es que la naturaleza de una determinada construcción cognitiva depende de su distancia a ZiS. Hay conocimientos específicos que se construyen cerca de ZiS como el que le aporta pericia al zapatero, agricultor o carpintero, mientras otros, como el filosófico y el matemático, contienen construcciones lejanas a ZiS. Cualitativamente hablando, el científico se encuentra a medio camino entre el técnico y el filósofo. Como éste, realiza construcciones cognitivas lejos de ZiS pero se acerca una y otra vez para hacer sus constataciones empíricas.

Las diferencias entre el filósofo y el matemático estriban en el tipo de objetos cognitivos con los que operan, los primeros se pueden asimilar a conceptos abstractos con una extensión muy amplia (p.e. conocimiento, valores, ética, etc), mientras los segundos, pueden tener o no referentes externos pero la coordinación entre su comprensión y extensión es exacta por definición. Como otros muchos objetos, los matemáticos pertenecen a la realidad construida por el sujeto, unos son inducidos por abstracción empírica de algún referente externo mientras otros son deducidos del entramado teórico matemático y pueden o no tener referentes externos. En ambos casos, en filosofía y matemática, la validación de las construcciones cognitivas no requiere hacerse cerca de ZiS, es suficiente con presentar coherencia interna con reglas propias del ámbito.

El sujeto por interacciones físicas construye un conocimiento procedimental implícito y, por interacciones simbólicas, un conocimiento declarativo que si en un primer momento toma sus significados del procedimental, poco a poco irá adquiriendo nuevos significados de su relación con otros contenidos declarativos (Pozo, 2003). Ambas estructuras sufren procesos de abstracción que se alejan de ZiS. Los primeros generan estructuras operatorias (Piaget, 1977b) y habilidades maestras (Kamirloff-Smiff, 1994) y los segundos, construcciones teóricas más abstractas (Carey, 1991). Los esquemas de conocimiento que se generan por abstracción empírica desde los datos de la zona de interacción son más dependientes del contenido de la interacción mientras que los productos cognitivos de segunda fila son más independientes (Marín, 1994).

El constructo ZiS admite realizar un mapa gráfico de las construcciones cognitivas altamente intuitivo y con buena capacidad explicativa (Marín, 2005). Con el fin de simbolizar adecuadamente las diferencias entre lo lógico y lo psicológico es importante representar gráficamente las fronteras con una banda difusa en lugar de hacerlo con líneas. Habría tres bandas sucesivas desde ZiS hacia regiones más abstractas:

- **La zona de interacción del sujeto (ZiS).** Es la zona donde el sujeto interactúa con su entorno exterior, siendo su piel, parte que toca con lo que hay afuera, el límite de la ZiS. Ahora bien, coherentes con la posición constructivista de ZiS, hay que remarcar que los llamados "datos empíricos" no son datos provenientes del exterior del sujeto que el sujeto filtra en mayor o menor medida. Admitirlo así, podría asimilarse a posiciones epistemológicas que admiten cierta correspondencia entre lo que hay fuera y dentro del sujeto. Se afirma con decisión que los datos empíricos son productos cognitivos del sujeto una vez que ha asignado significado con sus esquemas a la percepción proveniente de sus interacciones físicas o simbólicas.

¿En qué se diferencian las construcciones cerca de ZiS de las más lejanas? Los elementos cognitivos de la ZiS suponen el conocimiento más cercano y fiable del exterior pero dado que cualquier información externa, para ser "reconocida" por el sujeto, requiere la asignación de un significado, puede que termine experimentando sesgos de mayor o menor intensidad, incluso convertirse en un elemento cognitivo contradictorio. Piénsese en el significado que a veces se le ha llegado asignar a la contracción térmica de la viga del techo. Según este punto de vista, el contraste de una teoría científica con los datos empíricos resultará ser más adecuado considerarlo como intentos de hacer coherentes partes cognitivas más cercanas de ZiS con las más lejanas.

- **Objetos de la zona próxima a ZiS.** En ésta se encuentran los esquemas específicos dependientes del contenido de la interacción (Marín, 1994). Se construyen por abstracción empírica desde los elementos de la ZiD (Piaget, 1978). En general, un esquema cognitivo sirve por un lado, para asimilar información del medio que le es familiar y de la cuál se nutre por un proceso de acomodación y, por otro, para dar significados, prever, transformar, valorar, tomar decisiones, clasificar y actuar (Piaget, 1978; Pascual-Leone, 1983). Tanto por interacción física como simbólica se construyen esquemas pero son diferentes. No es lo mismo lo que se construye por experiencia que por símbolos, usualmente verbales (Claxton, 1987). Unos llevan a esquemas de acción que con tanto detalle estudió Piaget y los otros permiten construir esquemas ligados a las creencias, normas, valores, comportamiento social, etc., y además, una

vez que el sujeto entiende el código, se abre un ancho canal para enriquecer los esquemas ya construidos por interacción física y social o crear nuevos esquemas con la información que le llega del bagaje cultural (Marín, 2003a).

- **Objetos de la zona lejana a ZiS.** Aquí se ubican las construcciones cognitivas partiendo de los elementos de la zona anterior. Dependiendo del desarrollo cognitivo de cada sujeto, esta zona será más o menos ancha respecto a la anterior. Así, un sujeto que apenas alcanza las operaciones concretas o su capacidad de abstracción, su zona de mayor contenido cognitivo será la zona próxima a ZiS, mientras que un científico, un filósofo o un matemático tendrá cantidad de elementos cognitivos en esta zona y será mucho mayor que su zona próxima.

Pertencen a esta zona constructos cognitivos tales como las operaciones mentales construidas por abstracción reflexiva desde los esquemas específicos (Piaget, 1977b), las teorías implícitas (Pozo y Gómez Crespo, 1998; Rodrigo y Correa 1999) o los esquemas generales que infieren al sujeto que los posee la posibilidad de hacer manifestaciones coherentes sobre conceptos abstractos vinculados a la sociedad internacional, poderes fácticos, política, ecología, epistemología, etc. Todos tienen en común que se han obtenido por abstracción de la zona de esquemas específicos o por coordinación y diferenciación de elementos de la zona de mayor abstracción.

Las posibilidades de construcciones en la zona de abstracción son indefinidas. Y esto es así porque cualquier construcción cognitiva que se hace consciente se convierte en objeto susceptible de interactuar, reflexionar, operar y, por tanto, de experimentar coordinación con otros elementos cognitivos o diferenciación, incluso, de ser objeto de nueva abstracción reflexiva. Sobre la génesis del pensamiento lógico-matemático afirma Piaget (1977a) "...esta construcción [en la zona lejana a ZiS] consiste en disociar las formas de los contenidos y en elaborar nuevas formas mediante abstracción reflexiva a partir de las de nivel inferior ..., reflexiva en el sentido de proyección de conexiones anteriores sobre un nuevo plano de pensamiento y en el sentido de reconstrucción de las conexiones en el nuevo plano, este segundo aspecto domina cada vez más sobre el primero y las reconstrucciones proceden de combinaciones cada vez más móviles y libres ..., la formalización constituye una prolongación de las abstracciones reflexivas que actúan ya en el desarrollo del pensamiento, pero a un nivel de especialización, generalización y fecundidad combinatoria que sobrepasan ampliamente y en todas sus partes los límites del pensamiento natural".

La mecánica de construcción de los diversos objetos cognitivos depende de la zona donde se construya según su proximidad a ZiS. Las posibilidades didácticas de este modelo son evidentes. Mientras en la ZiS y en la zona de esquemas específicos depende más de las estrategias de enseñanza y son posibles aprendizajes en periodos razonablemente cortos de tiempo, las construcciones de la zona más lejana a ZiS se pueden establecer condiciones de enseñanza apropiadas coherentes con el modelo pero las construcciones dependen más del sujeto, después de periodos de tiempo relativamente más largos (Marín, 2005). En general, todo aprendizaje que suponga construcción o enriquecimiento de esquemas de conocimiento es difícil, pero en la zona más lejana a ZiS es aún más.

La tabla 2.1 expone propuestas de organización cognitiva de diferentes

TABLA 2.1: PROPUESTAS SOBRE ORGANIZACIÓN COGNITIVA DEL SUJETO

Trabajos relevantes del autor	Carey (1986) Carey (1991) Carey y Spelke (1994)	Chi (1992) Chi, Slotta y Leeuw (1994)	Dissesa (1993)* Dissesa y Sherin (1998)	Vosniadou (1994) Vosniadou y Brewer (1994) Vosniadou y Ioannides (1998)	Pozo (1989) Pozo y Gómez Crespo (1998) Pozo (2003)
Constructos propuestos para la Zona Próxima	- <i>Conceptos</i> . Unidades de representación mental estructuradas. Los conceptos se agrupan en <i>creencias</i> y <i>teorías de dominio específico</i> (lenguaje, objetos físicos, número)	Estructura de categorías (conceptos) jerarquizadas siguiendo criterios ontológicos	- <i>Clases de coordinación</i> (no conceptos). Son instrumentos cognitivo para coger información por integración e invarianza	- <i>Modelos mentales</i> . Se generan desde las teorías estructurales y las específicas junto a los datos del contexto de la situación dada. - <i>Teorías específicas</i> . Contienen creencias o proposiciones que describen propiedades y comportamiento de los objetos físicos.	- <i>Modelos mentales</i> . son representaciones <i>ad hoc</i> en respuesta a demanda contextual. No están almacenadas de modo permanente. - <i>Teorías de dominio</i> . Están en la memoria permanente en forma de regularidades y reglas y se activan ante un dominio dado.
Constructos propuestos para la Zona Lejana	Cada teoría de dominio se rige por un núcleo propio de <i>principios innatos</i> que actúan como moldes cognitivos del orden conceptual, la percepción y el razonamiento.	La parte alta de la jerarquía conceptual se organiza en tres categorías ontológicas fundamentales: materia, procesos y estados mentales.	Se distingue clases de coordinación a distintos niveles de generalidad. Los cambios de clases de nivel alto sólo se producen por reestructuración fuerte.	<i>Teorías estructurales</i> o <i>teorías marco</i> . Son implícitas y conllevan supuestos ontológicos sobre lo que puede existir y presupuestos epistemológicos sobre lo que debe y como debe ser explicado.	<i>Teorías implícitas</i> de carácter más general implícito y estable, están constituidas por ciertas restricciones en el procesamiento de la información (sistema operativo). Formatean las teorías de dominio.

autores y su disposición según su distancia a la ZiS.

Y ¿cuáles son los objetos cognitivos del conocimiento de ciencias? Dado que éstos sólo existen en la estructura cognitiva del sujeto, la versión escrita de las ciencias más que conocimiento es información (Pozo, 2003). Es el científico bien formado que comprende dichos significantes escritos quién puede convertirlos en conocimiento. Al lego de poco le sirve. La continuidad y progreso de la ciencia estriba en que siempre hay una legión de científicos con formación adecuada para saber leer las experiencias e ideas de científicos anteriores expresada en significantes (usualmente verbales pero también en gráficos, signos, imágenes, etc.). Hay un continuo trasvase de información a conocimiento y viceversa.

1.7.1.4. La intensa relación entre los sistemas cognitivo y afectivo que percibe ZiS

La interacción puede ser motivo de alegría o tristeza para el sujeto. Piénsese por ejemplo en las interacciones que mantenemos con el entorno natural y social. El sistema afectivo acerca o aleja del ZiS.

Si el resultado de la interacción es positivo, en general, la actividad cerca de ZiS ayuda al equilibrio cognitivo entre lo construido y el exterior del sujeto (Piaget, 1978). Construir sin constatar en ZiS aumenta el desfase entre conocimiento y realidad y por tanto la probabilidad de conflictos ante nuevas interacciones. Pero también, la vivencia en ZiS puede ser desequilibrante, de hecho, el sujeto no siempre está dispuesto a un acercamiento a ZiS. La búsqueda de la ZiS está modulada por la axiología afectiva del sujeto. Buscamos con ahínco las interacciones que nos gustan, necesitamos o interesan y nos alejamos o evitamos las desagradables. Por esto, postular que existe una tendencia cognitiva del sujeto a buscar la ZiS (Piaget, 1978) parece menos adecuado que explicar los acercamientos o alejamientos de la ZiS usando el sistema afectivo del sujeto. Los desfases cognitivos con el exterior son compensados por el sujeto con toda suerte de recursos sentimentales y, en muchos de los casos, revistiéndolas de racionalidad (Castilla del Pino, 2000).

Después de constatar la complejidad sentimental y la dificultad que conlleva su clasificación (Marina y López Penas, 1999; Castilla del Pino, 2000) resulta tentador simplificar la clasificación según sean sentimientos generados en ZiS y los que se producen en la zona lejana cuando un sentimiento, tomado como objeto de interacción, provoca otros nuevos. Es entonces cuando aparece la familia de los resentimientos.

Si la axiología afectiva modula el acercamiento a la ZiS y el contraste entre expectativas y resultados genera sentimientos, también en la zona lejana a ZiS se dan suficientes vivencias como para seguir engrosando el cauce sentimental. Así, cuando el sujeto interactúa con objetos cognitivos y afectivos de la zona próxima a ZiS nuevos sentimientos aparecen. Existen tipologías personales cuyo estilo es resolver en el presente y no llevarse nada o lo mínimo para rumiarlo después, pero también están los que temporalizan o prefieren pensar en diferido. Por otro lado, existen sujetos con una estructura mental fragmentada que son muy dependientes del contexto o del momento en el que se produce la ZiS, otros sin embargo, con estructuras más coherentes suelen mantener su opiniones adoptando posiciones rígidas, mientras otros mantienen una actitud comprensiva y de diálogo cuando aparecen desfases con su medio (Botella, 2001).

Incluso la intensa actividad cognitiva del matemático no escapa de lo afectivo cuando se tiene en cuenta la fascinación que produce la ilusión de sistemática y de soluciones concluyentes, eso sí, a condición de no salirse del mundo matemático. En el fondo hubo de existir una buena dosis de compensación afectiva para inventar el mundo de objetos simbólicos. Piénsese en la tensión cognitiva que levanta comprobar que es imposible clasificar sin que existan algunos elementos para los que hay serias dudas si están dentro o fuera del conjunto o al sumar objetos físicos sabiendo que no hay certeza de que haya dos idénticos. En el mundo matemático todo cuadra sin necesidad de ir a la ZiS para confrontar.

1.7.1.5. *Defensa desde ZiS de la actitud y ética empirista*

En el marco del constructivismo orgánico no se admite la correspondencia entre conocimiento y realidad ya que al no ser de la misma naturaleza no son comparables. Esto significa que los llamados "datos empíricos" no se pueden admitir como información tomada directamente del exterior, sino adquirida en la ZiS sin rebasar la frontera que separa al sujeto con el exterior. Son por tanto construcciones cognitivas o asignaciones de significado del sujeto a la información tomada en la ZiS. Conocidos los límites fisiológicos y psicológicos para ser usado cognitivamente el "dato empírico", puede que éste recoja con mayor o menor fidelidad el exterior pero la posición epistemológica adoptada no admite la posibilidad de comparar el dato adquirido con el supuesto referente externo.

Actualmente existe un gran consenso para rechazar la posición del empirismo y con ello su visión ontológica del "dato empírico" como información que llega sin sesgo de la realidad externa, su modo determinante de intervenir en la confrontación con la teoría o, en general, en cualquier construcción cognitiva del sujeto. Así las cosas, podría parecer que la defensa que se va a hacer de la *actitud empirista* es una empresa quijotesca. Lo cierto es que en estas cuestiones se suele esquematizar en exceso en la medida que se desconocen y se ha tendido con demasiada rapidez a devaluar la posición del empirismo sobre todo desde posiciones contrarias.

La nueva visión empirista que se propone se aleja de las usuales acepciones que se le ha asignado desde la metafísica y otras posiciones absolutistas que, en otro tiempo y en otro contexto, predominaron en filosofía. Sin apenas actitud empírica, lejos de la ZiS y con fuertes compromisos extraacadémicos, estas posiciones metafísicas sobre el conocimiento dejaron más escritos que los que inventaron construcciones mecánicas para mejorar la agricultura, ganadería, minería con mejor actitud empírica y resultados sociales más útiles de los que apenas hay documentación.

Se define **actitud empirista** la que lleva al sujeto a cotejar el conocimiento en la ZiS. Usualmente se ha buscado establecer algún criterio racional que distinga el conocimiento de ciencias de los demás (Chalmers, 1984), pero esta empresa siempre ha resultado inconclusa (Echeverría, 2002). Creemos que el criterio que mejor define a la ciencia es la actitud empirista (Marín, 2003a).

La defensa de la actitud empirista no supone la de su posición ontológica y epistemológica que en nuestra opinión resultan poco defendibles. Así como desear conocimiento más contrastado no significa necesariamente dar un determinado valor ontológico a los datos empíricos.

Es un valor reconocido de la **actividad de ciencias**, la actitud constante de contrastar el conocimiento con la experiencia con recursos metodológicos de repetitividad e inter subjetividad (Bunge, 1981) o la búsqueda para mejorar la coordinación entre la comprensión y extensión de un concepto, una ley o una teoría, de la fase de descubrimiento. Otra cosa diferente es el valor ontológico que el epistemólogo asigna al dato empírico y al papel de éste en la confrontación con elementos teóricos. Esto está ubicado en la fase de justificación. La actitud empirista es coherente con la posición epistemológica que describe lo que hace el científico en la fase de descubrimiento, no vista como una comparación entre los datos externos y los elementos teóricos, sino como una búsqueda de coherencia entre diferentes construcciones cognitivas más cercanas o más lejanas a la ZiS.

El declive de la ciencia en la edad media proviene principalmente de la actitud nada empirista de los autores escolásticos medievales cuya intensa actividad cognitiva se llevó a cabo lejos de la ZiS principalmente con elementos de los libros sagrados. Los pocos que se acercaron a la observación de la naturaleza lo hicieron con el ánimo de confirmar sus argumentos o con una clara vocación distorsionante como es el caso de la *virtus impressa* "el motor transfería al objeto inerte la virtud del movimiento, la cual se iba perdiendo razón que explica el hecho de su parada" (Crombie, 1979). Es curioso constatar que en *Novum Organum*, Bacon (1620) lo único que hace es promover la actitud empirista muy semejante a la que aquí se defiende a fin de ir construyendo un conocimiento de ciencias sin las incrustaciones de "ídolos metafísicos" que impedían su progreso. No es difícil percibir la mala intención en sus oponentes al reinterpretar esta invitación al empirismo con significados ontológicos y epistemológicos que no aparecen en su obra.

En cuanto a **la actividad del sujeto**, la actitud empírica es la que lleva a constatar con la experiencia una información sobre la que existe duda razonable de su certeza o la que lleva a la reflexión una supuesta

evidencia que desmiente antes que a su rechazo. Es la actitud que busca la constatación antes que la aceptación complaciente.

La actitud empírica es la que lleva a desligar lo que quiero que pase con lo que realmente pasa y la que negocia honradamente el desfase. Es la actitud que lleva a dialogar cuando hay un problema intentando comprender el punto de vista de los otros exponiendo los propios sin persuadir. Dialogar es el modo más razonable de acercarse a la ZiS social.

Yendo más allá, la actitud empirista adopta cierta posición política si presenta la desigualdad social como dato que refuta el sistema democrático, mientras que con un modelo racionalista se puede esquivar mejor esa refutación con cualquier argumento que preserve el orden establecido (Farrington, 1973). Esta actitud se reconoce en el esfuerzo por discernir entre las razones que favorecen realmente al grupo de las que obedecen a la necesidad, el deseo o el interés individual.

Con lo dicho anteriormente, se puede ver que la actitud empirista contiene una determinada posición ética. La **ética empirista** percibe como bueno confrontar las opiniones, creencias y teorías en la ZiS, no porque ahí se obtenga información fiable sino como proceso o método para hacer construcciones cognitivas más ajustadas a lo que es mejor. Así, la ética empirista percibe como bueno:

- el esfuerzo en distinguir entre las construcciones metafísicas que, lejanas a la ZiS, está plagada de entelequias sin constatar o normas para preservar un orden establecido, de las construcciones que se construyen en tensión dialéctica con datos empíricos tomados en ZiS; no porque crea que esto último sea determinante sino porque confía en que es el mejor método o procedimiento. La existencia del conocimiento de ciencias sería un dato que confirma la creencia empirista de que es mejor modular las construcciones cognitivas con las confrontaciones en ZiS.
- los cotejos en la ZiS y desconfía de la especulación y reflexiones lejos de ZiS. Esto lleva parejo una actitud pragmática y relativista que asume que lo bueno es lo más útil, eficaz, adecuado o lo más conveniente en cada momento y para un contexto dado. Por tanto, "lo bueno" no existiría en términos absolutos.
- anteponer "lo que es" sobre "lo que debe ser". En este sentido, percibe la epistemología de las ciencias contemporánea construida sobre "lo que debe ser" obviando la actividad científica en la frontera de la ZiS que se acerca más a "lo que es" (Echeverría, 1995).
- las opiniones compartidas a las individuales ya que las primeras son fruto de un cotejo y diálogo entre varios en la ZiS social. Esto conlleva

admitir que lo razonable está en la opinión forjada mediante diálogo en la ZIS.

1.7.2. Aclaraciones sobre coherencia epistemológica

Se dice estar haciendo **epistemología** cuando se reflexiona o se hacen valoraciones sobre el grado de verdad u objetividad de cualquier tipo de conocimiento. En la actualidad, cuestionada la concepción absoluta de verdad, hacer epistemología hace referencia a la actividad meta cognitiva que se lleva a cabo cuando se reflexiona o se hacen valoraciones con relación al conocimiento. En concreto, cuando se abordan temas sobre su naturaleza, su relación con la realidad, su origen, su progreso, etc. Por sus características, el conocimiento favorito de la epistemología para ser estudiado ha sido el de ciencias, lo que no debe suponer que cualquier conocimiento, por lejano al de ciencias que parezca, no pueda ser objeto de estudio epistemológico (ver Piaget, 1977). Se puede hacer epistemología de conocimientos socialmente compartidos, como el de ciencias, pero también se puede hacer epistemología del conocimiento del sujeto, es decir, epistemología individual (Marín, 2003b).

En el ámbito de la Didáctica de las Ciencias se usa con frecuencia el término epistemología y derivados. Así, se habla de la "*visión de la ciencia proporcionada por la epistemología contemporánea*" para referirnos a las concepciones más adecuadas disponibles en la actualidad sobre la ciencia, en contraposición con las "*concepciones epistemológicas incorrectas*" que se refieren a visiones que no reflejan adecuadamente el desarrollo de la actividad y del conocimiento de ciencias. Se dice que existen "*consensos sobre epistemología del conocimiento científico*" para indicar que en el ámbito existen puntos de acuerdo para entender y valorar la ciencia o que "*existen otros valores, diferentes a los epistémicos, para interpretar el conocimiento de ciencias*" para indicar, por ejemplo, que se tomaría una imagen parcial y sesgada del progreso de ciencia si sólo se consideran valores cognitivos (Echevarría, 1995). En el ámbito de DC se acuerda "*modificar la epistemología de los profesores*" para mejorar su actuación docente o "*incluir en el currículo cuestiones consensuadas sobre epistemología de la ciencia*" como un modo de educación científica más acertado. En todo caso, el significado asociado al término "*epistemología*" y sus derivados, está bastante consensuado y coincide con la aproximación dada más arriba.

Se dice que el sujeto muestra **coherencia epistemológica** si mantiene con coherencia una determinada visión, opinión, interpretación o valoración sobre un determinado fenómeno cognitivo que se manifiesta en

diversos contextos. Se dirá que existe **coherencia epistemológica parcial** cuando el sujeto mantiene cierto grado de coherencia intracontextual pero es claramente u incoherente intercontextual. Si el sujeto no muestra coherencia intracontextual e intercontextual entonces no se hablaría de incoherencia epistemológica sino de **estadio preepistemológico**. De este modo, se dispone de términos adecuados para distinguir el sujeto que tiene forjada cierta opinión epistemológica ante las variaciones intracontextuales pero no tiene coherencia intercontextual (*coherencia epistemológica parcial*) del que carece de opiniones que muestren cierta coherencia sobre la naturaleza de su medio o de su conocimiento (*estadio preestímulo*). Se ha indicado que desde las más tempranas edades el sujeto muestra cierta predisposición ontológica (ver por ejemplo, Carey y Spelke, 1994; Chi, Slotta y Leeuw, 1994) pero una cosa es que el investigador use caracteres ontológicos para describir el comportamiento del sujeto y otra muy diferente es que éste disponga de ellos como parte de sus recursos cognitivos.

1.7.3. Aclaraciones metodológicas

El cuidado en el planteamiento teórico sobre cuestiones epistemológicas hay que extenderlo al plano metodológico con la misma intensidad si es que se intenta realizar contrastes empíricos. Cualquier investigación que aborde el problema de la coherencia epistemológica debería tener recursos teóricos y metodológicos para, entre otros asuntos, salvar la paradoja de etiquetar al sujeto como incoherente epistemológico cuando aún no dispone de construcciones cognitivas para hacer manifestaciones epistemológicas (*estadio preepistemológico*). Para esto, habrá que distinguir con decisión la opinión del investigador de la del entrevistado, con esto evitamos pensar que sea realista coherente un niño de 6 años que da una respuesta tal que le ha parecido realista a un investigador.

Para fijar la posición que aquí se adopta sobre **coherencia cognitiva**, se postula que el sistema cognitivo del sujeto se construye de forma coherente en un proceso de autorregulación semejante al de cualquier órgano vivo (Piaget, 1978). Para el sujeto, su conocimiento es coherente, útil y eficazmente pragmático para responder a las usuales demandas de su entorno cotidiano (Pozo, 2002), otra visión será la que tome un observador externo cuando enfrente al sujeto a una diversidad de cuestiones (Marín, Jiménez Gómez y Benarroch, 2004).

Existen contextos donde el conocimiento del sujeto se muestra coherente y otros en los que no es así. Con frecuencia el investigador encuentra las creencias del sujeto incoherentes, fragmentadas o confusas. Estas

características, suelen ser, más que atributos cognoscitivos del sujeto, un "efecto colateral" metodológico al pedir respuestas a situaciones problemáticas sobre las que el sujeto no posee esquemas de conocimiento adecuados (Oliva, 1996; Marín, Benarroch y Jiménez Gómez, 2000). No se verá la toma de datos tan neutral cuando se entienda que los datos provienen de una interacción cognitiva entre quien diseña el cuestionario y quién lo responde. No se puede evitar los sesgos del investigador pero si minimizarlos. En cuestiones que hagan referencia a objetos y situaciones de la vida cotidiana se puede controlar mejor el sesgo pero en las que tienen como referente objetos tan abstractos como los "-ismos" epistemológicos el sesgo aumenta considerablemente. El contexto teórico que aporta el constructivismo orgánico permite las mejores orientaciones metodológicas para acercarse al sujeto minimizando los sesgos y distorsiones (Marín, 2003b).

1.7.4.El progreso epistemológico del sujeto

Poco después de que Inhelder y Piaget (1972) enfatizaran las operaciones mentales del sujeto para caracterizar las estructuras que jalonan la evolución cognitiva del sujeto, surgió una corriente significativa de investigaciones para mostrar que la visión ontológica y epistemológica del sujeto también podrían marcar el desarrollo cognitivo y afectivo del sujeto (Vuyk, 1985; Botella, 2001; Marchand, 2001). Se han usado dimensiones del sujeto vinculadas a su **posición y grado de coherencia epistemológica** para, de forma análoga a las etapas operatorias piagetianas, marcar diferentes estadios de coherencia epistemológica que finalizarían en un estadio postformal donde el sujeto alcanza un alto grado de coherencia intercontextual (Vuyk, 1985; Kramer, 1990; Marchand, 2001; Botella, 2001). La presencia de este estadio permitiría caracterizar mejor el paso de la edad adolescente a la adulta.

El esfuerzo por caracterizar el pensamiento postformal ha dado lugar a una dispersa y heterogénea conceptualización proveniente de contextos teóricos tan diversos como el materialismo dialéctico, la filosofía de la ciencia, el budismo, la filosofía moral, la teoría de la relatividad, la teoría general de sistemas, etc., que se podría agrupar en tres tendencias (Marchand, 2001):

- Se admite, con mayor o menor acuerdo, la validez de las etapas piagetianas, si bien el nivel de operaciones formales no significa el final del progreso cognitivo del sujeto sino que habría un quinto estadio, el postformal, el cual se trataría de caracterizar y diferenciar del anterior.

- Las operaciones mentales piagetianas serían menos adecuadas para caracterizar la evolución cognitiva del sujeto que otras dimensiones del sujeto ligadas a su posición y grado de coherencia epistemológica y sus "estilos" de interacción entre sus teorías personales y el medio. Esta línea de trabajo, también muy numerosa, ya no entraría en el marco intraparadigmático piagetiano sino que sigue la analogía más del gusto anglosajo "el hombre de la calle como científico" (Kelly, 1955) o, en el contexto de enseñanza, "el alumno como científico" (Driver, 1983). El nivel postformal se caracterizaría por una posición epistemológica cercana al organicismo (Botella, 2001).
- La caracterización del nivel postformal por notas epistemológicas se podría reducir a las manifestaciones de las operaciones formales cuando se van generalizando a una diversidad de contextos con diversos grados de abstracción. Si esto es así, el nivel postformal no supone ningún cambio estructural respecto al nivel formal y sería preferible abandonar el término "postformal" (Marchand, 2001). Sólo en círculos piagetianos parece defenderse esta posición.

De cualquier modo, en cuanto a lo que interesa en esta investigación, es evidente que después de la adolescencia, edad en la que se considera que una porción de la población alcanza el nivel formal, el progreso cognitivo continúa e, independientemente de que se den o no cambios estructurales, existe consenso en admitir que entre los progresos del pensamiento adulto respecto al adolescente se encuentra una mejor comprensión de la naturaleza relativista del conocimiento, una aceptación y comprensión de la contradicción y la integración de la contradicción en sistemas inclusivos (Marchand, 2001).

La línea evolutiva se inicia con sistemas indiferenciados y poco integrados para ir progresivamente a otros más diferenciados e integrados jerárquicamente. En este proceso, el sujeto pasaría de una visión del mundo más mecanicista a otra más organicista que se iría progresivamente extendiendo a una diversidad de contextos (Kramer, 1990).

El pensamiento organicista percibe una realidad cambiante imposible de interpretar con esquemas sencillos como lo hace el mecanicismo que admite una realidad estable donde la suma de las partes es igual al todo. Por el contrario, para el organicismo no está tan claro cuáles son las partes del todo, por dónde se divide el todo para precisar las partes o cual es la relación entre ellas, puesto que esto no viene dado por la realidad externa al sujeto sino por el conocimiento del sujeto que es cambiante, de modo que un progreso cognitivo puede suponer cambios sustanciales en las partes del todo.

Mientras que el mecanicismo admite que existe cierta correspondencia entre conocimiento y realidad y que es posible disponer de un conocimiento verdadero y objetivo, el organicismo entiende que conocimiento y realidad son entidades diferentes y no se puede establecer ni correspondencias, ni comparaciones, por lo que asume que cualquier verdad es relativa. Comparte con el mecanicismo la idea de que una mayor interacción empírica puede suponer mayor conocimiento pero no hasta el límite de que éste pueda llegar a ser verdadero u objetivo, en todo caso, más o menos útil o eficaz según el contexto donde se aplique. El organicismo infiere a quien lo profesa recursos metodológicos y actitudes democráticas para tolerar y administrar mejor la multiplicidad de opiniones (Marín, 2005).

El sujeto con un pensamiento dialéctico acepta la contradicción (conflicto, anomalía) como parte de la dinámica de interacción, de modo que se resigna si no la supera pero la valora como una posibilidad de mayor conocimiento en caso de superarla. Admite y comprende que exista una pluralidad de interpretaciones de la realidad y percibe conveniente asimilar o comprender las diferentes perspectivas para, convenientemente integradas, evaluar la realidad de un modo más adecuado u objetivo. Comprende y justifica la subjetividad en función del contexto. Percibe que el diálogo es un buen método para paliar o salvar las contradicciones. Tolerar la incertidumbre como parte de los desfases entre sujeto y realidad, comprende las limitaciones para captar y describir la realidad y acepta la imposibilidad del conocimiento absoluto.

1.8. Construcción de un sistema de pares dicotómicos para la DC

Establecida la posición epistemológica y teórica que aquí se adopta como referente y hechas las aclaraciones sobre los términos que con más frecuencia se van a usar, se aborda ahora la construcción del sistema de conocimiento.

- Se comenzará realizando una síntesis sobre los acuerdos más notables existentes en el ámbito de DC para describir e interpretar el conocimiento de ciencias.
- Se continuará construyendo un sistema de afirmaciones estructuradas por pares según sean más y menos adecuadas sobre el conocimiento de ciencias, a partir de los acuerdos establecidos con anterioridad.

- Centrando la atención en los compromisos epistemológicos contenidos en el sistema para las ciencias, se extraerá un nuevo sistema de afirmaciones epistemológicas referidas a cualquier tipo de conocimiento.
- Finalmente, a partir del sistema de afirmaciones epistemológicas, se construirá un nuevo sistema de pares de visiones más y menos adecuadas para el conocimiento del alumno.

En definitiva, el sistema de conocimiento estará constituido por tres subsistemas, los referidos a los conocimientos de ciencias y del alumno y, por encima de estos, el referido al conocimiento en general.

1.8.1. Consensos sobre la visión de las ciencias

La HFC tiene un papel importante para fundamentar planteamientos de investigación, propuestas didácticas o realizar evaluaciones en el ámbito de la DC (Izquierdo, 2000). Las diferentes propuestas sobre progreso cognitivo, marcadamente racionales, realizadas por la llamada "nueva filosofía de la ciencia", a través de autores tales como Popper, Kuhn, Feyerabend, Lakatos, Laudan, etc., van quedando un tanto antiguas e insuficientes y, en la actualidad, son moduladas por otros criterios menos racionales (Izquierdo, 2000; Echeverría, 2003; Acevedo, Vázquez, Martín, Oliva, Acevedo, Paixão y otros, 2005). A pesar de la existencia de puntos discrepantes sobre los factores más determinantes del progreso de ciencias, actualmente se percibe un notable esfuerzo por buscar convergencias y consensos sobre este tema (Vázquez, Acevedo y Manassero, 2004).

Para hacer referencia a los asuntos ligados a la construcción del conocimiento de ciencias, sus vínculos con el contexto donde surge y se aplica y a las cuestiones epistemológicas se ha usado términos como "*visiones de ciencias*" (McComas, Clough y Almazroa, 1998; Fernández, Gil, Carrascosa, Cachapuz y Praia, 2002), "*ideas sobre ciencias*" (Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar y Duschl, 2003) o "*naturaleza de la ciencia*". Aun sabiendo que este último término es el más consensuado en la literatura y cada vez más se extiende su uso en su sentido más amplio (Vázquez, Acevedo y Manassero, 2004), utilizaremos con más frecuencia el término **visión de ciencias** y su acrónimo **VdC** puesto que creemos recoge mejor los aspectos epistemológicos y los referentes a la actividad constructiva de este conocimiento.

Para conocer los acuerdos más notables sobre cómo se construye el conocimiento de ciencias, hemos recopilado cuatro importantes trabajos

que, con metodologías diferentes, sondean, bien en la comunidad y bien en los productos del ámbito de DC, puntos de consenso. Cada uno de los cuatro trabajos, está realizado por grupos de investigadores que han mostrado una línea sólida y continua de publicaciones sobre temas relacionados, y las investigaciones llevadas a cabo para la búsqueda de consensos, se realizan con muestras de notable envergadura. Esto son los trabajos seleccionados:

- **McComas, Clough y Almazroa** (1998). Se estudian las visiones sobre ciencias que ofrecen ocho documentos curriculares internacionales. A partir del análisis de dichos documentos se perfilan 16 proposiciones consensuadas. Este trabajo ha tenido una relevante incidencia en el ámbito.
- **Fernández, Gil, Carrascosa, Cachapuz y Praia** (2002). A partir del análisis de una extensa bibliografía se extrae suficiente documentación para apoyar y confirmar siete visiones deformadas de ciencia que parecen estar bastante consensuadas y, a la vez, se delimitan las visiones más adecuadas para interpretar el conocimiento de ciencias.

TABLA 2.2. SISTEMÁTICA DE CONTEXTOS LIGADOS A LA VdC

Ind.	Categorías
a	CONTEXTO DONDE SURGE Y SE APLICA LA CIENCIA (INTERACCIONES CTS)
a1	Relaciones CTS
a2	Relaciones entre ciencia (C) y sociedad (S)
a3	Relación entre tecnología (T) y ciencia
a4	¿Quién gestiona y aplica este conocimiento?
b	FASE PRIVADA (ACTIVIDAD EN LA FASE DE DESCUBRIMIENTO)
b1	¿Afecta al científico creencias culturales (morales, religiosas de su región)?
b2	¿Afectan problemas sociales y políticos al científicos?
b3	¿Influye en el científico su entorno cotidiano e intereses personales?
b4	¿Siguen los científicos pautas metodológicas o ideales propios de las ciencias?
c	INTERACCIÓN ENTRE FASE PRIVADA Y PÚBLICA (FORMACIÓN Y DIFUSIÓN)
c1	Características del experto de la fase privada que hace aportaciones en la publica
c2	Relaciones entre el trabajo publicado y el realizado
c3	¿Cómo es la mecánica que regula las incorporaciones privadas a la ciencia publica?
c4	Secuencia para integrar las aportaciones privadas en lo público
d	FASE DE JUSTIFICACIÓN. NATURALEZA DE LA CIENCIA COMO PRODUCTO
d1	¿A qué realidad se refiere? ¿Es diferente a otros conocimientos?
d2	¿Cómo se puede explicar los éxitos de teorías de ciencias? ¿Qué método usan?
d3	El conocimiento de ciencias ¿descubre o inventa? ¿refleja o interpreta la realidad?
d4	¿Qué dinámica se sigue para aceptar o refutar las ideas y teorías científicas?

- **Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar y Duschl** (2003). Usando el método Delphi de tres etapas con veintitrés expertos, se establece cierto consenso sobre la visión de ciencia que habría que enseñar a los alumnos. Tras aplicar criterios exigentes para establecer el consenso se perfilan diez ideas centrales sobre la naturaleza de la ciencia que son consideradas pertinentes para incluirlas en el currículo de ciencia escolar.

Vázquez, Acevedo y Manassero (2004). Se aplicó sobre una muestra de 16 expertos un cuestionario de opiniones constituido por 100 items de

opciones múltiples sobre creencias y actitudes en naturaleza de las ciencias desde una perspectiva CTS. El cuestionario es una adaptación de otros anteriores de reconocida eficacia. De las 637 frases propuestas 41 alcanzaron el consenso exigido entre los jueces.

La diversidad de metodologías, incluso de términos, usadas para buscar puntos de consenso en los cuatro trabajos anteriores ha dificultado la búsqueda de coincidencias. El proceso de clasificación de argumentos consensuados se ha visto simplificado al desglosar las distintas fases constructivas del conocimiento de ciencias en cuatro grandes grupos que, a su vez, se desdoblan en otras tantas categorías (ver tabla 2.2).

El punto de partida para confeccionar la sistemática de contextos ligados a la actividad y conocimiento de ciencias de la tabla 2.2 ha sido la taxonomía creada por Aikenhead y Ryan (1992) y su posterior adaptación de Manassero, Vázquez y Acevedo (2001). Dado el fuerte énfasis que los anteriores autores dan a los aspectos CTS, se modificó la taxonomía para dar mayor relevancia a los aspectos epistemológicos en detrimento de los ligados a CTS a fin de que la presencia de ambos contextos estuviera más equilibrada.

Aplicada la sistemática de la tabla 2.2 para buscar acuerdos se confeccionó la tabla 2.3 donde se presentan organizado los argumentos de consenso encontrados. En este proceso se encontraron tanto acuerdos como disensos pero, además, al comparar los cuatro trabajos tan dispares se dejó entrever algunas cuestiones relevantes que pudieran ser sugerentes para las investigaciones sobre consenso que se realicen en un futuro:

- Algunas faltas de consenso o de un consenso más generalizado se deben principalmente, no tanto a que éste pueda o no existir, como al uso de taxonomías y sistemáticas bien diferentes para buscar los elementos consensuados. Si bien en algunos casos que se verán más adelante se debe efectivamente a una falta de consenso real. Hay trabajos que enfatizan la parte CTS y otros la parte epistemológica, unos perciben ciertos aspectos como triviales mientras otros los valoran como importantes. Este desigual tratamiento constriñe los consensos como se verá más adelante.
- Existen dos aspectos relevantes ligados a la actividad y conocimiento de ciencias que apenas se analizan: a) las interacciones entre fase privada y pública (formación y difusión) y b) el problema de las incorporaciones individuales al núcleo firme. En estos casos no se dan acuerdos simplemente porque no son indagados por los investigadores. En general, es frecuente que no se puede saber a ciencia cierta si la falta de

acuerdo se debe a la falta de un compromiso real con tal o cual argumento o porque no se ha indagado específicamente sobre el asunto.

La combinación de los dos apartados anteriores sugiere que si antes de hacer la búsqueda de consensos sobre la naturaleza de las ciencias, entre los investigadores se fijara una taxonomía o una sistemática de contextos relevantes donde se da la actividad de ciencias, se encontrarían muchos más acuerdos.

- En general, algunos consensos formulados a un nivel superficial posiblemente se romperían si se analizaran con detalle los compromisos ontológicos y epistemológicos. Por ejemplo, está bastante consensado, a cierto nivel superficial, que existen complejas relaciones CTS y que éstas se dan en todas direcciones pero analizadas en detalle por pares (Vázquez, Acevedo y Manassero, 2004) se percibe que es desigual la intensidad de las influencias. Otro ejemplo: todos están de acuerdo de la parcialidad de los datos empíricos pero este acuerdo se rompe cuando se desciende al significado ontológico que se da a los datos empíricos y la correspondencia de éstos con la realidad externa al sujeto.

Un análisis de la tabla 2.3 nos ofrece una visión panorámica de los puntos de consenso y disenso sobre la visión actual de las ciencias:

1. Contexto donde surge y se aplica la ciencia (interacciones CTS, contexto de aplicación, sociología externa de la ciencia). También es el contexto donde se dan las fuertes interacciones de la ciencia, la tecnología y la sociedad (CTS). Los cuatro aspectos sobre los que se ha buscado consenso son a1. las relaciones CTS, a2. las relaciones entre ciencia y sociedad, a3. las relaciones entre tecnología y ciencia y, finalmente, a4. sobre la cuestión ¿quién gestiona y aplica este conocimiento?

En este contexto todos encuentran consenso sobre las fuertes relaciones CTS. Ahora bien, el análisis más detallado del tema que hacen Vázquez, Acevedo y Manassero (2004) muestra que la influencia por pares resulta desigual. Así no se ha logrado un buen consenso, por un lado, en los temas relativos a la influencia de la ciencia y la tecnología en el poder militar y en el pensamiento social y, por otro, en el tema de la influencia de la ciencia en la sociedad. Los puntos de consenso son:

1a. Entre la ciencia, la tecnología y la sociedad existen fuertes influencias y compromisos (CTS) que permiten afirmar que el desarrollo de la ciencia no es neutral.

1b. El desarrollo de la ciencia depende del momento histórico en que surge.

TABLA 2.3. CONSENSOS SOBRE LA VISIÓN DE LA CIENCIA

CONSENSOS SOBRE ..		McCOMAS, CLOUGH Y ALMAZROA (1998)	FERNÁNDEZ, GIL, CARRASCOSA, PRAIA Y CACHAPUZ (2002)	OSBORNE, COLLINS, RATCLIFFE, MILLAR Y DUSCHL (2003)	VÁZQUEZ, ACEVEDO Y MANASSERO (2004)
1 CONTEXTO DONDE SURGE Y SE APLICA LA CIENCIA (INTERACCIONES CTS)					
1a	<i>Relaciones de la ciencia con la tecnología y la sociedad (CTS)</i>	La ciencia tiene implicaciones globales. Ciencia y Tecnología interactúan entre sí	Rechazo de la visión descontextualizada y neutral que ignora las complejas relaciones CTS	La aplicación de la ciencia y técnica no es neutral sino que interactúa con los valores sociales	Se reconoce la interacción entre los tres elementos CTS. Se admite desigual influencia mutua
1b	<i>Relación entre ciencia y momento histórico en que surge</i>	La ciencia está influida por su entorno histórico y social	El científico está afectado por problemas y circunstancias del momento histórico	El desarrollo de la ciencia depende de cada momento histórico	Cada momento histórico ha determinado las relaciones CTS
2 FASE PRIVADA (ACTIVIDAD EN LA FASE DE DESCUBRIMIENTO)					
2a	<i>¿Siguen los científicos un método científico?</i>	No existe un método único y universal para hacer ciencia	No existe un "Método Científico" cuya aplicación mecánica de buenos resultados	No existe un único método científico sino una serie de métodos y enfoques	El método científico es útil en muchos casos, pero no asegura buenos resultados
2b	<i>El papel de la creatividad en el descubrimiento</i>	Los científicos son creativos	Resaltar el papel del pensamiento divergente	La ciencia es una actividad que implica creatividad e imaginación	Se reconoce la influencia de la originalidad y la creatividad
3 INTERACCIÓN ENTRE FASE PRIVADA Y PÚBLICA (FORMACIÓN Y DIFUSIÓN)					
3a	<i>Carácter colectivo de la construcción del conocimiento de ciencias</i>	La ciencia es parte de las tradiciones sociales y culturales	Carácter social del desarrollo científico. Trabajo en grupo	El trabajo científico es una actividad colectiva y, a la vez, competitiva	En la construcción social de ciencias se dan desacuerdos por múltiples razones
4 FASE DE JUSTIFICACIÓN. NATURALEZA COGNITIVA DE CIENCIAS COMO PRODUCTO					
4a	<i>La ciencias ¿es duradera o provisional?</i>	Aunque es duradero, el conocimiento científico tiene carácter provisional	Se busca coherencia global. Razonable duda de procesos y resultados, por tanto, revisión continua	El conocimiento científico actual es el mejor que tenemos, pero puede cambiar en el futuro	Naturaleza dinámica y provisional del conocimiento científico
4b	<i>Los datos empíricos ¿son neutrales?</i>	Las observaciones científicas están cargadas de teoría	Los datos no tienen sentido en sí mismos, sino que son interpretados por las teorías	Es posible que los científicos den diferentes interpretaciones de los mismos datos	Los científicos observan cosas diferentes si sostienen teorías distintas
4c	<i>Papel de las hipótesis</i>	La ciencia se construye entre pruebas empíricas, argumentos racionales y escepticismo.	No se razona en términos de certezas sino de hipótesis como "tentativas de respuesta"	Los científicos formulan hipótesis y hacen predicciones sobre los fenómenos naturales	La ciencia progresa desde hipótesis, suposiciones o teoría que se confirman o refutan
4d	<i>¿Cómo se da el progreso de la ciencia?</i>	El progreso es unas veces evolutivo y otras revolucionario	Progreso complejo, no reducible a un modelo definido. Incluye cambios revolucionarios	Proceso ciclico de hacer preguntas y buscar respuestas que llevan a hacer nuevas preguntas	El progreso lineal y acumulativo del conocimiento científico es rechazado

2. Fase privada o de descubrimiento (contexto de descubrimiento,

de innovación o de la actividad investigadora de los científicos). Es la fase de la actividad de los científicos donde se realizan descubrimientos, se formalizan teorías, se descubren nuevas relaciones, etc. Aumentan los puntos de disenso en esta fase, de manera que existen aspectos o cuestiones relevantes en los que apenas aparecen consensos, se logran consensos parciales o no se han analizado. Estos se refieren a: b1. ¿afecta al científico las creencias culturales, morales y religiosas de su región? b2. ¿afectan los problemas sociales y políticos al científicos? b3. ¿influye en el científico su entorno cotidiano e intereses personales? y b4. ¿siguen los científicos pautas metodológicas o ideales propios de las ciencias? Sobre dos cuestiones se han encontrado consenso en todos los trabajos:

2a. En la actividad de investigación de los científicos no existe un método único que garantice buenos resultados.

2b. La imaginación y la creatividad juegan un importante papel en la fase de descubrimiento.

3. Interacción entre fase privada y pública (formación del científico y regulación social de las aportaciones individuales, sociología interna de la ciencia). Fase constructiva donde se elaboran la versión explícita de las investigaciones y descubrimientos para su publicación en el seno de la comunidad de científicos; ésta a su vez regula la asimilación de las aportaciones individuales y grupales. Los aspectos concretos sobre los que se han buscado acuerdos son: c1. las características del experto de la fase privada que hace aportaciones en la pública, c2. las relaciones entre el trabajo publicado y el realizado, c3. ¿cómo es la mecánica que regula las incorporaciones privadas a la ciencia pública? y c4. secuencia para integrar las aportaciones privadas en lo público.

Es curioso observar que apenas se trata el tema sobre cómo se llega a formar al experto de la fase privada que llega a tener capacidad para hacer aportaciones en la pública, es decir, cómo pasa de ser novato a ser experto. Esta última cuestión es de relevancia para la ciencia pues permite entender mejor su progreso (Echeverría, 1995; Marín, 2003a). En general, se constata que las cuestiones que contienen cierta componente psicológica o sociológica son poco tratadas. Sólo se ha encontrado el siguiente consenso:

3a. La construcción del conocimiento de ciencias es una actividad marcadamente colectiva.

4. Fase de justificación. Naturaleza de las ciencias como producto (naturaleza cognitiva de las ciencias como producto, naturaleza de la ciencia, epistemología de la ciencia, contexto de evaluación). En esta fase, dada a posteriori de la construcción del conocimiento de ciencias,

donde el epistemólogo o el filósofo de ciencias se esfuerzan por realizar una reconstrucción de segundo orden para dar cuenta de la mecánica de progreso de este conocimiento, de los métodos que suelen usar los científicos o de aquellos otros que pudieran ser más eficaces. También en este apartado se consideran las valoraciones epistemológicas del conocimiento de ciencias y su naturaleza.

Se han indagado sobre las siguientes cuestiones: d1. ¿a qué realidad se refiere? ¿Es diferente a otros conocimientos?, d2. ¿cómo se puede explicar los éxitos de teorías de ciencias? ¿Qué método usan?, d3. el conocimiento de ciencias ¿descubre o inventa? ¿refleja o interpreta la realidad? y d4. ¿qué dinámica se sigue para aceptar o refutar las ideas y teorías científicas? Es muy significativo comprobar que no hay consenso sobre qué es la ciencia, lo que pone de manifiesto, más que una falta de consenso, la complejidad actual del ámbito de ciencias (Rudolph, 2003). Junto a las cuestiones relativas a CTS, las que giran sobre epistemología de la ciencia son las más tratadas, posiblemente por eso, se encuentran bastantes consensos, entre los que caben destacar los siguientes:

4a. El conocimiento científico actual es el mejor que tenemos, pero puede cambiar en el futuro. Naturaleza dinámica y provisional del conocimiento científico.

4b. Los datos empíricos no tienen sentido por sí mismos, este los toma al ser interpretados por las teorías. En este marco se da un consenso parcial sobre las afirmaciones "la ciencia no surge por inferencia inductiva a partir de datos puros" y "el resultado de un solo experimento pocas veces es suficiente para establecer un nuevo conocimiento".

4c. Los científicos no suelen razonar en términos de certezas sino de hipótesis que juegan el papel de "tentativas de respuesta" a los problemas planteados. Usan un pensamiento hipotético-deductivo.

4d. Progreso de la ciencia es complejo y no se puede reducir a un modelo definido. Este progreso normalmente es evolutivo pero a veces conlleva cambios revolucionarios.

Además de los anteriores consensos, los trabajos que constituyen la muestra contienen otros consensos significativos aunque parciales. Presentamos algunos que tienen altas probabilidades de haberse extendido al resto de trabajos si se hubiera indagado con una rejilla o sistemática común:

5a. Sobre las incorporaciones individuales al seno del cuerpo de conocimiento de ciencias se ha encontrado un consenso que complementa el de 3a. Por un lado, McComas, Clough y Almazroa (1998) encuentra el

argumento de consenso "se exige revisión por iguales, información veraz y posibilidad de replicar resultados" y, en esta línea, Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar y Duschl (2003) encuentran otro "para ser aceptada una aportación nueva debe superar la revisión crítica de la comunidad". Dada la sencillez, quizá obvia, de este consenso y visto que existe una clara convergencia en todos los trabajos sobre el carácter social de la construcción del conocimiento de ciencias, volvemos a reiterarnos en la idea que es muy probable que los demás también hubieran encontrado consenso de haberse indagado sobre este aspecto concreto.

5b. Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar y Duschl (2003) encuentran consenso en afirmar que "la ciencia usa un método experimental para probar las ideas y, en particular, ciertas técnicas básicas como el control de variables". Este consenso no se encuentra explícito en los demás trabajos pero estos, al admitir el uso del razonamiento por hipótesis y el papel de la experiencia en el progreso de ciencias, indirectamente lo estarían asumiendo. Es muy posible que esta cuestión concreta no se haya tratado por igual en algunos trabajos dada su trivialidad.

5c. Vázquez, Acevedo y Manassero (2004) encuentran un significativo punto de consenso que consiste en admitir que "los científicos clasifican de acuerdo con sus percepciones o teorías, por tanto, podrían usar más de un esquema de clasificación". En la línea de este consenso, estos autores encuentran otro: "los científicos inventan las leyes, hipótesis y teorías que describen lo que la naturaleza hace si bien no inventan lo que la naturaleza hace". Ambos consensos, junto a otras evidencias, permite a estos autores concluir que la muestra de expertos se inclina más por el constructivismo instrumental "las leyes se inventan para interpretar los hechos" que por realismo ingenuo "las leyes descubren lo que está en la naturaleza". ¿Por que el resto de trabajos no encuentran este consenso tan relevante? Posiblemente porque no se indagó sobre el aspecto pues si todos admiten la provisionalidad de la ciencia, la interpretación de los datos empíricos y el papel relevante de las hipótesis en la construcción del conocimiento de ciencias, no es difícil inferir que de haber puesto en juego los cuatro trabajos una frase tan como "cuando los científicos clasifican algo, están clasificando la naturaleza tal como realmente es y cualquier otra manera sería simplemente errónea" habrían encontrado un alto consenso para ser rechazada.

5d. El trabajo de Fernández, Gil, Carrascosa, Praia y Cachapuz (2002) es especial respecto al resto de trabajos sobre consenso. Así, mientras éstos se preocupan de los consensos existentes sobre visiones adecuadas de ciencias, aquel además, centra principalmente sus esfuerzos en buscar los consensos existentes sobre las visiones inadecuadas del conocimiento de

ciencias. Las siete visiones deformadas de ciencias que se encuentran altamente consensuadas son las visiones: 1. descontextualizada, 2. individualista o elitista, 3. empiro-inductivista y ateórica, 4. rígida, algorítmica, infalible, etc., 5. apblemática y ahistórica (ergo acabada y dogmática), 6. analítica y 7. acumulativa, de crecimiento lineal.

Este trabajo es relevante tanto por el alto grado de consenso que existe entre estas visiones deformadas, como por su carácter complementario ante el resto de trabajos cuya formulación se centra más en la visión adecuada de la ciencia. Por estas razones, creemos probable que los anteriores consensos sobre visiones deformadas se hubieran extendido al resto de trabajos si hubieran usado rejillas o sistemáticas donde se hubieran considerados los aspectos menos adecuados en vez de estar tan enfocadas a la búsqueda de visiones adecuadas del conocimiento de ciencias.

Vistos los anteriores casos, una hipótesis que cada vez parece más plausible y esperanzadora para trabajos futuros es la siguiente: si los trabajos que buscan el consenso partieran de semejante rejilla, taxonomía o sistemática (como quiera llamarse) sobre cuáles son los aspectos más relevantes sobre la actividad y conocimiento de ciencias para buscar consensos, el número de éstos aumentaría sorprendentemente.

Incluso se podría inferir más lejos en la línea de la anterior argumentación. Dando un tiempo de aprendizaje suficiente y unas condiciones de enseñanza optimas, los expertos implicados en una experiencia de búsqueda de convergencias sobre la visión de las ciencias podría evolucionar cognitivamente hacia posiciones de mayor consenso. Esta última hipótesis se fundamenta, por un lado, en que las diferentes posiciones de los expertos se deben principalmente a su desigual formación, de forma tal que de ser más homogénea, lo aprendido sería más similar y, por otro, en que la línea evolutiva del sujeto parte de una posición epistemológica asimilable a un "mecanicismo realista" en la dirección de un "constructivismo orgánico" (ver §2.2.4).

1.8.2. Visiones más y menos adecuadas del conocimiento de ciencias

El objetivo es ahora partir de la tabla 2.3 para crear un sistema de pares dicotómicos de afirmaciones sobre la VdC. Cada par contiene dos argumentos de forma que uno es más adecuado que el otro para interpretar o valorar algún aspecto de la actividad o conocimiento de ciencias. Por ejemplo: "existe un único método científico - existe una diversidad de métodos" o "los datos empíricos son neutrales al observador porque son el reflejo de la realidad - los datos empíricos toman sentido

cuando son interpretados por una teoría". Al ***par dicotómico de afirmaciones más y menos adecuadas sobre la naturaleza de las ciencias*** se hará referencia brevemente con la expresión "***par dicotómico***" o sencillamente ***par***". También por brevedad a la parte del par que es más adecuada para interpretar la actividad y conocimiento de ciencias se referirá con el término "***par positivo***" y a la parte menos adecuada se llamará "***par negativo***". La suma de pares constituye el sistema de pares sobre la VdC.

Aunque la tabla 2.3 supone un esfuerzo de síntesis y coordinación de los argumentos de consenso de los cuatro trabajos de la muestra, muestra ciertos problemas para conseguir el anterior objetivo. La diversidad de metodologías y objetos de estudio de las investigaciones de la muestra hace que dicha tabla muestre cierta heterogeneidad dado que contiene argumentos formulados con diversos grados generalidad y profundidad, que hay argumentos formulados en negativo y otros en positivo, que algunas filas de argumentos se solapan o contienen argumentos diferentes con un mismo compromiso epistemológico, etc.

Además de los consensos de la tabla 2.3 se van a considerar otros consensos parciales que muestran buenas posibilidades de generalizarse al constatar que las direcciones de búsqueda de consensos han variado de unos trabajos a otros. El ejemplo más evidente es el referente a visiones poco adecuadas de la ciencia (5d) donde era difícil que se generalizaran los consensos al resto de trabajos cuando un análisis de sus sistemáticas mostraban que estaban claramente enfocadas a la búsqueda de visiones adecuadas del conocimiento de ciencias.

Algunos pares dicotómicos se han construido mediante la combinación de más de una fila de la tabla 2.3 en combinación con consensos parciales, principalmente los ligados a las visiones poco adecuadas de ciencias. Así pues, con el fin de no perder la fidelidad a los consensos mostrados en la tabla se han aplicado las siguientes consideraciones:

- Cada par posee un sentido o significado que no solapa con los demás y, a la vez, la suma de pares recoge la totalidad de consensos.
- Todas y cada una de las filas de la tabla 2.3 tienen representación en algún par dicotómico.
- En la medida de lo posible se ha procurado recoger las afirmaciones literales más reiteradas en la tabla 2.3, intentando no perder la entidad orgánica de cada par.
- Se intenta ser suficientemente explícitos como para mostrar con claridad las relaciones de coordinación y subordinación entre pares. Obsérvese que

la tabla 2.3 carece de estas relaciones. Esta medida es necesaria para desarrollar a partir del sistema de pares sobre la VdC los sistemas restantes.

- Dado que los diferentes consensos sobre la VdC se han formulado en positivo, se ha necesitado para la reconstrucción racional de la parte del par negativa (poco adecuada) el apoyo de consensos parciales, principalmente los explicitados en 5d que, como ya se ha mostrado, también gozan de un alto consenso.
- Un criterio relevante para realizar agrupamientos en los consensos de la tabla 2.3 ha sido el compromiso epistemológico subyacente. Este criterio se percibirá claramente no sólo en los agrupamientos que da lugar a cada par sino, una vez construido los pares, en los dos grandes agrupamientos de estos.

Todo este proceso se ha explicitado en la descripción de cada par. En total se ha construido un sistema de seis pares dicotómicos sobre la VdC, tres de ellos principalmente ligados al conocimiento de ciencias como producto y tres como proceso. A su vez cada trío está enhebrado por una determinada posición epistemológica como se verá más adelante.

1.8.2.1. Par dicotómico 1 sobre el conocimiento de ciencias

TABLA 2.4.1 (ITEMS DE CONSENSO 2B, 4A, 4B 4C Y 5D3)

CONSENSOS SOBRE ..	MCCOMAS, CLOUGH Y ALMAZROA (1998)	FERNÁNDEZ, GIL, CARRASCOSA, PRAIA Y CACHAPUZ (2002)	OSBORNE, COLLINS, RATCLIFFE, MILLAR Y DUSCHL (2003)	VÁZQUEZ, ACEVEDO Y MANASSERO (2004)	
2b	<i>El papel de la creatividad en el descubrimiento</i>	Los científicos son creativos	Resaltar el papel del pensamiento divergente	La ciencia es una actividad que implica creatividad e imaginación	Se reconoce la influencia de la originalidad y la creatividad
4a	<i>La ciencias ¿es duradera o provisional?</i>	Aunque es duradero, el conocimiento científico tiene carácter provisional	Se busca coherencia global. Razonable duda de procesos y resultados, por tanto, revisión continua	El conocimiento científico actual es el mejor que tenemos, pero puede cambiar en el futuro	Naturaleza dinámica y provisional del conocimiento científico
4b	<i>Los datos empíricos ¿son neutrales?</i>	Las observaciones científicas están cargadas de teoría	Los datos no tienen sentido en sí mismos, sino que son interpretados por las teorías	Es posible que los científicos den diferentes interpretaciones de los mismos datos	Los científicos observan cosas diferentes si sostienen teorías distintas
4c	<i>Papel de las hipótesis</i>	La ciencia se construye entre pruebas empíricas, argumentos racionales y escepticismo.	No se razona en términos de certezas sino de hipótesis como "tentativas de respuesta"	Los científicos formulan hipótesis y hacen predicciones sobre los fenómenos naturales	La ciencia progresa desde hipótesis, suposiciones o teoría que se confirman o refutan

PAR 1 SOBRE LA VDC: EMPIRISMO VERSUS CONSTRUCTIVISMO

—	LA CIENCIA ES UNA GENERALIZACIÓN DE LOS DATOS OBSERVABLES (INDUCTIVISMO), FIEL REFLEJO DE LAS LEYES NATURALES (EMPIRISMO). POR TANTO, LA CIENCIA NO ES UNA INVENCIÓN PARA DESCRIBIR EL MUNDO (VISIÓN ATEÓRICA) SINO QUE ES DICTADA O LEÍDA DESDE LAS CONTINGENCIAS DEL MEDIO.
+	LA CIENCIA SE CONSTRUYE EN UNA DINÁMICA DE CONSTANTE CONFRONTACIÓN ENTRE CONSTRUCCIONES RACIONALES (SURGIDAS DE LA CREATIVIDAD, IMAGINACIÓN, INFERENCIA, HIPÓTESIS, ETC.) Y DATOS EMPÍRICOS QUE, AL ESTAR CARGADOS DE TEORÍA, NO SON TAN DECISIVOS COMO SEÑALA EL EMPIRISMO

El primer par enfrenta al empirismo ante el constructivismo como posiciones epistémicas que entran en competencia para interpretar el conocimiento de ciencias. Está altamente consensuado el tomar el empirismo y sus corolarios como forma inadecuada de interpretar la ciencia, mientras el constructivismo aportaría la versión adecuada. Este par se ha construido a partir de los consensos 2b, 4a, 4b 4c y 5d3. Los cuatro primeros consensos están hilvanados entre sí porque forman parte de algunas de las caras de la poliédrica posición epistemológica del constructivismo.

El constructivismo se acepta actualmente como la visión más adecuada para entender la construcción del conocimiento de ciencias, mientras que al otro lado del este primer par está la posición visión de la ciencia del empirismo y sus corolarios asociados: visión inductivista y ateórica (5d1). En la tabla 2.4.1. se puede comparar las afirmaciones de partida con el par que se ha construido a partir de ellas.

1.8.2.2. Par dicotómico 2 sobre el conocimiento de ciencias

El segundo par se extrae sin mucho esfuerzo de la fila 4a para la visión adecuada y de la 5D2 para la inadecuada (ver tabla 2.4.2). Aunque no necesariamente, la visión absoluta de la ciencia está ligada a la visión del empirismo (par1-) sobre cómo se construye conocimiento la ciencia. El conocimiento de ciencias construido con rigor inductivo desde los datos empíricos que reflejan fielmente las leyes naturales, sólo puede un

TABLA 2.4.2 (ITEMS DE CONSENSO 4A Y 5D5) SOBRE LA VISIÓN DE LA CIENCIA

CONSENSOS SOBRE ..	MCCOMAS, CLOUGH Y ALMAZROA (1998)	FERNÁNDEZ, GIL, CARRASCOSA, PRAIA Y CACHAPUZ (2002)	OSBORNE, COLLINS, RATCLIFFE, MILLAR Y DUSCHL (2003)	VÁZQUEZ, ACEVEDO Y MANASSERO (2004)
4a <i>La ciencias ¿es duradera o provisional?</i>	Aunque es duradero, el conocimiento científico tiene carácter provisional	Se busca coherencia global. Razonable duda de procesos y resultados, por tanto, revisión continua	El conocimiento científico actual es el mejor que tenemos, pero puede cambiar en el futuro	Naturaleza dinámica y provisional del conocimiento científico

PAR 2 SOBRE LA VDC: VISIÓN ABSOLUTA VERSUS PRAGMÁTICA

-	LA CIENCIA CONSTRUIDA CON RIGOR INDUCTIVO DESDE LOS DATOS EMPÍRICOS QUE REFLEJAN LAS LEYES NATURALES, OFRECE LA IMAGEN MÁS EXACTA O VERDADERA DE MUNDO QUE NOS RODEA (VISIÓN ABSOLUTA, ACABADA Y DOGMÁTICA)
+	LA CIENCIA TIENE CARÁCTER PROVISIONAL POR LA IMPOSIBILIDAD DE CONSTATAIONES DEFINITIVAS. SIEMPRE ESTÁ EN CONTINUA REVISIÓN. SU VALOR NO ESTÁ EN SU CORRESPONDENCIA CON LO REAL SINO EN SU PRAGMATISMO -EFICAZ, ÚTIL, PRODUCTIVO, ETC.-

conocimiento verdadero o el más verdadero que existe sobre el mundo.

Respecto a la parte positiva de este segundo par, obsérvese que se ha introducido el elemento del primer par "la imposibilidad de constatación definitiva" avalada por la posición constructivista y el rechazo del valor empirista del dato observable. Dicho elemento, ligado causalmente al "carácter provisional" de la ciencia da a la frase un sentido más rico que las que contiene la fila 4a sin perder la fidelidad con el consenso.

La frase final sobre la visión pragmática de la ciencia no es más que un corolario de la primera frase dentro del marco constructivista: si no se puede constatar decisivamente la correspondencia entre ciencia y realidad, su valor reside en sus atributos pragmáticos y no tanto en su supuesta fidelidad con lo real.

1.8.2.3. Par dicotómico 3 sobre el conocimiento de ciencias

Este par se formula considerando los consensos encontrados alrededor del escenario donde surge y se aplica el conocimiento de ciencias. El carácter dicotómico de este par está bien establecido; así mientras la afirmación negativa (menos adecuada) señala la neutralidad del conocimiento

científico la positiva (más adecuada) resalta los diversos compromisos de

TABLA 2.4.3 (ITEMS DE CONSENSO 1A, 1B Y 5D1)

CONSENSOS SOBRE ..		MCCOMAS, CLOUGH Y ALMAZROA (1998)	FERNÁNDEZ, GIL, CARRASCOSA, PRAIA Y CACHAPUZ (2002)	OSBORNE, COLLINS, RATCLIFFE, MILLAR Y DUSCHL (2003)	VÁZQUEZ, ACEVEDO Y MANASSERO (2004)
1a	<i>Relaciones de la ciencia con la tecnología y la sociedad (CTS)</i>	La ciencia tiene implicaciones globales. Ciencia y Tecnología interactúan entre sí	Rechazo de la visión descontextualizada y neutral que ignora las complejas relaciones CTS	La aplicación de la ciencia y técnica no es neutral sino que interactúan con los valores sociales	Se reconoce la interacción entre los tres elementos CTS. Se admite desigual influencia mutua
1b	<i>Relación entre ciencia y momento histórico en que surge</i>	La ciencia está influida por su entorno histórico y social	El científico está afectado por problemas y circunstancias del momento histórico	El desarrollo de la ciencia depende de cada momento histórico	Cada momento histórico ha determinado las relaciones CTS

PAR 3 SOBRE LA VDC: VISIÓN DESCONTEXTUALIZADA VERSUS COMPROMETIDA

-	LA CIENCIA SURGE EN UN CONTEXTO DONDE DATOS, INFERENCIAS Y FINES SON NEUTRALES, POR LO QUE ES INDEPENDIENTE DE LOS PROBLEMAS DE CADA MOMENTO HISTÓRICO (VISIÓN APROBLEMÁTICA, AHISTÓRICA Y DESCONTEXTUALIZADA)
+	LA CIENCIA, COMO CUALQUIER CONOCIMIENTO, SURGE DE UN CONTEXTO PROBLEMÁTICO, USUALMENTE LIGADO A ASUNTOS ECONÓMICOS, SOCIALES Y TÉCNICOS. EL CONTEXTO DE PROBLEMAS CAMBIA SEGÚN EL MOMENTO HISTÓRICO Y CON ÉL LA CIENCIA.

la ciencia.

En la búsqueda de consensos, unos autores ponen más énfasis en las cuestiones epistemológicas de ciencias y otros más en sus implicaciones sociales y tecnológicas. Entre estos, el trabajo de Vázquez, Acevedo y Manassero (2004) da especial relevancia a las relaciones CTS y usa multitud de items para analizar los consensos, sin embargo, los que finalmente encuentran no se reflejan en la tabla 2.4.3 porque el resto de trabajos, al no abordar este asunto con el mismo detalle y profundidad, los consensos encontrados no se pueden generalizar.

Las visiones neutrales (aproblemática, ahistórica y descontextualizada) se encuentran bajo la sombra alargada del empirismo que percibe neutralidad en la búsqueda de las leyes naturales, en la toma de datos, en la asignación de significados de éstos o en los procesos inferenciales.

De este modo, el empirismo enhebra la parte negativa de los tres primeros pares mientras el constructivismo hace lo mismo con la parte positiva. Se pone de relieve la unidad epistemológica que subyace en el grupo de visiones más o menos adecuadas de la ciencia como producto.

1.8.2.4. Par dicotómico 4 sobre el conocimiento de ciencias

El par 4 versa sobre el crecimiento de la ciencia y se ha construido sobre consensos unos directos y otros inferidos. El rechazo del argumento que

recoge la parte negativa del par, de un modo más o menos explícito, está altamente consensuado en la literatura: “el crecimiento de la ciencia es lineal y acumulativo”. También lo está la parte positiva del par: “la ciencia

TABLA 2.4.4. ITEMS DE CONSENSO (4D Y 5D7)

	CONSENSOS SOBRE ..	MCCOMAS, CLOUGH Y ALMAZROA (1998)	FERNÁNDEZ, GIL, CARRASCOSA, PRAIA Y CACHAPUZ (2002)	OSBORNE, COLLINS, RATCLIFFE, MILLAR Y DUSCHL (2003)	VÁZQUEZ, ACEVEDO Y MANASSERO (2004)
4d	¿Cómo se da el progreso de la ciencia?	El progreso es unas veces evolutivo y otras revolucionario	Progreso complejo, no reducible a un modelo definido. Incluye cambios revolucionarios	Proceso cíclico de hacer preguntas y buscar respuestas que llevan a hacer nuevas preguntas	El progreso lineal y acumulativo del conocimiento científico es rechazado

PAR 4 SOBRE LA VdC: VISIÓN ACUMULATIVA VERSUS ORGÁNICA

— LA CIENCIA PROGRESA DE FORMA LINEAL, ACUMULANDO DATOS, IDEAS, LEYES Y TEORÍAS (VISIÓN ACUMULATIVA O DE CRECIMIENTO LINEAL)

✓ LA CIENCIA CRECE UNAS VECES DE FORMA EVOLUTIVA Y OTRAS REVOLUCIONARIA. EL MUNDO CAMBIA AL HACERLO LAS

crece unas veces de forma evolutiva y otras revolucionaria”.

A la parte positiva se le ha añadido una frase, de claro matiz epistemológico, que completa y enriquece la fase revolucionaria de la ciencia y es la referida al cambio que experimenta el científico cuando se modifican los paradigmas y teorías. Además, permite articular este par con los anteriores al traer a colación la idea constructivista bien consensuada (4b) de que los datos que aporta la observación y el experimento no adquieren un sentido hasta que se les asigna un significado, es decir, son interpretados por la teoría.

El título de este cuarto par es “**visión acumulativa versus orgánica**”. Se ha usado el término “**orgánico**” en el sentido de que el crecimiento de la ciencias muestra una complejidad semejante al proceso de asimilación del organismo vivo y también, acercándonos a su sentido más literal, para buscar distancia con la imagen rechazada por consenso de una ciencia creciendo por acumulación de añadidos de datos e ideas (**visión mecanicista**). La complejidad de las regulaciones sociales para que una aportación individual pueda formar parte del núcleo firme es un buen ejemplo para ilustrar el uso del término **orgánico**.

1.8.2.5. Par dicotómico 5 sobre el conocimiento de ciencias

Este quinto par versa sobre el método que sigue la actividad científica para realizar nuevos hallazgos y, en general, para progresar. Es clamoroso el consenso que se da alrededor de que no existe un método único que

explique el progreso de ciencia en ninguna de sus fases. Ahora bien, el problema que se ha dado ha sido la reconstrucción del par que da una visión adecuada de la ciencia con una afirmación en positivo. Para ello se ha usado, junto al consenso 2a, el 2b sobre el papel de la creatividad y el consenso parcial sobre el hecho de que unas fases de la construcción de ciencias están más lejos del llamado método científico que otras (Vázquez, Acevedo y Manassero, 2004). Este matiz parece más rico que negar sin

TABLA 2.4.5. ÍTEMS DE CONSENSO 5 (2A, 2B Y 5D4)

CONSENSOS SOBRE ..		MCCOMAS, CLOUGH Y ALMAZROA (1998)	FERNÁNDEZ, GIL, CARRASCOSA, PRAIA Y CACHAPUZ (2002)	OSBORNE, COLLINS, RATCLIFFE, MILLAR Y DUSCHL (2003)	VÁZQUEZ, ACEVEDO Y MANASSERO (2004)
2a	¿Siguen los científicos un método científico?	No existe un método único y universal para hacer ciencia	No existe un "Método Científico" cuya aplicación mecánica de buenos resultados	No existe un único método científico sino una serie de métodos y enfoques	El método científico es útil en muchos casos, pero no asegura buenos resultados
2b	El papel de la creatividad en el descubrimiento	Los científicos son creativos	Resaltar el papel del pensamiento divergente	La ciencia es una actividad que implica creatividad e imaginación	Se reconoce la influencia de la originalidad y la creatividad

PAR 5 SOBRE LA VdC: VISIÓN ALGORÍTMICA VERSUS ORGÁNICA

-	EXISTE UN MÉTODO ÚNICO Y UNIVERSAL QUE APLICADO CON RIGOR Y MECÁNICAMENTE EN EL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD CIENTÍFICA, DA SIEMPRE BUENOS RESULTADOS (VISIÓN RÍGIDA Y ALGORÍTMICA)
+	EXISTEN DIVERSAS FASES CONSTRUCTIVAS: A) PREVIA, B) DESCUBRIMIENTO, C) COMUNICACIÓN, D) REGULACIÓN SOCIAL Y F) JUSTIFICACIÓN). UNAS SE ACERCAN AL "MÉTODO CIENTÍFICO" (A, C Y F) Y OTRAS SE ALEJAN (B Y D). MUCHOS LOGROS SE DEBEN AL AZAR, AL ENSAYO-ERROR O A LA CREATIVIDAD E IMAGINACIÓN

más la existencia de dicho método.

En efecto, la planificación de la investigación en la fase previa, el orden que se da a la investigación que se va a publicar o las propuestas metodológicas que se dan en la fase de justificación, son fases relevantes en la construcción del conocimiento de ciencias cuya secuencias de presentación se asemejan al que promulga el método científico. Mientras, otras fases como el de la regulación social de las incorporaciones individuales y sobre todo la fase de descubrimiento se alejan de tal método.

De nuevo el término **orgánico** se le da el mismo sentido que el dado para el par cuatro: los procedimientos de progreso de la ciencia son muy diversos y complejos. Esta complejidad aumenta en algunas fases como es la de descubrimiento.

1.8.2.6. Par dicotómico 6 sobre el conocimiento de ciencias

En este último par se retoma de nuevo otro aspecto sobre la construcción y progreso de las ciencias: la implicación individual y colectiva. El consenso es también generalizado: en la parte poco adecuada se localiza la creencia muy extendida de que la ciencia progresa por las aportaciones de genios y expertos singulares y en la parte adecuada se admite la ciencia como una empresa colectiva donde la principal actividad es la participación orgánica de la comunidad de expertos de ciencias. Ver la tabla 2.4.6.

Es importante decir que admitir que la ciencia es una actividad colectiva no debería oscurecer su nutrición de aportaciones individuales usualmente elaboradas en grupos de trabajo (Marín, 2003a). Una buena visión de la ciencia no debe olvidar esta fase individual y los asuntos psicológicos ligados con ella como son las interacciones del científico con su medio en pos de descubrimientos, los procesos de abstracción para lograr formalizaciones o el proceso mediante el cual el novato se convierte en experto. Estos aspectos son escasamente reflejados en los consensos encontrados en los cuatro trabajos analizados posiblemente porque las

TABLA 2.4.6. ITEMS DE CONSENSO 6 (3A, 5D2)

CONSENSOS SOBRE ..		MCCOMAS, CLOUGH Y ALMAZROA (1998)	FERNÁNDEZ, GIL, CARRASCOSA, PRAIA Y CACHAPUZ (2002)	OSBORNE, COLLINS, RATCLIFFE, MILLAR Y DUSCHL (2003)	VÁZQUEZ, ACEVEDO Y MANASSERO (2004)
3a	<i>Carácter colectivo de la construcción del conocimiento de ciencias</i>	La ciencia es parte de las tradiciones sociales y culturales	La ciencia no se debe a personas singulares o genios solitarios sino al trabajo en grupo. Su progreso tiene carácter social.	El trabajo científico es una actividad colectiva y, a la vez, competitiva	En la construcción social de ciencias se dan desacuerdos por múltiples razones

PAR 6 SOBRE LA VDC: VISIÓN INDIVIDUALISTA VERSUS COLECTIVA

- LA CIENCIA ES FRUTO DE PERSONAS SINGULARES O GENIOS SOLITARIOS (VISIÓN INDIVIDUALISTA O ELITISTA)
- LA COMUNIDAD DE CIENCIAS REGULA SOCIALMENTE LAS INCORPORACIONES INDIVIDUALES, LA DIFUSIÓN DE IDEAS Y, CON

categorías que sistematizan la búsqueda de consensos no los contemplan como mayor extensión. También se debería prestar más atención a la mecánica social de incorporación de estas aportaciones individuales al grueso del cuerpo teórico.

Con estos seis pares no se agota la lista de descriptores relevantes de la actividad y el conocimiento de ciencias, más aún sabiendo de la complejidad de la ciencia (Rudolph, 2003). Sí que se puede afirmar que están los argumentos más consensuados presentados en un modo ordenado. El orden, la estructura, la simetría y la estética de la tabla 2.5

tiene más débito al esfuerzo de segundo orden que se ha realizado por estructurar la tabla 2.3 que a algún tipo de "orden que ya estuviera".

TABLA 3. SISTEMA DE PARES DICOTÓMICOS SOBRE VDC

VISIÓN MENOS ADECUADA (VDC-)		VISIÓN MÁS ADECUADA (VDC+)		
EMPIRISMO	(1) La ciencia es una generalización de los datos observables (inductivismo), fiel reflejo de las leyes naturales (empirismo). Por tanto, la ciencia no es una invención para describir el mundo (visión ateórica), sino que es dictada o leída desde las contingencias del medio	NATURALEZA DE LA CIENCIA	(1) La ciencia se construye en una dinámica de constante confrontación entre construcciones racionales (surgidas de la creatividad, imaginación, inferencia, hipótesis, etc.) y datos empíricos que, al estar cargados de teoría, no son tan decisivos como señala el empirismo	CONSTRUCTIVISMO
	(2) La ciencia, construida con rigor inductivo desde los datos empíricos que reflejan las leyes naturales, ofrece la imagen más exacta o verdadera de mundo que nos rodea y por tanto, se percibe como absoluta, acabada y dogmática.		(2) La ciencia tiene carácter provisional por la imposibilidad de constataciones definitivas. Siempre está en continua revisión. Más que por su correspondencia con lo real, su valor es pragmático (eficaz, útil, productivo, etc.).	
	(3) La ciencia surge en un contexto donde datos, inferencias y fines son neutrales, por lo que es independiente de los problemas de cada momento histórico (visión aproblemática, ahistórica y descontextualizada)		(3) La ciencia, como cualquier conocimiento, surge de un contexto problemático, usualmente ligado a asuntos económicos, sociales y técnicos. El contexto problemático cambia según el momento histórico y con él la ciencia.	
MECANICISMO	(4) La ciencia progresa de forma lineal, acumulando datos, ideas, leyes y teorías (visión acumulativa o de crecimiento lineal). La ciencia se ve como gran base de datos que crece añadiendo información.	PROGRESO DE LA CIENCIA	(4) La ciencia crece unas veces de forma evolutiva y otras de modo revolucionario. El mundo cambia al hacerlo las teorías o paradigmas y con ello la interpretación de datos o cómo y dónde falsar.	ORGANICISMO
	(5) Existe un método único y universal que, aplicado con rigor y mecánicamente en el desarrollo de la investigación, garantiza el éxito (visión rígida y algorítmica). El método determina el resultado con independencia del contenido.		(5) Diversas fases constructivas: a) previa, b) descubrimiento, c) comunicación, d) regulación social y e) justificación); unas más cerca del <i>método científico</i> (ace), otras más lejos (bd). Logros a veces al azar, por ensayo-error o creatividad e imaginación	
	(6) La ciencia es fruto de unos pocos expertos con mente privilegiada o genios solitarios (visión individualista o elitista). Un conocimiento superior a los demás exige mentes fuera del alcance del resto.		(6) La comunidad de ciencias regula socialmente la incorporación individual, la difusión de ideas y, con otras entidades, la gestión de la ciencia. La ciencia es una empresa colectiva.	

Al orden de la tabla 2.5 se le denomina "orgánico" pues muestra múltiples relaciones entre los argumentos de tal modo que es posible ser revisado y regulado los textos por diversos expertos. Los pares enfrentan argumentos que invitan a revisar continuamente la supuesta lógica dicotómica, los tríos de pares asociados a una posición epistemológica permiten revisar la parte positiva y negativa de cada par para que no se solapen o perfilen mejor la cara que dibujan del poliedro epistémico, los compromisos epistemológicos de cada par sugieren posibles inferencias para lograr una mayor sistemática, la presencia de nuevo elementos o la relevancia de los elementos que falta en el consenso, etc. En pocas

palabras, se denomina orden orgánico porque la tabla no es igual a la suma de pares, éstos con sus relaciones e inferencias suponen más que esa suma.

En definitiva, los seis pares dicotómicos de consenso sobre la VdC se muestran en la tabla 2.5 ordenados según sus compromisos epistemológicos subyacente en cuatro agrupamientos que se enfrenta dos a dos.

1.8.3. Visiones más y menos adecuadas del conocimiento

El punto de partida para crear un nuevo sistema de pares será la tabla 2.5, pero ahora se formularán a un nivel de generalidad superior, en el plano de la epistemología del conocimiento y, los nuevos argumentos, no se referirán a la ciencia en particular sino a cualquier tipo de conocimiento. Serán por tanto afirmaciones, presentadas en pares, más y menos adecuadas sobre la naturaleza del conocimiento y su relación con la realidad.

Para llegar a la elaboración de la tabla 2.5 a partir de la 2.3 no sólo se han considerado agrupamientos de consensos afines o complementarios, también se ha considerado la afiliación epistemológica de cada argumento. Para esto, se han analizado y dissociado las razones que fundamentan las afirmaciones de cada par.

Las razones que apoyan o refutan las partes de cada par son de dos tipos: a) una constatación sobre cómo se lleva a cabo la actividad constructiva del conocimiento científico o b) una determinada posición epistemológica. Pero lo que resulta más usual es que se den ambas razones a la vez. Veamos algunos ejemplos:

- El par1+ (forma abreviada de referirse a la parte adecuada del par 1) donde se afirma que "*la ciencia se construye en una dinámica de constante confrontación*", podría ser considerado como una posición básica del constructivismo pero también se puede tomar como una descripción esencial de la actividad científica. En efecto, un factor que distingue la ciencia de otros conocimientos es la dedicación intensa de la comunidad en tiempo y recursos materiales a fin de disponer de un conocimiento útil y eficaz cuando es aplicado en contextos donde tiene fuertes compromisos. Este tipo de conocimiento sólo se puede tener si es fruto de una intensa y constante confrontación empírica y entre partes teóricas.
- El par2+ sostiene que "*la ciencia tiene carácter provisional*". Aquí también volvemos a encontrar las dos razones anteriores: a) la razón

epistemológica que subyace es que todo conocimiento es provisional dado que siempre existe un lógico desfase entre éste y realidad y b) la razón *"así es realmente como se produce la actividad de ciencias"* es la misma que la del par 1: la necesidad de disponer de un conocimiento útil y eficaz.

- El par 3+ afirma que *"la ciencia depende del contexto problemático que existe en el momento histórico en el que surge"*. Esto que es un argumento epistemológico de peso dado que todo conocimiento surge para responder a un problema (desequilibrio cognitivo), también es una constatación histórica. La ciencia ha tenido un papel instrumental para el hombre. En sus primeros esbozos, la ciencia surge en un intento de explicar los cambios naturales directamente observables por los sentidos con la finalidad de superar la incertidumbre de la ignorancia y la superstición del ser humano o sacar mayor provecho de los recursos del entorno cercano (Farrington, 1973). Con la revolución industrial la temática de la ciencia cambia al estudio de rozamientos e inercias, optimización y transformación de la energía mecánica, etc. En la actualidad, el desarrollo de la ciencia va mucho más allá del ámbito cercano o de los sentidos abordando problemas de salud, energía, desarrollo tecnológico, ecología, etc. (Acevedo y otros, 2005).

- En el par 4+ se puede sostener que *"la ciencia crece unas veces de forma evolutiva y otras revolucionaria"* simplemente como una constatación histórica sin mayor compromiso epistemológico. Por esta razón se justifica el añadido *"la visión del mundo cambia al hacerlo los paradigmas"* para darle la dimensión epistemológica que le falta a la primera frase a la vez que completa su significado. *"Cuando en la fase revolucionaria cambian los paradigmas, para el científico cambian muchas cosas y, entre ellas, su visión del mundo"*. Esta última frase contiene otro supuesto epistemológico: *"la realidad no es tal y como lo vemos sino que para que tenga sentido es necesario interpretarla con el conocimiento que disponemos en ese momento"* o lo que es lo mismo se niega el supuesto empirista de que *"los datos aportan una información fiel de la realidad"* y, consecuentemente se negaría también, *"la posibilidad de constatar de forma decisiva una teoría"*. Obsérvese que si todas estas posiciones están relacionadas, las últimas negaciones son propias del CONSTRUCTIVISMO, mientras, *la primera "el cambio de la visión del mundo al cambiar los paradigmas"* se podría asociar al marco del ORGANICISMO puesto que *la interacción dialéctica entre sujeto-orgánico y medio modifica las estructuras del sujeto y, con ello, las nuevas interacciones y el modo de percibir el medio. CONSTRUCTIVISMO y ORGANICISMO siendo dos posiciones sobre el conocimiento diferentes son coherentes entre sí.*

- Los pares 5 y 6 muestran estructura similares. La razón de ser del par positivo reside en una constatación de la actividad científica: a) para el par 5 reside en negar la existencia de un único método científico puesto que existe una diversidad de fases constructivas, unas más cerca y otras más lejos de este modelo procedimental y b) para el par 6 consiste en enfatizar el carácter colectivo de la construcción del conocimiento de ciencias, negando que se deba a las aportaciones de pocas personas singulares o geniales. Como se puede ver ambas razones hacen referencia a cómo se produce la actividad constructiva de la ciencia y, **en ambos casos, subyace una razón epistemológica que asume la complejidad de la ciencia como un hecho que sólo admite una interpretación adecuada desde la analogía del ORGANICISMO.**

Al otro lado, los correspondientes pares negativos, incluyendo el par 4, el crecimiento lineal, algorítmico e individualista, son imágenes que simplifican en exceso la actividad de ciencias. **Los tres casos son coherentes con el MECANICISMO puesto que admiten respectivamente a) un crecimiento por acumulación de añadidos, b) una aplicación mecánica y sucesiva de procedimientos y c) una inserción directa de las aportaciones individuales al cuerpo general sólo por la autoridad de su autor.**

Este ha sido el análisis que se hizo *a priori* sobre la tabla 2.3 y que ha desembocado en la tabla 2.5. Explicarlo a posteriori se ha debido a la necesidad de expresar las posiciones epistemológicas que subyacen en los pares dicotómicos sobre la VdC con el fin de abstraer los pares sobre el conocimiento en general los cuales se expresan en la tabla 2.6.

Los pares dicotómicos sobre visiones más y menos adecuadas sobre conocimiento se reducen de seis disponibles para el conocimiento de ciencias a sólo dos, ahora bien, esta reducción se debe a que las distintas caras de la visión poliédrica de una determinada posición epistemológica que antes se mostraban separadas ahora están integradas coherentemente. A la vez, por ser el constructivismo una posición epistemológica intermedia, como pares negativos, junto al empirismo, aparece una nueva posición epistemológica poco adecuada: el racionalismo y demás posiciones afines.

Aunque **el ORGANICISMO asume o es coherente con diferentes notas epistemológicas del CONSTRUCTIVISMO, no es una posición epistemológica sino un modelo analógico para entender e interpretar diversos fenómenos de la realidad (Botella, 2001).** Es usual, ante un fenómeno desconocido o complejo, usar metáforas para comprenderlo mejor de forma que a través de esta metáfora se trasladan características, significados y/o relaciones de una entidad a otra. **El ORGANICISMO interpreta el conocimiento como cualquier órgano, por tanto admite que tiene carácter autorregulador. Esto**

significa que las construcciones cognitivas surgen de procesos de equilibración, tanto interior (evitando contradicciones) como exterior (evitando perturbaciones). Aunque la equilibración es creciente, el continuo desfase cognición-realidad siempre lleva a nuevos desequilibrios (Piaget, 1978).

En la literatura no está tan clara la posición del constructivismo (Matthews, 1994), como pudiera sugerir los párrafos anteriores. Como menos existen dos vertientes claras que tienen la etiqueta del constructivismo (Marín, 2003):

a) El uno sería constructivista porque asume que lo que el sujeto interpreta o aprehende de la realidad depende de sus conocimientos anteriores, pero a su vez, admite que entre el conocimiento y la realidad se pueden establecer correspondencias directas y aborda los problemas del conocimiento desde analogías mecanicistas. Por esta razón también se podría denominar *constructivismo mecanicista*. En el *plano de la construcción del conocimiento individual* mantienen el principio de correspondencia y la analogía mecanicista "la mente como un procesador simbólico" las diferentes teorías que se alinean al *procesamiento de la información* (Pozo, 1989; Delval, 1997).

b) El otro se desmarca del anterior porque rechaza el principio de correspondencia entre conocimiento y realidad y aborda el problema de conocimiento desde una perspectiva orgánica. Por esta razón también se podría denominar *constructivismo organicista u orgánico*. En el *plano de la construcción del conocimiento individual* esta versión constructivista admite el carácter orgánico de la estructura cognitiva -rechaza que se pueda simular la mente mediante el computador-, la cual es construida por el sujeto mediante procesos de asimilación y acomodación similares a los de otros organismos vivos. Ya no se trata de explicar cómo el sujeto procesa información dada desde el exterior o reproduce respuestas ya preparadas, sino de cómo lleva a cabo sus construcciones cognitivas con las que, por ejemplo, asigna significados y genera nuevas soluciones (Pozo, 2001).

El CONSTRUCTIVISMO que mantiene ligaduras con el EMPIRISMO y MECANICISMO toma de éstas algunas características para interpretar el conocimiento poco adecuadas mientras que el que se vincula al ORGANICISMO resulta más coherente (Delval, 1997). En efecto, siguiendo la analogía del ORGANICISMO, si todo organismo vivo dispone de una membrana que lo separa del medio, del mismo modo, entre conocimiento y medio se puede situar una membrana simbólica de separación. La membrana del ORGANICISMO es coherente con la posición epistemológica del CONSTRUCTIVISMO pues aporta una grafía que permite entender de un modo

más adecuado la interacción de sujeto con el medio, la asignación de significados, las diferencias entre enseñar y aprender o la imposibilidad de apropiaciones cognitivas directas del medio. Por otro lado, el CONSTRUCTIVISMO permite entender mejor las interacciones del organismo con su medio sin caer en extremismos (apriorismo, empirismo, etc.) o inadecuadas interpretaciones. Cualquier organismo vivo es sólo una propuesta orgánica que perdurará si predominan los éxitos sobre los fracasos en sus interacciones con el medio. Ambos, CONSTRUCTIVISMO y ORGANICISMO, son coherentes con una visión dialéctica de las interacciones entre objeto y sujeto y de cómo el **sujeto va construyendo el objeto**: las interacciones van enriqueciendo la imagen, necesariamente poliédrica, del objeto y, a su vez, la imagen mejorada permite interacciones más adecuadas, más inteligentes. Así, en paralelo a la construcción del conocimiento, el sujeto construye una realidad que es la que determina en buena medida las nuevas interacciones.

TABLA A. POSICIONES PARA ENTENDER EL CONOCIMIENTO

POSICIONES MENOS ADECUADAS	POSICIONES MÁS ADECUADA
<p>· Sobre el origen y construcción de conocimiento, en general, es poco adecuado dar prioridad, bien a la experiencia del sujeto con su medio (EMPIRISMO ①), o bien, a la capacidades cognitivas del sujeto (RACIONALISMO ②). O admitir estructuras cognitivas preformadas al nacer (APRIORISMO).</p> <p>Posiciones que admiten algún tipo de correspondencia entre objeto real y objeto conocido. En esta línea se encuentra el "REALISMO INGENUO ③" o creencia usual en suponer que las cosas son tal y como se perciben, también vale decir que el conocimiento no es más que una copia de la realidad (observar que esta posición también se puede tachar de EMPIRISMO EXTREMO). <i>Criterio de verdad</i> de estas posiciones: un conocimiento es más verdadero que otro en la medida que se aproxime más a la realidad.</p> <p>Lo contrario al realismo es el IDEALISMO ④ para el que no se puede afirmar que el conocimiento represente nada del medio pues éste es una caja negra para el sujeto.</p>	<p>El CONSTRUCTIVISMO adopta una visión intermedia al afirmar que el conocimiento se va construyendo por la interacción entre sujeto y objeto. De este modo, da igual importancia a la experiencia personal y a la actividad racional del sujeto y se aparta de posiciones más extremas (① y ②).</p> <p>Hay una realidad construida por el sujeto y otra externa a él a la que no puede acceder pero sí interaccionar. No se admite la verdad en sentido realista sino en sentido adaptativo, como aumento de la confirmación de expectativas, (se aleja de posiciones realistas ③ y empiristas ①).</p> <p>Las interacciones aportan datos para construir un objeto cognoscible cada vez más próximo (en sentido adaptativo) del objeto real pero sin alcanzarlo jamás. Admitir este acercamiento se desmarca de las posiciones idealistas ④. Tanto las construcciones cognitivas como la asignación de significados se hacen dentro del sujeto (no hay copia ni apropiación directa).</p>

TABLA A. POSICIONES PARA ENTENDER EL CONOCIMIENTO

POSICIONES MENOS ADECUADAS

Los modelos que supongan simplificar o reducir la visión del conocimiento son poco adecuados. Un modelo reduccionista muy usado ha sido el **MECANICISMO**. Éste interpreta la realidad usando la metáfora de la máquina: cualquier entidad real puede ser desmontada en las partes que la componen, asumiendo que la suma de las partes es igual al todo. Además, la realidad puede ser explicada conociendo las relaciones de causa-efecto que existe entre las partes, asumiendo que éstas son simples y lineales (proporcionales).

A destacar dos modelos mecanicista para estudiar el conocimiento:· Modelo basados en la analogía la "*la mente como procesador simbólico*". La estructura cognitiva con la que el sujeto asigna significados y procesa información se reduce a un procesador de símbolos a través de reglas lógicas. Subyace la idea mecanicista de que desmontando el procesador, conociendo sus partes y las reglas de combinación de símbolos se puede comprender la actividad cognitiva.· Modelo donde la estructura cognitiva se reduce a un entramado conceptual ligado por reglas gramaticales. Ambos modelos reducen los contenidos cognitivos procedimentales a sólo los sintácticos y, al obviar todo el material cognitivo implícito del sujeto, reducen la asignación de significados a la combinación de conceptos mediante reglas gramaticales (como se hace en un diccionario). Lo lógico y lo psicológico no está bien diferenciado.

POSICIONES MÁS ADECUADA

El **ORGANICISMO** da una visión de la organización cognitiva más adecuada que las visiones simplificadas o reduccionistas. Este interpreta el conocimiento como un organismo vivo donde las propiedades del todo no son igual a la suma de las de cada parte. Acercarse a la comprensión de un fenómeno supone estudiar dialécticamente el proceso de su evolución de modo que conforme aumenta su comprensión cambia el contexto de confrontación dialéctica entre partes, a la vez que éstas también van cambiando.· El conocimiento, como cualquier órgano, tiene carácter autorregulador. Esto significa que las construcciones cognitivas surgen de procesos de equilibración, tanto interior (evitando contradicciones) como exterior (evitando perturbaciones). Aunque la equilibración es creciente, el continuo desfase cognición-realidad lleva siempre a nuevos desequilibrios. Desde la perspectiva del propio sujeto, su conocimiento es coherente, útil y eficaz para responder a las usuales demandas de su entorno cotidiano. Otra visión será la que tome un observador externo.· Además de estructuras conceptuales, existen otros contenidos, como por ejemplo las construcciones por experiencia personal con el entorno físico o interpersonal que permiten hacer previsiones y tener habilidades. Estas poseen a menudo carácter implícito y procedimental sin mucho vínculo con la estructura conceptual (se sabe hacer pero no decir). Tales contenidos suelen estar vinculados fuertemente a lo afectivo (objetos preciados).

TABLA B1. POSICIONES SOBRE EL CONOCIMIENTO DE CIENCIAS

POSICIONES MENOS ADECUADAS	POSICIÓN MÁS ADECUADA
<p>Las que dan prioridad al objeto (<i>EMPIRISMO</i>) o al sujeto (<i>RACIONALISMO</i>) en las construcciones cognitivas. Las que asumen correspondencia sujeto-objeto (<i>REALISMO</i>) o niegan acercamiento al objeto (<i>IDEALISMO</i>). <i>MECANICISMO</i>.</p>	<p>CONSTRUCTIVISMO ORGÁNICO Este percibe la construcción de la ciencia en un doble proceso interactivo: sujeto-medio y sujeto-comunidad científica, donde la ciencia es una entidad orgánica que asimila el medio</p>

**M
A
R
C
O**

En definitiva, la posición que se adopta en lo sucesivo como más adecuada será el CONSTRUCTIVISMO ORGÁNICO, bien de forma separada o en su versión coordinada.

La teoría de equilibración de Piaget (1978) se podría enmarcar dentro del CONSTRUCTIVISMO ORGÁNICO. En efecto, es "naturalista sin ser positivista, que muestra la actividad del sujeto sin ser idealista, que se apoya igualmente sobre el objeto pero considerándole un límite (existiendo, por tanto, con independencia de nosotros, pero sin ser alcanzado nunca), y sobre todo que ve en el conocimiento una construcción continua" (Piaget, 1977). Este autor intenta salvar la supuesta contradicción entre los contrarios que participan en su formulación constructivista (sujeto-objeto, orden-azar, determinismo-libertad, equilibrios-desequilibrio, empirismo-racionalismo, idealismo-realismo) a través del proceso dialéctico de construcción del sujeto que ni es predeterminado ni debido al azar (Marín, 2003b).

1.8.4. Visiones más y menos adecuadas del aprendiz de ciencias

Para ultimar la construcción del sistema de pares queda aún por fijar los correspondientes al conocimiento del aprendiz, de tal suerte, que deben mostrar la mayor coherencia posible, no sólo con los pares de la tabla 2.6 sino con los pares consensuados sobre ciencias de la tabla 2.5.

Nos adentramos en este apartado en territorios de psicología, ese ámbito que mantiene una relación controvertida con el de DC (Marín, Solano y Jiménez-Gómez, 1999). Desgraciadamente, psicología no es un buen ejemplo de ámbito consensuado como pudiera ser el de ciencias (Pozo, 1989), más bien lo contrario (Delval, 1997; Pozo, 2003) lo que obliga a precisar **qué corriente psicológica es la que se tomará como referencia que evidentemente deberá ser la que muestre coherencia con el marco epistemológico precisado en la tabla 2.5** (para un desarrollo más amplio de esta corriente ver Marín, 2003b).

Así pues, la parte de los pares más adecuados para interpretar el conocimiento del sujeto debe ser coherente con el CONSTRUCTIVISMO ORGÁNICO y la parte de los pares menos adecuados deberá recoger buena parte de las **creencias poco adecuadas sobre aprendizaje y organización cognitiva del aprendiz de ciencias que se pusieron en evidencia en la evaluación de las dos líneas de investigación realizada en la primera parte (ver tabla 1.1).**

La construcciones de los pares dicotómicos sobre el aprendiz tienen una relevancia fundamental para responder a los problemas vistos en la parte primera de ésta memoria. Por tanto, vale decir que la solución a buena parte de los problemas encontrados sobre el alumno se encontraría en los pares adecuados sobre el aprendiz.

Hubiera sido ideal haber realizado una correspondencia punto a punto entre los pares sobre el conocimiento del alumno y los obtenidos para el conocimiento de ciencias, sin embargo, las diferencias entre los escenarios y los conocimientos que surgen de éstos hacen imposible esta tarea ya que los aspectos relevantes en un conocimiento no lo son tanto en el otro y viceversa (Marín, 2003a). Antes de construir los pares dicotómicos del aprendiz será conveniente comparar ambos conocimientos.

Los contenidos de la tabla 1 y 2 son diferentes como diferentes son los tipos de conocimiento social e individual

1.8.4.1. Comparación entre el conocimiento de ciencias y del alumno

Esta comparación se realizará sobre cuatro aspectos:

1. Influencia social.

En ambos conocimientos los factores sociales son determinantes pero ni son los mismos ni influyen del mismo modo. Así, mientras que en el alumno actúan como condicionantes externos y sus construcciones cognitivas siempre se hacen en el interior del sujeto, en la ciencia sólo actúan como externos en la fase de producción individual de cada científico. En la fase de conocimiento socialmente construido, tanto en la mecánica que regula la incorporación de las aportaciones individuales al grueso de conocimiento consensuado de ciencias, como en la mecánica de desarrollo y cambio de teorías, los factores sociales son directamente determinantes de las construcciones cognitivas de ciencias. Así, mientras que factores económicos, sociales y racionales son más decisivos en las construcciones de ciencias, los psicológicos son más relevantes en el alumno.

Mientras el soporte del conocimiento del alumno es su propia mente, en el de ciencias, existe una diversidad de formatos y soportes externos (libros, revistas especializadas, actas de congresos, soportes informáticos, etc)

donde lo usual es registrarlos con significantes verbales, matemáticos y

DIFERENCIAS ENTRE EL CONOCIMIENTO DEL ALUMNO Y EL DE CIENCIAS		
Aspecto	Conocimiento del alumno	Conocimiento de ciencias
1 Soporte ¿externo o interno?	El soporte es orgánico (la mente). Las construcciones cognitivas son individuales por mucha influencia que tengan los factores sociales.	Soportes externos (revistas, libros, informático, etc). Al ser compartido, se debe registrar a través de significantes (signos, gráficos, palabras...)
2 Contexto donde se desarrolla el conocimiento	De la diversidad de actividades del escenario cotidiano surge un conocimiento eficaz para los problemas cotidianos pero corto en el escenario académico . Ambos conocimientos presentan pocos vínculos pues se adquieren de modo diferente.	El escenario de ciencias tiene fuertes compromisos con ámbitos de producción de bienes que exige un conocimiento válido, eficaz y que de soluciones a largo plazo. Fuerte compromiso cognitivo. Los vínculos CTS marcan la dirección de un buen nº de investigaciones.
3 Modos de adquirir y construir el conocimiento	La construcción cognitiva es doble, conceptual y vivencial. La mayoría de las adquisiciones se explican por procesos de reestructuración débil. La fuerte, si ocurre, se da muy espaciada, por lo que pocos alumnos superan el nivel concreto. La regulación social es externa.	Fase individual: la confrontación en debates y laboratorio multiplican las reestructuraciones fuertes, de donde surge potente pensamiento formal. Fase social: factores sociales (int-ext) regulan la incorporación individual, así como el desarrollo y aplicación de las ciencias.
4 Carácter del conocimiento construido	• Aspectos específicos: parte de la estructura vivencial está ligada a la conceptual y parte es implícita. El significado es vivencia orgánica. • Aspectos procedimentales: De tipo inductivo o ensayo y error. La información externa se procesa de forma muy limitada.	Excepto en la fase de descubrimiento donde los tanteos del científico y del alumno se asemejan, en las demás fases de la construcción de ciencias (previa, comunicación, regulación social y justificación), predominan los procedimientos hipotético-deductivos.

gráficos.

2. Contexto donde se construyen

Existen tres escenarios donde se desarrollan ambos conocimientos de manera desigual:

a) El *escenario cotidiano* acoge una diversidad de colectivos y tipologías individuales. Usualmente, lo que es objeto de ser tratado como problema es más bien el obstáculo que impide conseguir los objetivos de la actividad cotidiana (laboral, lúdica, de relación social, etc). Las soluciones son usualmente pragmáticas, particulares y no requieren ser útiles para otros problemas u otras personas. Los valores de este escenario están muy diversificados según grupos sociales y tipos de actividad.

b) El *escenario académico* que es donde se transmite a los alumnos una serie de conocimientos estructurados y parcializados en disciplinas. Los fines y valores de este escenario dependen del modelo educativo, aunque es habitual que exista un desfase entre la práctica y los fines educativos declarados. Estos últimos casi siempre se refieren a la educación integral del alumno, igualdad de oportunidades, transferencia del conocimiento adquirido en clase para una mejor comprensión y actuación en el entorno cotidiano actual, etc. Algunos de estos objetivos se logran en parte, pero la meta real que predomina es la propedéutica: superar exámenes para pasar al siguiente nivel académico.

c) El *escenario de ciencias*, donde se construye este conocimiento, muestra peculiares mecanismos para que la producción cognitiva sea convergente y coherente. Los fines y valores predominantes están mediatizados por el esfuerzo en producir un conocimiento válido, fiable y eficaz, principalmente para su uso pragmático en el ámbito de producción de bienes materiales (Vázquez, Acevedo, Manassero y Acevedo, 2001) que es donde este conocimiento mantiene su mayor compromiso (Chalmers, 1984).

El escenario de ciencias descrito, determina fuertemente el conocimiento de ciencias construido pero no hay que olvidar las complejas relaciones CTS (Fernández, Gil, Carrascosa, Cachapuz y Praia, 2002) que también lo vinculan a la parte más interesada y material del escenario cotidiano, hasta el punto que determinan un buen número de direcciones de investigación (problemas medioambientales, desarrollo tecnológico, producción y control de bienes, etc). Por el contrario, el alumno adquiere desde la diversidad de actividades del escenario cotidiano (cognitivas, afectivas y motrices) un conocimiento eficaz para los problemas cotidianos pero corto para el escenario académico.

3. Procesos constructivos

C1. *El alumno construye su conocimiento* a través de tres tipos interacciones básicas: físicas, vicarias y simbólicas (Rodrigo, Rodríguez y Marrero, 1993; Marín, 1997). En el sujeto de la etapa infantil son más relevantes las interacciones físicas y vicarias que dan lugar a una estructura cognitiva de carácter procedimental e implícita muy ligada a lo afectivo. Después, en el proceso de socialización, comienzan paulatinamente a ser más relevantes sus interacciones simbólicas que le permiten construir sobre las anteriores otras estructuras de carácter conceptual. Esta *doble estructuración cognitiva* (conceptual y semántica-vivencial), y sus vínculos, permite explicar mejor la asignación de significados individuales (Claxton, 1987; Pozo, 2003). Así pues, en el *ámbito cotidiano* el alumno construye un conocimiento que posee una

importante componente individual de carácter procedimental e implícita donde lo cognitivo y lo afectivo están fuertemente ligados. Este conocimiento queda lejos del alto grado de estructuración lógica del entramado conceptual del conocimiento de ciencias, pero es pragmático, adaptativo, fuertemente arraigado y, aunque distante del científico, útil y eficaz en el ámbito cotidiano (Pozo, 1999). Sin embargo, el mismo conocimiento es torpe y limitado en el entorno académico, que se manifiesta excesivamente local, egocéntrico y global (MEC, 1989).

En el *ámbito académico*, el alumno adquiere en periodos de tiempo relativamente cortos gran cantidad de contenidos, normalmente en su versión declarativa, por lo que construye un conocimiento pobre en procedimientos y con poca flexibilidad para ser transferido. Alcanza sus mejores logros en el artificial contexto académico pero tampoco habría que desdeñar su utilidad en entornos cotidianos, ya que el nuevo léxico adquirido por el alumno le abre nuevas vías de comunicación y entendimiento, incluso, le aporta cierta formación procedimental (pensamiento matemático, habilidades lectoras, estructuración categorial), abundantes adquisiciones declarativas más memorísticas que significativas y con poca relación con el conocimiento cotidiano (Ausubel Novak y Hanesian, 1986; De Posada, 1996) y, ocasionalmente, algunas habilidades procedimentales científicas (Shayer y Adey, 1984; Marín 1986; Pozo y Gómez Crespo, 1998).

La mayor parte de las construcciones cognitivas en contextos cotidianos y académicos pueden ser explicadas por procesos cognitivos de memorización, generalización y diferenciación (Pozo, 1989). Los desequilibrios cognitivos de mayor envergadura, si es que ocurren, se dan espaciados en el tiempo, por lo que pocos alumnos superan el nivel de operaciones concretas quedando lejos de desarrollar un pensamiento semejante al del científico (Shayer y Adey, 1984). Así, lo usual es que el alumno utilice estrategias inductivas o de ensayo y error. La regulación social del conocimiento del alumno actúa por igual sobre su sistema cognitivo y afectivo y se rige principalmente por pautas de inserción y pertenencia a diversos grupos de su entorno inmediato (familia, amigos, grupo escolar, etc.). Aunque la integración individual depende de la idiosincrasia de cada grupo, lo usual es que el entramado de normas, valores, creencias y vínculos afectivos del grupo sean monedas de intercambio de más valor que, por ejemplo, las cualidades manuales o intelectivas.

C2. El proceso de *construcción del conocimiento de ciencias* presenta una fase de construcción individual, usualmente en el contexto de equipos de investigación, y otra fase de construcción social, bastante más relevante

que la individual, donde interviene de forma decisiva la comunidad de expertos. Para que sea compartido, el conocimiento de ciencias debe ser expresado de forma explícita en entramados conceptuales y simbólicos de alta precisión y coherencia a fin de que los significados no varíen mucho al compartirlos. Los fuertes mecanismos de regulación social de las aportaciones individuales intentan preservar el consenso y hacer más probable el progreso.

4. Características de los conocimientos de ciencias y del alumno

Las características más destacables del conocimiento de ciencias y del alumno son las siguientes:

D1. *Diferencias sobre aspectos específicos del conocimiento vinculados a fenómenos físico-naturales.* Frente a un conocimiento de ciencias altamente racional, explícito y coherente sobre los fenómenos físico-naturales, el conocimiento del alumno, desarrollado en un contexto de menos exigencia cognitiva, posee un grado de coherencia interna menor. Está orientado a ser un conocimiento funcional, pragmático y útil para las actividades cotidianas, en muchas de las cuales las cualidades afectivas cuentan más que las cognitivas. Esto hace que el conocimiento que posee el alumno de los fenómenos físico-naturales, comparado con el de ciencias, sea global, centrado en un entorno específico cotidiano, subjetivo, en buena parte implícito y vinculado a su sistema afectivo. Éste se organiza en una doble estructura cognitiva conceptual y vivencial, donde lo conceptual, lo afectivo y lo sensomotriz están fuertemente mezclado y donde existen contenidos cognitivos implícitos que ni siquiera tienen vínculo con lo conceptual u otro tipo de significantes (Piaget, 1976; Karmiloff-Smith, 1994; Pozo, 2001). En muchos casos, el significado que asigna el sujeto a un concepto viene dado por una serie de vivencias orgánicas, cognitivas, afectivas y motrices (Castilla del Pino, 2000). *Cuantitativamente*, existe buen número de contenidos cognitivos del alumno que no admiten vínculos lógicos o correspondencias con ningún contenido académico de ciencias, y lo contrario, el repertorio de esquemas cognitivos del alumnado sólo da significado, más o menos adecuado, a unos cuantos contenidos académicos, el resto los desconoce. Esto es un detalle que parece haberse pasado por alto en un buen número de trabajos donde al alumno se le han asignado "concepciones" que sólo estaban en la mente del investigador (Marín, Solano y Jiménez Gómez, 2001).

D2. *Diferencias sobre aspectos generales del conocimiento.* Lo usual es que el alumno afronte las tareas y problemas cotidianos con estrategias inductivas o por "ensayo y error". El modo de procesar el alumno la información externa está muy determinado por lo concreto y lo

perceptivo, percibe como necesario explicar lo que cambia no lo que permanece. Establece relaciones con limitaciones tales como enfatizar una dirección preferente en interacciones no lineales o establecer relaciones causales de semejanza y contigüidad (Driver, 1986; Pozo y Gómez Crespo, 1998). El entorno académico, más preocupado por enseñar y evaluar la versión declarativa de los contenidos de ciencias, no potencia el desarrollo procedimental, de manera que son pocos los alumnos que alcanzan el nivel formal (Shayer y Adey, 1984). Las características procedimentales anteriormente señaladas permanecen en la mayoría de la población estudiantil. Mientras que en ciencias, excepto en la fase de descubrimiento donde aparecen procedimientos semejantes a los del alumno, en las demás fases de la construcción del conocimiento de ciencias aparecen procedimientos hipotético-deductivos que se dan escasamente en el entorno cotidiano.

Según las diferencias que arroja la comparación entre el conocimiento de ciencias y del alumno, se establecen algunas consideraciones sobre los pares del aprendiz en su relación con los de ciencias:

- Algunas fases constructivas de ciencias hacen referencia a la regulación social de las aportaciones individuales por la comunidad de ciencias, en el caso del sujeto también existe regulación social pero las reglas son bien diferentes. Por su parte, el sujeto experimenta procesos cognitivos internos de toma de conciencia, abstracción reflexiva o asimilación que no tienen un correlato claro en la construcción del conocimiento de ciencias.
- El equivalente del "progreso de ciencias" en el sujeto es lo que se puede denominar aprendizaje, pero las mecánicas son bien diferentes (Pozo, 2003). Importante desmarcar los pares de uno y otro conocimiento en este punto para no caer en el error de suponerlos análogos (Pozo, 1999; Marín, 2003; Moreira, 2005).
- Mientras el conocimiento de ciencias requiere ser explicitado por su carácter social, el sujeto posee estructuras cognitivas implícitas que son, como menos, tan importantes como las explícitas, con unas ligaduras con su sistema afectivo que no tiene similitud en ciencias. Es poco adecuado interpretar la organización cognitiva del alumno como una estructura conceptual porque se simplifica en exceso.

1.8.4.2. Propuesta de pares dicotómicos para el aprendiz

Con todas estas consideraciones se ha construido cuatro pares:

- Dos pares versan sobre **el asignación de significados y aprendizaje del alumno**, son coherentes con el par epistemológico

primero “*empirismo y racionalismo versus constructivismo*” y procuran recoger consensos alineados al constructivismo orgánico.

- Dos pares versan sobre la **organización cognitiva del alumno**, son coherentes con el segundo par “*mecanicismo versus organicismo*” y procuran recoger los consensos sobre organización cognitiva en el marco del constructivismo orgánico.

Los conocidos solapamientos entre empirismo y mecanicismo o entre constructivismo y organicismo ya comentados en el apartado anterior hace que no se pueda afirmar que los pares sobre el aprendiz se deduzcan de una precisa posición epistemológica y que incluso existan lógicos solapamientos entre los cuatro pares del aprendiz. Dicho esto, pasamos a comentarlos:

1.8.4.3. Par dicotómico 1 sobre el conocimiento del aprendiz de ciencias

Este par y el siguiente parten del clásico problema epistemológico sobre la relación entre el objeto conocido y real, cuyas versiones más y menos adecuadas se han estudiado en el apartado § 1.3.3, a saber: a) es inadecuada cualquier opción que admita cierta correspondencia entre objeto conocido y el real y b) es adecuado imaginar que entre conocimiento y exterior existe una membrana que impide comparaciones o apropiaciones directas.

Enseñar se refiere al conjunto de acciones externas al sujeto con el propósito de que aprenda algo y *aprender* al proceso interno no observable por el que lo que se enseña es asimilado de algún modo por el aprendiz. Son dos procesos distintos y por tanto habría que ser cuidadosos al establecer algún vínculo entre uno y otro.

La presencia de una membrana entre conocimiento y medio que impide comparaciones directas o establecer correspondencias entre sujeto conocido y el real, por extensión, sería inadecuado establecer correspondencias inmediatas entre lo enseñado y lo aprendido (Delval, 1997; Pozo y Scheuer, 1999; Pérez-Echeverría, Pozo y Rodríguez, 2003). Según esto, este primer par quedaría formulado así:

Par 1 - Sería inadecuado ver o establecer vínculos causales directos o relaciones reduccionistas entre lo que se enseña y lo aprendido, entre condiciones de enseñanza y resultados de aprendizaje.

Par 1 + Es adecuado entender que toda construcción cognitiva es interna al sujeto por muy favorables que sean las condiciones externas, por tanto, no se pueden establecer vínculos directos entre enseñar y

aprender dado que son dos procesos de diferente naturaleza (Delval, 1997).

El **par 1-** supone que entre enseñar y aprender se puede establecer vínculos tales como:

- Admitir que de forma inmediata (visión directa) o mediada (visión interpretativa) el aprendiz puede adquirir lo enseñado. En la *visión directa* no se percibe el papel activo de las ideas previas del alumno en el aprendizaje y más bien se cree que lo que el niño aprende lo va grabando en su mente como se escribe en un folio en blanco (Pozo, 1989; Jiménez-Aleixandre, 2000). En la *visión interpretativa* se percibe el papel activo de las ideas previas pero se admite que, a pesar de que éstas puedan sesgar o dificultar el aprendizaje, con paciencia y esfuerzo se puede llegar a que el alumno aprenda todo lo que se le quiere enseñar (Pozo y Scheuer, 1999).
- Creer que aprender es tan simple como relacionar de forma sustantiva las ideas nuevas que se enseñan con las previas que posee el aprendiz (García Madruga, 1990; Pozo, 2003). O que es fácil aprender si el contenido se enseña con corrección disciplinar (Pozo y Gómez Crespo, 1998). En DC es frecuente ligar en un solo paso la información sobre el conocimiento del alumno con sus implicaciones para la enseñanza (Viennot, 1985; Hewson, Beeth y Thorley, 1998), como si el aprendizaje del sujeto se redujera a establecer relaciones o asociaciones sencillas entre ideas previas y nuevas. Esta imagen del aprendizaje choca con la dificultad manifiesta del alumno para adquirir o comprender los diferentes contenidos de ciencias y con diversos tipos de aprendizaje mejor fundamentados psicológicamente (Piaget, 1978; Claxton, 1987; Pozo, 1989; García Madruga, 1990; Pozo y Gómez Crespo, 1998).

El constructivismo orgánico ofrece una imagen más compleja del aprendizaje que se acerca más a los procesos orgánicos de asimilación y acomodación que con detalle ya expusiera Piaget (1978).

Es cierto que la visión constructivista del aprendizaje está muy consensuada (par 2+) pero el hecho de que existan diferentes versiones con supuestos epistemológicos diferentes o que se asuma sólo su versión más trivial (Matthews, 1994; Marín, Solano y Jiménez-Gómez, 1999) hace que existan divergencias al ser aplicado.

1.8.4.4. Par dicotómico 2 sobre el conocimiento del aprendiz de ciencias

En este par también subyace el planteamiento epistemológico del anterior, de modo que la imagen de esta membrana flexible impide trasvases y

permite entender mejor la afirmación constructivista de que toda asignación de significados y toda construcción cognitiva se produce en el interior del aprendiz. De aquí se infiere este segundo par sobre el aprendiz:

Par 2- Es inadecuado creer que es posible tomar directamente el significado, parcial o total, de algunas o todas las entidades externa al sujeto como son los objetos físicos, las palabras, los dibujos, etc. (Pozo, 1989).

Par 2+ Es adecuado pensar que los significados no llegan asociados a los significantes externos sino que los asigna el sujeto en función del conocimiento que posee (Delval, 1997; Marina, 1998; Pozo, 2001).

1.8.4.5. Par dicotómico 3 sobre el conocimiento del aprendiz de ciencias

Subyace en la construcción de este par y el siguiente la dicotomía mecanicismo-organicismo explicada en el apartado §1.3.3.

En general, en **la parte menos adecuada** están los modelos mecanicistas para estudiar el conocimiento como por ejemplo:

- Modelo basados en la analogía la "la mente como procesador simbólico". La estructura cognitiva con la que el sujeto asigna significados y procesa información se reduce a un procesador de símbolos a través de reglas lógicas. Subyace la idea mecanicista de que desmontando el procesador, conociendo sus partes y las reglas de combinación de símbolos se puede comprender la actividad cognitiva (Pozo, 1989; Delval, 1997).
- Modelo donde la estructura cognitiva se reduce a un entramado conceptual ligado por reglas gramaticales (García Madruga, 1990; Pozo, 2003; Marín, 2003b).

Ambos modelos reducen los contenidos cognitivos procedimentales a sólo los sintácticos y, al obviar todo el material cognitivo implícito del sujeto, reducen la asignación de significados a la combinación de conceptos mediante reglas gramaticales (como se hace en un diccionario). Lo lógico y lo psicológico no está bien diferenciado. Muchas investigaciones han puesto de manifiesto que las fronteras borrosas de las categorías naturales que construye el sujeto son bien diferentes a las de los conceptos bien definidos de ciencias (Pozo, 1989; Marina, 1998).

Fuertemente difundidos por el mundo anglosajón, estos modelos de corte mecanicista, también han tenido una notable incidencia en el ámbito de la DC, en particular, el modelo que percibe el conocimiento del alumno organizado en un entramado conceptual jerarquizado semejante a la

estructura conceptual de ciencia, a saber: conceptos bien definidos y ligados a los demás por relaciones lógicas de coordinación y subordinación. Concretamente, se ha usado reiteradamente en la línea del McC, en tal caso, se ha tendido a sesgar el conocimiento del alumno percibiéndolo más racional y menos afectivo de lo que es en realidad (Pozo y Gómez Crespo, 1998; Pintrich, 1999).

En este par, la **visión adecuada del conocimiento** la aporta el ORGANICISMO que percibe en el aprendiz, además de estructuras conceptuales, otras estructuras con contenidos cognitivos como por ejemplo las construcciones por experiencia personal con el entorno físico o interpersonal que permiten hacer previsiones y tener habilidades. Estas poseen a menudo carácter implícito y procedimental sin mucho vínculo con la estructura conceptual (se sabe hacer pero no decir). Tales contenidos suelen estar vinculados fuertemente a lo afectivo.

Brevemente, se podría formular este par 3 del siguiente modo:

Par 3- Se percibe el conocimiento del aprendiz organizado en un entramado conceptual jerarquizado semejante al de ciencias.

Par 3+ Tan importante como la estructura conceptual es la semántica - vivencial de carácter procedimental e implícito.

1.8.4.6. Par dicotómico 4 sobre el conocimiento del aprendiz de ciencias

Este par da continuidad al anterior ofreciendo otro aspecto de la dicotomía mecanicismo-organicismo sobre aspectos ligados a la interpretación de las concepciones del alumno.

Al analizar la línea de investigación del McA en la parte 1 de la memoria se llega a que la característica determinante de las diferentes debilidades de esta línea es el uso del contenido académico, cuyas concepciones del alumno se desea conocer, como principal referente para buscar e interpretar los datos que aportan las encuestas. En este contexto se define el par 4.

Par 4- Al interpretar el conocimiento del alumno desde estructuras conceptuales que se rigen por la lógica de clases, como es el caso del conocimiento de ciencias, se percibe un conocimiento incoherente, fragmentado y confuso. Es lógico que se vea así puesto que se está comparando con un conocimiento, el de ciencias, que es más coherente y preciso.

Par 4+ A pesar del desfase sujeto-medio, el conocimiento busca coherencia. Esto es una consecuencia de su tendencia orgánica de autorregulación y equilibración por las que se rigen sus construcciones

cognitivas. De este modo, el sujeto percibe su propio conocimiento coherente, útil y eficaz para responder a las usuales demandas de su entorno cotidiano (Pozo y Gómez Crespo, 1998). Otra visión será la que tome un observador externo (Jiménez-Gómez, Benarroch y Marín, 2006).

La lista de pares dicotómicos ligados a la visión del aprendiz no acaba con estos cuatro, ahora bien, las restricciones impuestas para la formulación de pares han sido estrictas pues no sólo se han formulado considerando el marco de los dos pares dicotómicos epistemológicos, empirismo-constructivismo y mecanicismo-organicismo sino que, por un lado, las visiones negativas de los pares se ha ajustado con coherencia con algunas de las debilidades captadas en el análisis de las líneas de investigación del McA y del McC y, por otro, la parte positiva de los pares recoge los consensos más relevantes de autores enmarcados en el constructivismo orgánico. El sistema de pares propuesto en la tabla 2.7 para el conocimiento del aprendiz muestra una buena coherencia con estos condicionantes.

1.9. Posibilidades del sistema de pares dicotómicos para el ámbito de la DC

Reuniendo los tres subsistema sobre ciencias, epistemología y aprendiz en una sola tabla, el sistema de pares quedaría como se puede apreciar en la tabla 2.8.

Se intenta ahora analizar las posibilidades que ofrece el sistema de pares dicotómicos a la DC, entendiendo que éstas sólo se podrían hacer efectivas en caso que jugara el papel de núcleo firme.

¿Tiene sentido proponer que el sistema de pares juegue el papel de núcleo teórico de la DC? Cualquier núcleo firme o esquema de asimilación es construido de forma orgánica dentro del sistema individual o social donde va a jugar ese papel, por tanto no se puede insertar desde el exterior, si bien, debe ser considerado que el sistema propuesto contenga numerosos consensos como tiene el sistema de pares. Por otro lado, las convergencias sobre ciencias se han tomado del ámbito de la DC mientras las relativas al aprendiz se han tomado de consensos parciales de psicología en el marco del constructivismo orgánico, si bien entre unas y otras existe un alto grado de coherencia pues comparten sus supuestos epistemológicos ¿aumentaría este hecho la probabilidad de llegar a un acuerdo o consenso sobre el sistema de pares? ¿tiene probabilidades de llegar a ser un esquema asimilación o núcleo firme? El único modo de saberlo es publicar el sistema de pares y esperar.

TABLA 2.8 SISTEMA DE PARES DICOTÓMICOS

PAR -	SUBSISTEMA DE PARES SOBRE LA CIENCIA	PAR +
Con rigor inductivo desde datos empíricos que reflejan las leyes naturales	Par 1c. Cómo se construye	En constante confrontación entre estructuras racionales y datos empíricos
Es un conocimiento que ofrece la imagen más exacta o verdadera del mundo	Par 2c. Cómo es	Es un conocimiento provisional pero valorado por ser útil, eficaz y productivo
La ciencia es neutral frente a los diversos problemas de cada momento histórico	Par 3c. De dónde surge	Es una reacción cognitiva a determinados problemas de cada momento histórico
De forma lineal, acumulando datos, ideas, leyes y teorías	Par 4c. Cómo progresa	Una veces de modo evolutivo y otras de forma revolucionaria
Usa un método universal tal que seguido con rigor da siempre buenos resultados	Par 5c. Qué método usa	Los métodos que se usen dependen de la fase constructiva
Principalmente se debe a las aportaciones de personas excepcionales	Par 6c. Quién la hace	La hace un colectivo de expertos que colaboran de forma coordinada

PAR -	SUBSISTEMA DE PARES SOBRE EPISTEMOLOGÍA	PAR +
Empirismo - Racionalismo	Par 1e. Origen y desarrollo	Constructivismo
Mecanicismo	Par 2e. Modelo interpretativo	Organicismo

PAR -	SUBSISTEMA DE PARES SOBRE EL APRENDIZ	PAR +
Se admite que de forma inmediata (visión directa) o mediada (visión interpretativa) el aprendiz puede adquirir lo enseñado	Par 1a. Vínculos entre E - A	Toda construcción cognitiva es interna al sujeto por muy favorables que sean las condiciones externas
Se admite que de forma inmediata o mediada por sus ideas, se puede adquirir todo el significado de lo enseñado	Par 2a. Transmisión de significados	Los significados no llegan asociados a los significantes externos sino que los asigna el sujeto con su conocimiento previo
Se percibe el conocimiento del aprendiz organizado en un entramado conceptual jerarquizado semejante al de ciencias	Par 3a. Modelos de organización cognitiva	Tan importante como la estructura conceptual es la semántica - vivencial de carácter procedimental e implícito
Desde el contenido académico se sesga y tergiversa y se percibe al aprendiz incoherente, fragmentado o confuso	Par 4a. Contexto de interpretación	Desde una teoría psicológica se sesga menos y se acerca al aprendiz que ve su conocimiento coherente, útil y eficaz

Es evidente que a los consensos no se llega por imposición sino a través de debates o dinámicas de falsación colectiva de carácter democrático, salvo en ámbitos donde el peso de reconocidas autoridades influye tanto o más que la racionalidad colectiva, en estos casos es posible saltar la dinámica democrática e imponerse un modelo por la influencia del autor.

En el supuesto de que el sistema de pares sea acogido con interés por el ámbito y es considerado lo suficiente como para analizar su valía ¿qué posibilidades tiene para difundirse, mantenerse y sobrevivir? Veamos cuáles son posibilidades para ser candidato a ser un núcleo firme de DC:

- Su utilidad puede ser puesta de manifiesto por las posibilidades didácticas que ofrece.
- Su competitividad frente a los usuales núcleo teóricos actuales en DC.
- Su estructura coherente le infiere una fuerte vocación para ser falsado o para nutrirse y sobrevivir.

1.9.1. Las nuevas orientaciones y direcciones de actuación didáctica que ofrece el sistema de pares del aprendiz

Se analiza ahora las posibilidades didácticas que ofrecen los pares positivos del aprendiz frente a las que ofrecen los negativos.

1.9.1.1. Orientaciones didácticas referidas al par 1 sobre el aprendiz: visiones reduccionistas del aprendizaje frente a visiones constructivistas

El par 1 marca una dirección de progreso sobre modelos de aprendizaje. Mientras el par 1- recoge los modelos con visión reduccionista del aprendizaje cuyo denominador común reside en establecer relaciones causales sencillas entre enseñanza y aprendizaje, el par 1+ recoge la visión más compleja del aprendizaje que ofrece el constructivismo orgánico donde valdría para su comprensión la analogía de la digestión. Veamos tres implicaciones donde se ilustran las orientaciones didácticas que se derivan de los pares positivos:

- Es usual partir de los datos que aporta un cuestionario pasado al alumnado y deducir algunas "implicaciones para la enseñanza". En este modo de operar subyace una creencia sobre aprendizaje poco adecuada que consiste en ligar en un solo paso la información sobre el conocimiento del alumno con sus implicaciones para la enseñanza (también Viennot, 1985; Hewson, Beeth y Thorley, 1998), como si el aprendizaje del sujeto se redujera a establecer relaciones o asociaciones sencillas entre ideas previas y nuevas (ver Novak, 1982). Esta imagen donde aprender parece sencillo choca con la dificultad manifiesta del alumno para adquirir o comprender los diferentes contenidos de ciencias y con diversos tipos de aprendizaje mejor fundamentados psicológicamente (Piaget, 1978; Claxton, 1987; Pozo, 1989; García Madruga, 1990; Pozo y Gómez Crespo, 1998) y que estarían en el marco que aporta la visión positiva de los pares dicotómicos del aprendiz. El aprendizaje es sobre todo asimilación orgánica de naturaleza cognitiva. La asimilación es un proceso complejo (Piaget, 1978) que no se puede reducir a esa visión simplista y mecanicista de ligar o engarzar las ideas previas con las nuevas (par 1-). Piénsese en la analogía de la digestión.

- Los *modelos de cambio conceptual* suponen que los conflictos cognitivos que se dan en el progreso de las teorías de ciencias tienen algunas similitudes con los que sufre el aprendiz de ciencias. Es posible que a cierto nivel de simplificación se pueda percibir alguna analogía, pero la comparación entre el conocimiento de ciencias y el del alumno permite afirmar que estos modelos ofrecen una visión del aprendizaje parcial, poco adecuada y su propuesta de enseñanza queda lejos de provocar el aprendizaje previsto (Marín, 1999). Para el conocimiento de ciencias puede ser lógico hablar de cambio conceptual, pues es un tipo de construcción cognitiva interpersonal que precisa ser registrado usualmente mediante un entramado conceptual. Además de estructuras conceptuales, el alumno dispone de estructuras semánticas-vivenciales con bastante contenido de carácter implícito y procedimental (Piaget, 1974; Karmiloff-Smith, 1994), donde lo cognitivo y afectivo está fuertemente interrelacionado (Botella, 2001; Marina, 1998; Pintrich, 1999) y la mecánica constructiva es diferente a la conceptual (Claxton, 1987).

Por otro lado, la secuencia de enseñanza que propone el *modelo de cambio conceptual* consiste en presentar una serie de evidencias para generar en el alumno cierto *conflicto cognitivo*. Se trata de crearle cierta insatisfacción con sus ideas, para después presentar las nuevas como más plausibles y útiles. Esta secuencia es discutible, puesto que las evidencias que prepara el docente para crear conflictos cognitivos, usualmente no actúan como tales para los alumnos (Villani y Orquiza de Carvalho, 1995; Leach, 1999). Además, admitiendo que el sujeto afronte el conflicto como tal, existen varios modos para compensar la perturbación que, en cualquier caso, más que un cambio, supone modificaciones en los esquemas cognitivos. Puede ocurrir que a) aumente en extensión la capacidad asimiladora de estos, b) se coordinen entre ellos, c) se creen nuevos por diferenciación o d) se creen otros de rango superior (Piaget, 1978). Estas posibilidades de construcción cognitiva, bien fundamentadas en datos psicológicos, no son contempladas en la propuesta de aprendizaje del *cambio conceptual* (Claxton, 1987; Pozo y Gómez Crespo, 1998; Oliva, 1999; Marín, 1999). Así, el supuesto cambio conceptual no sería posible, pues ni hay *cambio* ni, en muchos casos, es *conceptual* (Marín, 1999; Pozo, 1999). En la práctica, aún no se dispone de experiencias de clase, donde el conflicto cognitivo haya dado lugar a un claro cambio conceptual (Duit, 1999).

- Existen modelos de enseñanza que se fundamentan en el supuesto de que "*la metáfora que contempla a los alumnos como investigadores noveles proporciona una mejor apreciación de la situación de aprendizaje*" (Gil-Pérez, Guisáosla, Moreno, Cachapuz, Pessoa de Carvalho, Martínez

Torregrosa y otros, 2002), es decir, se asume cierto isomorfismo entre actividades de clase por investigación y la mecánica de aprendizaje del alumno cuando se afirma que las secuencias procedimentales propias de la actividad científica suponen la condición óptima de clase para fomentar el aprendizaje de ciencias. Es dudoso que los procesos constructivos del aprendizaje sean similares a los que se usan en la construcción social de ciencias si se tiene en cuenta las diferencias procedimentales entre unos y otros (Pozo y Gómez Crespo, 1998) o se observan las diferencias entre los procesos de la actividad de ciencias y los que propone el constructivismo orgánico (par 1+) para el aprendizaje del aprendiz (por ejemplo, Delval, 1997; Marín, 2003b).

1.9.1.2. Orientaciones didácticas referidas al par 2 sobre el aprendiz: visiones simples de transmisión de significados frente a la visión constructivista

El par 2 se refiere a la relación del significado enseñado con el aprendido. En general es poco adecuado establecer correspondencias más o menos directas como por ejemplo, admitir que de forma inmediata o mediada por sus ideas, el aprendiz puede adquirir todo el significado de lo enseñado. Puesto que los significantes externos no llegan asociados a los significados y estos deben ser asignados por el sujeto con su conocimiento previo, sería más adecuado pensar que no se pueden establecer correspondencia directas entre significados externos e internos. Estas perspectivas básicas del significado tienen las siguientes implicaciones didácticas:

- Los significados de los conceptos de ciencias, en su versión explícita y académica en la que se enseñan, son elaboraciones cuyo origen se remonta en el tiempo en uno o varios siglos. El contexto problemático, cognitivo y social de donde surgieron es diferente al actual. En ese tiempo, una comunidad de expertos en el tema, han decantado, filtrado, modificado, sintetizado, formalizado, etc. el significado original para ajustarlo a nuevos contextos. Un producto cognitivo tan sintético, depurado y abstracto, no debería extrañar al docente de ciencias que, cuando lo enseñe en los breves periodos de tiempo de clase, su alumnado muestre "rareza", incomprensión o le sea casi imposible su vinculación con sus conocimientos cotidianos. Esto no se soluciona con una buena explicación o tratando de ajustar la enseñanza a la versión correcta del concepto ya que es un problema de aprendizaje, no de enseñanza. Es más adecuado intentar negociar significados, los de la versión académica con los que posee el alumno previamente usando estrategias de enseñanza que den oportunidad al alumno a ir construyendo un significado que se vaya acercando paulatinamente al de la versión correcta o integrando jerárquicamente lo asimilado con sus ideas previas (Pozo, 2003).

- Se suele manejar una visión del aprendizaje que admite que con más o menos esfuerzo y una buena enseñanza se puede lograr que todo el significado que se enseña sea adquirido por el aprendiz (Pozo y Gómez Crespo, 1998). Sin embargo, la adquisición de significados es más bien una cuestión de grados. En efecto, sobre cualquier entidad susceptible de ser cognoscible (un concepto, una relación, un fenómeno, etc), el sujeto siempre dispone de cierta carga de significados que puede ser enriquecida constantemente, y esto es cierto tanto para el hombre de la calle como para el científico más eminente. No es, por tanto, una cuestión de todo o nada (Pozo, 1996; Oliva, 1999). Desde esta perspectiva, los más variados frentes didácticos de clase (debates, experiencias, analogías, problemas, explicaciones, etc) pueden ser válidos para enriquecer el significado del alumno. Todos los modelos de enseñanza tienen cierto grado de validez y son, en cierta medida, complementarios (también Aliberas, Gutiérrez e Izquierdo, 1989). El alumno para construir sus significados debe interpretar la información que le llega a partir del conocimiento que posee. Dado que los conocimientos de enseñante y alumnado no son los mismos, los significados serán diferentes. Esta es la razón por la que el constructivismo orgánico no admite que el aprendizaje pueda conllevar el "paso" de todo el significado de un concepto del profesor al alumno, dado que éste reconstruye y asigna su propio significado.

- Los significados del aprendiz los asigna o los expresa con su estructura conceptual. Esta idea es frecuente encontrar de un modo implícito en un buen número de trabajos. Así por ejemplo, en la línea del McA primordialmente se ha buscado en el alumnado sus ideas referidas a contenidos conceptuales de enseñanza y los investigadores usando sólo la información verbal del alumno han creído ver cuáles eran los significados que mantienen los alumnos. Muy pocos trabajos han intentado una búsqueda de capacidades procedimentales y prácticamente ninguna lo ha intentado con las habilidades motoras del aprendiz (Marín, Jiménez-Gómez y Benarroch, 2001). Por su parte el McC parece dar a entender en muchos trabajos en esta línea que lo importante es centrar el esfuerzo en el cambio conceptual del alumno como si las demás capacidades cognitivas del alumno no fueran importantes o no existieran (Martínez-Torregrosa, Doménech y Verdú, 1993; Pozo y Gómez Crespo, 1998; Marín, 1999).

1.9.1.3. Orientaciones didácticas referidas al par 3 sobre el aprendiz: visión de red conceptual para modelizar el conocimiento del aprendiz frente a la visión organicista

En DC es frecuente el manejo de un modelo sobre la estructura cognitiva del alumno, normalmente de modo implícito, que se asemeja a la

estructura y organización conceptual de las ciencias. Bajo la anterior creencia se suele interpretar el conocimiento del alumno, su organización, desarrollo y aprendizajes desde el de ciencias. Así es usual la interpretación de las concepciones desde los contenidos académicos o suponer que el aprendizaje se asemeja a los mecanismos de construcción y progreso del conocimiento de ciencias. Esta visión reduccionista de la organización cognitiva del aprendiz (par 3-) no sólo limita las posibilidades didácticas para actuar adecuadamente sino que impide considerar otras opciones didácticas deducibles al considerar otros contenidos cognitivos y, por consiguiente, otros tipos de aprendizaje (pares 3+ y 1+).

Por el contrario, bajo el constructivismo orgánico, el conocimiento del sujeto se percibe organizado en una doble estructura cognitiva conceptual y vivencial, donde lo conceptual, lo afectivo y lo sensomotriz están fuertemente mezclado y donde existen contenidos cognitivos implícitos que ni siquiera tienen vínculo con lo conceptual u otro tipo de significantes (Piaget, 1976; Karmiloff-Smith, 1994; Pozo, 2003). En muchos casos, el significado que asigna el sujeto a un concepto viene dado por una serie de vivencias orgánicas, cognitivas, afectivas y motrices (Castilla del Pino, 2000). Así, el constructivismo orgánico, percibe construcción cognitiva del sujeto en los incrementos en la capacidad de asimilación de esquemas, en la coordinación o diferenciación de esquemas, en los procesos de abstracción reflexiva, en las reestructuraciones cognitivas o en la toma de conciencia del contenido cognitivo implícito (Marín, 2005), construcciones cognitivas que serían más difíciles de entrever desde modelos reduccionistas.

Veamos algunas orientaciones didácticas de todo lo anterior:

- Es usual que se realicen esfuerzos por ponderar adecuadamente el conocimiento del alumno frente al conocimiento disciplinar. Este es el eje determinante de cualquier diseño curricular. En el ámbito de la DC también se percibe este esfuerzo, pero los resultados muestran que queda todavía bastante camino por recorrer. Desde la perspectiva del constructivismo orgánico se percibe que se sigue enfatizando la enseñanza sobre los contenidos conceptuales y sigue predominando la lógica disciplinar sobre las necesidades del aprendiz y esto es así porque se sigue intentando hacer didáctica desde la perspectiva de los contenidos académicos o desde la HFC. En ambos casos se suele asimilar de un modo implícito la estructura cognitiva del alumno a la estructura y organización conceptual de las ciencias. Esto limita las posibilidades didácticas pues, además de conceptos, el aprendiz tiene esquemas específicos, abstractos, operacionales, implícitos, etc. Considerar estos elementos, primero, y llevar una línea de actuación didáctica que los fomente es un factor básico

para hacer un currículo atendiendo al desarrollo del aprendiz. El *constructivismo orgánico* muestra la enseñanza de las ciencias como un asunto de interacción entre dos sistemas cognitivos, el de ciencias y el del alumno, sin primar uno sobre otro, intentando más negociar significados que llevar uno al otro o viceversa.

- ***Los modelos de enseñanza por investigación obvian o no hacen intervenir adecuadamente las capacidades y limitaciones procedimentales de los alumnos y las dificultades psicológicas que conlleva su construcción*** (Piaget, 1977b; Shayer y Adey, 1984; Lawson 1993). Esto es un requisito básico para evitar que el alumno se frustre intentando desarrollar actividades con un nivel de exigencia por encima de sus capacidades procedimentales (Marín, 1991). En secundaria, poco más del 20% de los alumnos de secundaria alcanzan algunas habilidades del pensamiento formal (Shayer y Adey, 1984; Marín, 1986), el resto no tendría suficientes recursos cognitivos para realizar las actividades procedimentales que proponen estos modelos. Además, los modelos de enseñanza por investigación proponen para aprender los conceptos de ciencias el uso de estrategias de enseñanza con procedimientos cuyo aprendizaje es más difícil que el de los propios conceptos (Marín, 2005). En efecto, si consideramos la versión del constructivismo orgánico dada por Piaget (1978) la mayor parte de los procedimientos de carácter hipotético-deductivo conlleva en su construcción procesos de abstracción reflexiva a partir de esquemas específicos ligados a los conceptos físicos-naturales, es decir, por orden de dificultad, primero se construyen los esquemas específicos y después los operatorios. Siendo estos últimos los causantes de las habilidades procedimentales hipotético-deductivas. No se llega a las mismas estrategias de enseñanza procedimental si se fundamentan en la actividad de los científicos o en la mecánica de construcción de esquemas operatorios.

1.9.1.4. Orientaciones didácticas referidas al par 4 sobre el aprendiz: interpretación académica frente a interpretación psicológica

Las orientaciones didácticas que se puede extraer del par 4 extienden y profundizan las del par 3. Se refieren a las consecuencias didácticas que se deducen por el uso de unos u otros contextos para interpretar el conocimiento del aprendiz. Nuevamente habría que resaltar que estamos ante una cuestión donde hay un gradiente de posiciones que se mueven entre dos extremos, desde interpretaciones usando el conocimiento académico (par 4-) hasta las que se hacen atendiendo a las necesidades psicológicas del aprendiz (par 4+). Aunque los extremos no son excluyentes, de hecho ocurre así por los problemas de formación de los investigadores de DC ya comentado en otro lugar. En general, los modelos

conceptuales perciben una estructura cognitiva en el alumno más racional y declarativa de lo que es en realidad (Marina, 1998; Pintrich, 1999). Veamos otras consecuencias por el uso de diferentes contextos interpretativos:

- ***Sobre el cambio de contexto para interpretar el conocimiento del aprendiz:*** El par 4 señala que la prioridad académica lleva a tomar una dirección poco adecuada de búsqueda: indagar sobre lo que el alumno sabe del contenido objeto de enseñanza cuando lo adecuado, siguiendo la indicaciones de la parte positiva del par 4 (también del 2), sería sondear sobre qué significados asigna el alumno, cómo interpreta o cómo explica los diferentes fenómenos naturales asociados con dicho contenido (Jiménez-Gómez, Benarroch y Marín, 2006). Una sugerencia metodológica se impone: el uso del contenido académico como referente para buscar e interpretar los datos que aporta el aprendiz, maximiza los sesgos y distorsiones mientras que un contexto o marco teórico constituido por la parte positiva de los cuatro pares del aprendiz lo minimiza puesto que ofrece un contexto más adecuado para interpretar su conocimiento (Marín, Jiménez-Gómez y Benarroch, 2004).

Además, el hecho de que desde los modelos reduccionistas se perciba un conocimiento del alumno incoherente, fragmentado, confuso, etc., es debido a que es evaluado o interpretado tomando como referencia el conocimiento académico de ciencias y el mismo conocimiento de ciencias. Una interpretación más psicológica, además de sesgar menos, permitiría comprender mejor porqué el sujeto tiene una imagen de su propio conocimiento coherente, útil y eficaz (Pozo, 1999).

- ***Sobre otras direcciones para buscar información en el alumno:*** La revisión de la línea del McA permite afirmar que cuando la búsqueda de conocimientos previos en el aprendiz está fuertemente mediatizada por el contenido académico, la información tomada está, por un lado, seriamente limitada pues se obvian aspectos relevantes del conocimiento del alumno tales como sus ideas sobre el entorno cotidiano, habilidades procedimentales, contenidos implícitos, estructuras cognitivas procedimentales, etc., y por otro, sesgada pues la búsqueda e interpretación de datos está guiada por el contenido académico cuyas concepciones del alumno se desea conocer. Es evidente que las medidas didáctica que deduzca de esta información limitada y sesgada también serán limitadas, mal enfocadas y quizá poco adecuadas. Por el contrario, la parte positiva de los cuatro pares dicotómicos sobre el aprendiz configura un contexto teórico bien adecuado para afrontar las investigaciones sobre el conocimiento del alumno y que han dado muy buenos frutos, aunque este no sería el lugar para desarrollar el contexto

teórico aludido y sus implicaciones metodológicas (ver Marín, 1994; Benarroch, 1998; Marín, Jiménez-Gómez y Benarroch, 2001; Jiménez-Gómez, Benarroch y Marín, 2006).

Habría que dispersar la búsqueda en otras direcciones e indagar sobre nuevos contenidos cognitivos, unos de carácter procedimental, otros no ligados directamente a los académicos (por ejemplo, el conocimiento cotidiano del alumno) o aquellos otros que son difíciles de expresar por vía verbal (Marín, Jiménez Gómez, Solano y Benarroch, 2001). Estos nuevos contenidos cognitivos pueden que no admitan una clara vinculación lógica con el contenido de ciencias a enseñar pero, en la medida que el sujeto los hace intervenir para realizar sus construcciones académicas, son significativos para éste y también, por tanto, para el docente de ciencias.

TABLA 2.9. OPCIONES DIDÁCTICAS DEL SISTEMA DE PARES SOBRE EL APRENDIZ

OPCIONES USUALES		OPCIONES NUEVAS	
PAR 1A: SOBRE APRENDIZAJE. VISIÓN REDUCCIONISTA VS CONSTRUCTIVISTA			
<p>Ligar directamente las ideas previas con las nuevas enseñadas induce a pensar que aprender es fácil</p> <p>-----</p> <p>Aprender es sobre todo cambio conceptual</p> <p>-----</p> <p>Simular la actividad de los científicos facilita el aprendizaje</p>	<p>Vínculos causales lógicos y sencillos entre enseñar y aprender (EA)</p>	<p>Vínculos EA complejos pues son procesos diferentes</p>	<p>Lo nuevo se incorpora en un complejo proceso orgánico: asimilación, acomodación, abstracción, diferenciación, toma de conciencia, etc.</p> <p>-----</p> <p>Aprender es más que cambio conceptual</p> <p>-----</p> <p>Muchos procesos de aprendizaje son diferentes a los procesos científicos</p>
PAR 2A: SOBRE TRANSMISIÓN DE SIGNIFICADOS Y SU APRENDIZAJE. VISIÓN SIMPLE VS CONSTRUCTIVISTA			
<p>El significado del concepto de ciencias se aprende si se enseña siendo fieles a su versión correcta</p> <p>-----</p> <p>Con más o menos esfuerzo y buena enseñanza se logrará que todo el significado que se enseña sea adquirido</p> <p>-----</p> <p>El aprendiz asigna o expresa sus significados con su estructura conceptual</p>	<p>Se admite que de forma inmediata o mediada por sus ideas, el aprendiz puede adquirir todo el significado de lo enseñado</p>	<p>Los significados los asigna el sujeto a los significantes externos pues estos no llegan con significados asociados</p>	<p>El concepto de ciencias, sintético y sin contexto se enseña mejor negociando su significado con el alumno</p> <p>-----</p> <p>Todo el significado de lo que se enseña no puede ser adquirido puesto que no es cuestión de todo o nada</p> <p>-----</p> <p>El aprendiz asigna o expresa sus significados con conceptos y otros contenidos cognitivos</p>
PAR 3A: SOBRE ORGANIZACIÓN COGNITIVA. VISIÓN DE RED CONCEPTUAL VS ORGÁNICA			

<p>Se enfatiza la enseñanza sobre los contenidos conceptuales y predomina la lógica disciplinar sobre las necesidades del aprendiz</p>	<p>Se concibe el conocimiento del aprendiz organizado en un entramado conceptual jerarquizado semejante al de ciencias</p>	<p>Tan importante como la estructura conceptual es la semántica - vivencial de carácter procedimental e implícito</p>	<p>Además de conceptos el aprendiz tiene esquemas específicos, abstractos, operacionales, implícitos, etc. El currículo atiende a su desarrollo.</p>
<p>Priman los procedimientos de la actividad científica sobre los del aprendiz que se ignoran o no se consideran adecuadamente</p>			<p>La exigencia de actividades procedimentales no deben superar las capacidades del aprendiz; más difíciles de adquirir que los conceptos</p>

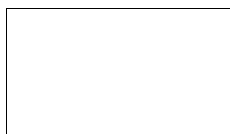
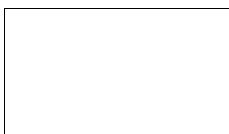
PAR 4A: SOBRE INTERPRETACIÓN DEL APRENDIZ. VISIÓN ACADÉMICA VS PSICOLÓGICA

<p>Al interpretar al aprendiz desde la ciencia, el investigador percibe un conocimiento confuso incoherente o fragmentado</p>	<p>Se interpreta el conocimiento del alumno desde el académico</p>	<p>Un contexto de interpretación adecuado es una teoría psicológica</p>	<p>Sesga menos interpretar al aprendiz desde la psicología y se comprende la visión que él tiene de su mente: coherente, útil y eficaz</p>
<p>Información limitada y sesgada del alumno infiere una didáctica menos ajustada al alumno</p>			<p>Información más amplia y menos sesgada infiere una didáctica más ajustada al nivel cognitivo del alumno.</p>

Tabla 3. Opciones didácticas del sistema de pares sobre el aprendiz

Opciones usuales		Opciones nuevas	
Par 1: Sobre transmisión de significados. Visión simple vs constructivista			
<p>El significado del concepto de ciencias se aprende si se enseña siendo fieles a su versión correcta</p> <p>Con más o menos esfuerzo y buena enseñanza se logrará que todo el significado que se enseña sea adquirido</p> <p>El aprendiz asigna o expresa sus significados con su estructura conceptual</p>	<p>Se admite que de forma inmediata o mediada por sus ideas, el aprendiz puede adquirir todo el significado de lo enseñado</p>	<p>Los significados los asigna el sujeto a los significantes externos pues estos no llegan con significados asociados</p>	<p>El concepto de ciencias, sintético y sin contexto se enseña mejor negociando su significado con el alumno</p> <p>Todo el significado de lo que se enseña no puede ser adquirido puesto que no es cuestión de todo o nada</p> <p>El aprendiz asigna o expresa sus significados con conceptos y otros contenidos cognitivos</p>
Par 2: Sobre aprendizaje. Visión reduccionista vs constructivista			
<p>Ligar directamente las ideas previas con las nuevas enseñadas induce a pensar que aprender es fácil</p> <p>Aprender es sobre todo cambio conceptual</p> <p>Simular la actividad de los científicos facilita el aprendizaje</p>	<p>Vínculos causales lógicos y sencillos entre enseñar y aprender (EA)</p>	<p>Vínculos EA complejos pues son procesos diferentes</p>	<p>Lo nuevo se incorpora en un complejo proceso orgánico: asimilación, acomodación, abstracción, diferenciación, toma de conciencia, etc.</p> <p>Aprender es más que cambio conceptual</p> <p>Muchos procesos de aprendizaje son diferentes a los procesos científicos</p>
Par 3: Sobre organización cognitiva. Visión de red conceptual vs orgánica			
<p>Se enfatiza la enseñanza sobre los contenidos conceptuales y predomina la lógica disciplinar sobre las necesidades del aprendiz</p> <p>Priman los procedimientos de la actividad científica sobre los del aprendiz que se ignoran o no se consideran adecuadamente</p>	<p>Se concibe el conocimiento del aprendiz organizado en un entramado conceptual jerarquizado semejante al de ciencias</p>	<p>Tan importante como la estructura conceptual es la semántica - vivencial de carácter procedimental e implícito</p>	<p>Además de conceptos el aprendiz tiene esquemas específicos, abstractos, operacionales, implícitos, etc. El currículo atiende a su desarrollo.</p> <p>La exigencia de actividades procedimentales no deben superar las capacidades del aprendiz; más difíciles de adquirir que los conceptos</p>
Par 4: Sobre interpretación del aprendiz. Visión académica vs psicológica			
<p>Al interpretar al aprendiz desde la ciencia, el investigador percibe un conocimiento confuso incoherente o fragmentado</p>	<p>Se interpreta el conocimiento del alumno desde el académico</p>	<p>Un contexto de interpretación adecuado es una teoría psicológica</p>	<p>Sesga menos interpretar al aprendiz desde la psicología y se comprende la visión que él tiene de su mente: coherente, útil y eficaz</p>

Información limitada y sesgada del alumno infiere una didáctica menos ajustada al alumno



Información más amplia y menos sesgada infiere una didáctica más ajustada al nivel cognitivo del alumno.

1.9.2. Posibilidades del sistema de pares para responder a algunas carencias teóricas

En la primera parte de la memoria se han mostrado algunas debilidades del ámbito de DC como cuerpo de conocimiento. Se ha podido comprobar que éstas han sido denominador común en diferentes contextos de evaluación tales como los seminarios acontecidos recientemente para estudiar el estado del ámbito (tabla 1.1), la revisión de las líneas del McC y McA y el análisis DAFO (debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades) realizado por un grupo de expertos de DC. Llega el momento de evaluar si el sistema de pares dicotómicos, construido con la intención de responder a estas debilidades, ha conseguido sus objetivos:

1.9.2.1. *Respuesta a la ausencia de marco o núcleo teórico*

La percepción de esta debilidad es la que aparece con mayor énfasis en todos los contextos donde se ha evaluado el ámbito de DC (Moreira, 2005; Oliva, 2006). Desde los mismos foros anteriores se llama al esfuerzo de la comunidad por establecer un núcleo teórico consensuado para la DC que sea útil, predictivo y eficaz para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en todos los niveles educativos. Este núcleo firme se percibe como necesario para hacer progresar y consolidar la DC.

Este es el hueco que pretende llenar el sistema de pares dicotómicos creado. El esfuerzo realizado para construirlo desde los consensos sobre VdC, sobre epistemología y, los consensos parciales sobre el aprendizaje intenta animar a la comunidad y llama su atención no tanto para llevarlo al consenso como para abrir un debate con la intención de falsar, confirmar o transformar. Más adelante se darán las técnicas, heurística y pautas para una falsación del sistema.

El sistema de pares dicotómicos ofrece posibilidades que lo sitúan como la mejor alternativa para actuar en el ámbito como núcleo duro frente a los actuales elementos teóricos, como son la HFC y el constructivismo:

- En el caso de la HFC porque, aún suponiendo que se llegara a un consenso suficiente que en la actualidad carece, no ofrece un contexto teórico suficiente para dar respuesta adecuada a la diversidad de problemas de la enseñanza de las ciencias donde la fenomenología cognitiva asociada al aprendizaje se saldría de su campo de competencia. El sistema de pares dicotómicos contiene respuestas adecuadas frente al aprendizaje y, además, contiene los consensos más notables de la HFC.
- En cuanto al constructivismo, sí que goza de un alto grado de consenso, pero en su situación actual no puede jugar el papel de núcleo

teórico por la diversidad de planos y supuestos donde se formula y porque el más consensuado es el denominado constructivismo trivial (vonGlaserfeld, 1991; Matthews, 1994; Marín, Solano y Jiménez-Gómez, 1999) cuyo compromiso teórico no va más allá de la afirmación "el conocimiento no es recibido pasivamente sino construido activamente por el sujeto que conoce". El sistema de pares frente al constructivismo trivial ofrece una versión más comprometida y detallada del aprendiz -el constructivismo orgánico- que además tiene el valor añadido de ser coherente con los consensos logrados en la HFC.

Aunque no se llegara a consensos y el sistema de pares sólo fuera objeto de debate colectivo, las ventajas del sistema de pares comenzarían a notarse. Algo que está bien contrastado en el ámbito de la DC es que cuando existen asuntos que suelen ser objeto de controversias y diálogo, como es el caso de la HFC, se crean unas condiciones muy favorable para el aprendizaje, el progreso y la maduración de los expertos de forma colectiva (Marín, Solano y Jiménez-Gómez, 1999). Hay que hacer notar que la consideración de experto no supone que haya llegado al límite de su capacidad para aprender. En un tema que es objeto de caluroso debate, a la larga, suele quedar publicado un buen número de trabajos que muestran notables convergencias y puntos de consenso. De llegarse al consenso sobre el sistema de pares o sobre una transformación de éste de forma colectiva, las ventajas generales serían las siguientes:

- Se evitaría el derroche de publicaciones en direcciones que el paso del tiempo muestra su debilidad. Este despilfarro se podría evitar en parte si se considerara algunos conocimientos disponibles en otros ámbitos. Tenemos dos ejemplos en nuestro ámbito sobre este particular: las líneas de investigación del McC y del McA. No se hubiera dado tanta credibilidad a la propuesta del cambio conceptual si se hubiera observado que su visión del aprendizaje era disparatada a la luz de la teoría de la equilibración de Piaget (1978) o que la información que estaba ofreciendo el McA del aprendiz estaba muy sesgada y tergiversada pues era sondeada e interpretada usando como referente el contenido académico cuyas concepciones se buscaban.
- Se podría dar respuesta a una debilidad nada desdeñable del ámbito de DC: la *desigual formación de los que se incorporan al área de DC*, sobre todo, por no existir un plan de formación específico. La formación universitaria inicial de la mayor parte de investigadores de Didáctica de las Ciencias es básicamente en materias de ciencias (Gutiérrez, 1987; Duschl, 1994; Tamir, 1996). Después, las exigencias del contexto profesional "obligan" a una formación adicional del experto, generalmente usando el material publicado del ámbito de la DC. La actual divergencias

en este material y la ausencia de un núcleo teórico consensuado explica la desigual formación de los expertos que, en muchos casos, está mediatizada por el grupo de investigación en el que se inscribe. Por eso en la actualidad, poseer un núcleo teórico firme se percibe como algo importante para la DC (Moreira, 2005; Oliva, 2006) pues rompería el ciclo vicioso de la divergencia para ir paulatinamente, en el proceso de formación de nuevos expertos, encontrándose la convergencia y el consenso. Ese hueco en la formación constituye la oportunidad que anhela el sistema de pares dicotómicos.

- El sistema de pares como núcleo teórico permitiría dar una respuesta a la *dispersión de criterios para establecer los contenidos de las disciplinas propias de la DC*. Esta dispersión corre paralela a las divergencias en la formación de expertos y tiene también la misma causa: la ausencia de un núcleo teórico firme.
- Por otro lado, se daría respuesta a la falta de identidad o, como dice Moreira (2005), falta de visibilidad del ámbito de DC que va muy vinculado con la falta de reconocimiento, o quizá desconocimiento, de la DC por parte de los expertos del resto de ámbitos.

1.9.2.2. Ventajas para dar soluciones a las carencias o ausencias de referentes teóricos adecuados para fundamentar la investigación

La evaluación de las dos líneas de investigación más relevantes en DC, la del modelo de cambio conceptual (McC) y la del movimiento de las concepciones alternativas (McA) mostró algunas deficiencias sobre los referentes teóricos usados, así:

- En la línea del McC se constata, por un lado, que la mayoría de citas son de autores del ámbito de DC cuando la fenomenología que se estudia requiere la presencia de apoyos externos a la DC y, por otro, que existe una falta de coherencia y compromiso epistemológico con el núcleo firme de la propuesta del cambio conceptual.
- También se constata algo semejante en la línea del McA, donde no se usan teorías adecuadas al fenómeno cognitivo que se estudia puesto que el referente generalizado que se usa para indagar e interpretar la información que ofrece el aprendiz es el contenido académico, cuyas concepciones del alumno se desea conocer.

Se completa la imagen sobre la debilidad teórica anterior, observando las citas bibliográficas, apoyos y fundamentos. Se puede afirmar que la producción de las líneas de investigación del McC y McA es bastante individual, atomizada y fragmentada y se percibe que existe un

importante desfase entre los apoyos reales de la investigación y los citados en la bibliografía.

Si el sistema de pares dicotómicos estuviera consensuado, no sólo se dispondría de los consensos referidos a la VdC, sino del subsistema de pares referidos al aprendiz, el cuál ofrece un marco teórico más adecuado para interpretar y tomar decisiones sobre el aprendizaje y organización cognitiva del aprendiz, dando con ello respuesta a los problemas teóricos encontrados en el McC y en el McA respectivamente:

- **Sobre aprendizaje:** El problema central que se plantea en el McC tiene raíces psicológicas ¿cómo sería posible cambiar los conceptos fuertemente arraigados en el alumno por los aceptados por la ciencia? Siguiendo la parte positiva de los pares del aprendiz se observa que el problema está mal planteado desde el principio. El concepto como unidad de cambio puede ser adecuada para analizar el progreso de la ciencia pero no para el aprendiz (par 3a) puesto que las ideas fuertemente arraigadas hincan sus raíces en la estructura semántica-vivencial del alumno (Pozo, 1999c) y no en sus estructuras conceptuales. Por otro lado, siguiendo el par 1 y 2 se puede afirmar que la complejidad psicológica del "*cambio conceptual*" no es tan trivial como se describe en el McC (ver Pozo y Gómez Crespo, 1998) y las posibilidades de adquisición cognitiva del aprendiz, mucho más amplias que las que contempla el McC (ver Marín, 1999).
- **Sobre organización cognitiva.** El proceso por el que el investigador intenta perfilar el conocimiento del alumno desde las respuestas que da a sus preguntas, es básicamente una interacción entre el conocimiento del investigador y del alumno, por lo que no es posible que los datos aporten información sólo de este último. Dicho de otro modo, el investigador no es neutral sino que está implicado (y mucho) en los resultados de su trabajo. Siendo consecuente con los pares positivos de aprendiz (principalmente los pares 2 y 3), el investigador debería tomar conciencia y ponderar el "efecto" del observador (él mismo) en lo observado (el alumno). Es frecuente suponer que el sujeto está resolviendo la misma tarea o problema que el investigador cree estar presentando (Delval, 1997). El investigador no puede evitar introducir sesgos y distorsiones pero sí cabe la posibilidad de tomar medidas para minimizarlo, considerando un contexto teórico adecuado al sistema cognitivo del sujeto (ver par 4+).

Existe una debilidad expresada en el DAFO para la que el sistema de pares dicotómicos no tiene una respuesta específica: la desconexión entre la práctica docente y la investigación en DC (también Moreira, 2005; Oliva, 2006), posiblemente porque requiere, además de una mayor visibilidad,

identidad o credibilidad de la DC frente a los docentes de ciencias, otras oportunidades de orden educativo, político y social.

1.9.3. Posibilidades de desarrollo y falsación del sistema de pares

Desde las formulaciones epistemológicas de Popper (1983), siempre se ha considerado un requisito de carácter científico que las propuestas teóricas que se hagan permitan o conlleven una estrategia metodológica para ser falsadas. Este será el propósito del apartado, pero además, intentaremos también analizar las posibilidades de desarrollo. Al fin y al cabo falsación y progresión son las dos caras de una misma moneda.

Para analizar las posibilidades de desarrollo y falsación del sistema de pares veremos previamente el grado de coherencia del sistema de pares, así como lo que entendemos por falsar el sistema de pares. Una vez aclaradas estas dos cuestiones, analizaremos:

- Las posibilidades de desarrollo y falsación del sistema de pares por sus capacidades de transformación interna.
- Las posibilidades de desarrollo y falsación del sistema de pares en la construcción de herramientas de evaluación.

1.9.3.1. Grado de coherencia del sistema de pares

En la construcción del sistema de pares, se ha procurado mantener la mayor coherencia posible entre subsistemas, en especial entre los consensos encontrados sobre la naturaleza de ciencias y las visiones del aprendiz.

No obstante, se podrá observar en la tabla 2.8 que debido a las diferencias entre el conocimiento de ciencias y del aprendiz el sistema de pares construido no admite correspondencias directas entre los pares de un conocimiento y otro.

La tabla 2.9 es una reestructuración de la 2.8 con el fin de analizar, con la comodidad que aporta la contigüidad espacial de la tabla, las semejanzas y diferencias entre subsistemas de pares dicotómicos y con ello, dejar entrever su grado de coherencia:

A. Alto grado de coherencia entre los pares de ciencias 1c, 2c y 3c y los del aprendiz 1a y 2a.

La visión constructivista se percibe claramente en la parte positiva de los pares de ciencias. Así, los pares 1c+ y 1a+ expresan que la construcción del conocimiento de ciencias se produce en una constante confrontación entre estructuras racionales y los datos empíricos, además, la aceptación de la provisionalidad del conocimiento de ciencias aporta el compromiso epistemológico de la aceptación del continuo desfase entre conocimiento y

realidad. Esta posición en el plano del conocimiento de ciencias es coherente con la visión constructivista que también se mantiene sobre el aprendizaje del sujeto en 1a+ donde se toma como un proceso de construcción entre las estructuras internas en constante interacción con el medio. La complejidad entre condiciones externas y procesos de asimilación interior son de una complejidad orgánica tal que no se puede admitir correspondencias directas o sencillas entre un proceso y otro. En el contexto del constructivismo orgánico el continuo desfase entre conocimiento y realidad se debe a que no existe correspondencia entre conocimiento y realidad externa puesto que son dos categorías diferentes

TABLA 2.10. SEMEJANZAS Y DIFERENCIAS ENTRE PARES DICOTÓMICOS

CIENCIA	EPISTEMOLOGÍA	APRENDIZ
Par 1-3c. Inductivismo, empirismo y neutralidad vs. constructivismo	Par 1e. Relación del objeto real con el conocido. Cómo y dónde surge éste. Empirismo vs. constructivismo	Par 1a. Vínculos E-A de corte empirista vs. constructivismo
Par 2c. Absolutismo, acabado y descontextualizado vs. provisional y pragmático		Par 2a. Apropiación externa de significados vs. asignación interna
Par 4c. Progreso lineal vs. unas veces evolutivo y otras revolucionario	Par 2e. Modelos de organización y progreso cognitivo: Mecanicismo vs. Organicismo	Par 3a. Modelos reduccionistas y mecanicistas vs. organicistas
Par 5c. Método universal vs. varios métodos según fase constructiva		
Par 6c. Aportación individual vs. regulación social		Par 4a. Interpretación académica de ciencias vs. psicológica

sin más relación que la adaptativa.

En la parte negativa de los pares, tanto 1c- como 1a- colocan la posición del empirismo como inadecuada, así como consecuencias de esta postura tales como el absolutismo (2c-) y la neutralidad (3c-). Por la vía del empirismo se llega al absolutismo cuando se admite la fiabilidad de los datos empíricos y su correspondencia con las contingencias externas. También la negación que los datos empíricos sean interpretados o intencionados sino que provienen de una lectura limpia y neutral de la naturaleza lleva a esa imagen de neutralidad de la ciencia.

Y el par 2a+ ¿es coherente con los pares de ciencias? Por un lado, manifiesta la honda diferencia entre conocimientos externos e internos al sujeto en los referente a la asignación de significados (Marina, 1998; Pozo, 2003), pero por otro, se pone de manifiesto su cara coherente al percibir que se mantiene la negación de la correspondencia entre

conocimiento y realidad cuando se afirma que los significantes externos al sujeto no viajan con significado alguno, éste lo asigna el sujeto en su interior. Esta coherencia del par 2a+ ante los pares 1c+, 2c+ y 3c+ se mantiene en la parte negativa. En efecto, el par 2a- al admitir que puede haber apropiación directa de significados está admitiendo la posibilidad de correspondencias entre significados externos e internos, entre conocimiento y realidad.

B. Coherencia entre los pares de ciencias 4c, 5c y 6c y los del aprendiz 3a y 4a en cuanto al uso paralelo de modelos interpretativos pero expresando la notable diferencia en las estructuras del conocimiento de ciencias y del alumno.

En efecto, los contenidos de los pares de ciencias y aprendiz obedecen a organizaciones cognitivas diferentes (Marín, 2003) y pudiera parecer la inexistencia de coherencia pero se puede observar que los pares negativos de ambos conocimientos están todos bajo modelos interpretativos reduccionistas, generalmente mecanicistas, mientras que los positivos están todos en el marco del constructivismo orgánico. Este paralelismo le confiere a estos grupos de pares el suficiente grado de coherencia dentro de que estamos enfrentando conocimientos diferentes.

Una importante conclusión didáctica se impone. Del mismo modo que considerando las semejanzas entre conocimiento de ciencias y aprendiz se han propuesto multitud de modelos de enseñanza de las ciencias de los que el ámbito de DC, se podría hacer a partir de las diferencias, las cuáles podrían aportar ricas propuestas didácticas cuya presencia en el ámbito es escasa (Marín, 2003).

1.9.3.2. ¿Qué se entiende por falsación del sistema de pares?

Cuando se habla de falsación en DC no se refiere a los usuales modos de operar en ciencias para cotejar una teoría con los datos empíricos o para confrontar la coherencia lógica entre dos partes teóricas. La razón es que los modelos teóricos de ciencias contiene variables que admiten diferentes modos de formalización matemática y entre ellas se puede establecer relaciones causales lógicas y sencillas. Además, así establecidos los modelos, tienen alto grado de previsión y están bastante consensuados.

Sin embargo, la DC no da las mismas oportunidades que el ámbito de ciencias. Así sus contenidos presentan una sintaxis mucho más especulativa que la de ciencias, los modelos teóricos existentes no gozan del consenso necesario y los expertos no muestran cierto compromiso epistémico hacia ellos. Además, sabiendo que la credibilidad de los datos empíricos no es mayor o menor que la de las teorías, en el caso de la DC, la complejidad de los fenómenos abordados y la imposibilidad de un control suficiente de las variables más significativas exige una interpretación bastante más laxa de los contrastes empíricos que en el ámbito de ciencias.

La noción de falsación en DC sería opuesta a la mecánica que hace que una idea, una propuesta o un modelo didáctico se difunda, se desarrolle y sobreviva en el tiempo gracias a la credibilidad consensuada que le conceda la comunidad. Hay ideas que con diferentes formatos y contextos se han mantenido en DC atravesando ya más de tres décadas. Algunos ejemplo han sido: *"las ideas del alumnado son relevantes para mejorar de la enseñanza"*, *"una enseñanza más procedimental mejora la comprensión de la ciencia"*, *"se hace necesario buscar alternativas a la enseñanza tradicional"*, etc. Ahora bien, los contextos teóricos (Piaget, Ausubel, Epistemología de la ciencia, etc) que soportaban estas ideas fueron cambiando sin que se dieran razones o confrontaciones semejantes a las de ciencias.

En DC, la falsación sería una posibilidad dentro de una noción más amplia que explicaría mejor el proceso evolutivo de las propuestas que han vivido, viven y se desarrollan en este ámbito:

- Con su publicación *nace* cualquier propuesta candidata a esquema asimilador o núcleo teórico. En esta fase puede ser "falsada" si por cualquier razón, más o menos racional, cae en el olvido ya sea porque no es citadas por los demás o porque no experimenta ningún tipo de difusión,
- *se desarrolla* cuando los demás la citan y la aplican en sus trabajos,

- se *multiplica* cuando, usada como idea germen, da lugar a nuevas posibilidades o perspectivas que, a su vez, desarrollan nuevas ideas,
- finalmente, *muere* una propuesta si poco a poco va cayendo en el olvido, decae su uso o su citación. Puede ocurrir que alguna de las ideas nuevas que han surgido se vaya imponiendo sobre su antecesora. “*Las novedades deben explicarse a partir de estructuras anteriores, ya que nunca se observan en el curso del desarrollo comienzos absolutos y, lo que es nuevo, procede o de diferenciaciones progresivas o de coordinaciones graduales*” (Piaget, 1977a).

En cualquier momento del trayecto de una propuesta puede darse la posibilidad de falsación que vendría de un cúmulo de evidencias contrarias como podría haber pasado con la noción de *aprendizaje significativo* o por la aparición de una alternativa de mayor atractivo como sucedió a inicios de la década de los años ochenta cuando sin que se produjera una falsación de cierta entidad científica, poco a poco fue declinando el uso de la perspectiva piagetiana por la aparición del movimiento de las concepciones alternativas (Marín, Solano y Jiménez-Gómez, 1999).

Falsar en DC estaría ligado con la falta de difusión, propagación o consideración de una propuesta. Los principales motivos de la aceptación o rechazo de una propuesta, a falta de un contexto teórico firme, no pueden ser primordialmente racionales. Existen otros tales como la sintonía de lo publicado con la formación dominante, con el grado de reconocimiento de los autores y la pertinencia del trabajo en el momento y contexto en el que es publicado. Por ejemplo, un trabajo de calidad, bien fundamentado y con posibilidades didácticas reales, pero construido lejos de la formación dominante, puede ser falsado simplemente por falta de lectores. Esto mismo puede suceder si el trabajo muestra suficiente contenido crítico (también Moreira, 2005). Obsérvese que falsación y desconsideración vienen a ser sinónimos en este contexto.

1.9.3.3. Posibilidades de desarrollo y falsación del sistema de pares por sus capacidades de transformación interna

En cierto modo, respecto a la supuesta supervivencia del sistema de pares dicotómicos se podría aplicar aquello de que *"lo que no mata engorda"* lo que vendría a significar que si entra en una dinámica de consideración y revisión por parte del ámbito, el sistema podría ser transformado y desarrollado, pero en este proceso cabe la posibilidad que una reiteración de falsaciones pueda eliminarlo, si bien, conocidas las características del ámbito, esto último es menos probable que la falta de consideración.

La estructura del sistema de pares admite diferentes tipos de transformación, unos como ampliar la sistemática o enriquecerlos, precisar las formulación de los pares, formalizarlos, etc., podrían significar un progreso del sistema, mientras que otros podrían llevarlo, si son reiterados, a su falsación.

Se entiende mejor estas transformaciones imaginando un foro de debate donde exista una interacción entre expertos intensa y en tiempo presente, como podría ser un seminario o un taller específico desarrollado en un congreso o en un contexto de intercambio universitario. También podría valer mediante el uso de algunas tecnologías de internet que admiten intercambios en todas las direcciones y en tiempo real, como resulta ser la técnica del *"blog"*. No serviría para hacer transformaciones la dinámica de publicaciones de trabajos en revistas. La comunicación de expertos por artículos es deficiencia pues su lentitud impide un intercambio fluido. Además, hemos mostrado que resultan ser más útiles para el engrosamiento curricular que para un intercambio eficaz de información entre iguales.

Si se admite que merece la pena ser debatido y estudiado el sistema de pares, se puede crear una dinámica de transformación buscando un mayor consenso aun sabiendo que en el camino cabe la posibilidad de ser falsado. Para garantizar un intercambio efectivo es importante dejar lo más explícito posible el proceso de transformación que puedan sufrir el sistema de pares en su intento de lograr mayores consensos. Las razones para explicitar son las siguientes:

- Al hacer más transparente el proceso de transformaciones se mejora la comunicación y el debate. Así, al obligarse cada experto en describir su transformación y dar razones permite debates más ajustados y eficaces.

- Explicitar los procesos de cambio ayuda a tomar mayor conciencia de éste, lo que supone cierto grado de aprendizaje y un mayor control de la información teórica que se esté usando para hacer las transformaciones y los intercambios.

Veamos las posibilidades que existen para transformar el sistema de pares:

A) Transformaciones cuya posibilidades de falsación son bajas

T1. **Modificar.** Esta transformación supone una reformulación del par manteniendo los mismos significados pero ganando en claridad, concreción y consenso. Es quizá la transformación más leve que se puede dar.

T2. **Precisar.** Es una transformación semejante a modificar pero específicamente aplicada atendiendo a la lógica de las afirmaciones. Se reformula un par o una componente del par para que muestre mejor su coherencia epistemológica, su disyunción con el resto de pares o exprese mejor su dicotomía.

T3. **Ampliar** o **extender.** Esta transformación consiste en la reformulación o extensión del texto que constituye un par para que su significado se haga más extensivo.

T4. **Diferenciar** en un par o en una de sus componentes varias opciones diferentes dando al sistema de pares una mayor coherencia.

B) Transformaciones que, aunque menos probables, pueden suponer un revés al sistema de pares puesto que lo falsan parcialmente:

T5. **Insertar** un par nuevo dado que se ha descuidado un aspecto o contexto donde se manifiesta de forma significativa el conocimiento.

T6. **Sustituir.** Supone cambiar un par o uno de sus componentes por otro. Siempre que el nuevo par se inserte con coherencia en el sistema puede suponer una importante falsación.

T7. **Eliminar.** Aunque improbable, es posible que fruto de un enriquecimiento aplicando las anteriores transformaciones se haga necesario eliminar un par porque resulte poco significativo respecto a los existentes.

T8. **Reordenar.** Cuando se percibe necesario cambiar un par de grupo pues toma mayor coherencia en otro grupo.

Algo fácil de observar es que las propuestas de cambio de cada experto dependen de su posición epistemológica inicial y, en general, de su formación. Así, no será lo mismo el debate con expertos comprometidos y

versados en el marco del constructivismo orgánico que si existe una diversidad de compromisos, unos entroncados con el empirismo, otros con el racionalismo y otros con el constructivismo trivial.

La hipótesis que aquí se defiende de que con las condiciones adecuadas, cualquier experto iría acercándose a la posición del constructivismo orgánico, invita a diseñar un foro donde la mayoría de experto asumen inicialmente dicho marco. También se da el caso de expertos que asumen dicha postura para el conocimiento de ciencias pero no se manifiestan ante el conocimiento del aprendiz y cuando lo hacen de forma indirecta reflejan creencias alineadas en la parte negativa de los pares del aprendiz. La presencia de esta tipología sería muy interesante e ilustrativa en el posible foro.

Las zonas del sistema de pares dicotómicos que muestran mayores posibilidades de debate son aquellas donde se concentran mayor tensión dialéctica. Son zonas por donde podrían venir los intentos de falsación, las mismas que también invitan al enriquecimiento y al consenso. Las zonas de confrontación de mayor tensión dialéctica son las siguientes:

1. **Confrontación de la parte negativa con la positiva de un par.** Esta confrontación sería la más elemental de todas, aún así, admite todas las posibilidades de transformación comentadas más arriba. Por ejemplo, se pueden reformular la parte positiva o negativa a fin de mejorar la dicotomía entre ambas partes, hacerlas más extensivas o, simplemente, para que las afirmaciones se muestren más consensuadas (T1, T2 y T3). Es posible también desglosar en dos o más afirmaciones una de las componentes del par (T4). Estas opciones suponen enriquecimiento y progreso para el par, pero aunque menos probable, son posibles otras opciones que suponen falsación parcial. Así, es posible sustituir el par por otro que no está presente haciendo que gane el sistema en coherencia (T6) o quizá se podría eliminar pues en el proceso de enriquecimiento de los otros pares se recoge de un modo más coherente las afirmaciones de par eliminado (T7) o se podría colocar el par en otro grupo de compromiso epistemológico diferente (T8).

2. **Contraste interno entre los pares de ciencias,** enfrentando las afirmaciones catalogadas como negativas frente a las positivas tal y como se ha comentado en el apartado anterior. Dado que se han construido

sobre consensos amplios existentes en DC, es posible que la tensión dialéctica se suavice. Habida cuenta de que las visiones más y menos adecuadas sobre el conocimiento de ciencias han sido un aspecto muy trabajado, la tensión dialéctica podría venir principalmente de la lista de contextos usados para formular los pares dicotómicos, en el sentido de que no se haya logrado cierta sistemática o una disyuntiva de contextos suficientemente satisfactoria.

3. **Contraste interno entre los pares epistemológicos.** También en este plano general de la filosofía del conocimiento se han dado debates y controversias en nuestro ámbito pero en menor intensidad que en el plano de la epistemología de la ciencia (ver Matthews, 1994; Marín, Solano y Jiménez-Gómez, 1999). Aunque las posibilidades de los pares epistemológicos para ofrecer propuestas útiles para la enseñanza de las ciencias son más remotas, su presencia es necesaria por su posición para dar coherencia a los pares de ciencias y del aprendiz que sí ofrecen posibilidades didácticas interesantes como veremos más adelante.

4. **Contraste interno entre los pares del aprendiz.** Muy posiblemente, en este subsistema es donde se den previsiblemente las mayores controversias. La razón es que los pares negativos del aprendiz, en forma de creencias, impregnan con mayor o menor intensidad los fundamentos, los marcos interpretativos y la toma de decisiones de un buen número de trabajos de DC, mientras que las afirmaciones positivas se han tomado de un marco concreto del ámbito de psicología que se podría denominar constructivismo orgánico. Es cierto que hay un predominio del constructivismo en DC pero este sólo recoge la parte más superficial o trivial de sus compromisos epistemológicos (von Glasersfeld, 1991; Martínez-Delgado, 1999; Marín, Solano y Jiménez-Gómez, 1999) o pone de manifiesto su compromiso con la posición empirista del conocimiento tomando la correspondencia entre las ideas y la realidad como el sine qua non del conocimiento (Matthews, 1994; Marín, 2003).

5. **Contraste entre los pares de ciencias y los epistemológicos.** Este contraste se hace necesario para establecer con precisión los compromisos epistemológicos de los pares de ciencias. Esto permite dar una visión más articulada de los pares y comprender mejor las razones de porqué unos son más adecuados unos que otros. Además permite trazar parte del puente que terminará confrontando los dos conocimientos de mayores consecuencias didácticas: el de ciencias y el del alumno. Los solapamientos existentes entre empirismo y mecanicismo por un lado y entre constructivismo y organicismo por otro, hace posible que los tres pares asociados al constructivismo puedan vincularse en algún caso al

organicismo y viceversa pero lo que mantiene la tensión dialéctica en todo lo alto es cuando se afirma que ninguno de los asociados al empirismo o al mecanicismo pueden ligarse al constructivismo o al organicismo y viceversa.

6. ***Contraste entre los pares del aprendiz y los epistemológicos.***

Este contraste complementa al anterior para terminar el puente que permite confrontar los conocimientos ciencias y del alumno. El menor número de pares ligados al aprendiz y los claros compromisos epistemológicos hace que los pares muestren fuertes vínculos, por un lado, los de la parte positiva y, por otro, los de la parte negativa.

7. ***Contraste entre los pares de ciencias y del aprendiz.*** Es quizás el más difícil y complejo de falsar, principalmente porque se trata de dos conocimientos que muestran notables diferencias y, a la vez, el que presenta las mayores posibilidades para hacer aportaciones a la enseñanza de las ciencias. Si consigue superar los contrastes y se llega a un núcleo de pares para ambos conocimientos consensuado la DC dispondría de ese núcleo firme que, suponemos, tantos beneficios le aportaría. Este contraste contiene un importante reto para los expertos del ámbito de DC: saber mantener la coherencia constructivista tanto para interpretar el conocimiento de ciencias como el del aprendiz. Este contraste permite ayudar a comprender mejor porqué son poco adecuadas ciertas creencias del aprendiz que se mantienen en DC al comprobar que sus correspondientes pares de ciencias son reconocidos como poco adecuados.

8. ***Confrontación cruzada de la coherencia interna intergrupala.***

Consiste en enfrentar el grupo de pares positivos constructivistas con el grupo negativo mecanicista y el grupo negativo empirista con el positivo organicista, tanto para el conocimiento de ciencias como para el del alumno. Se trataría en este caso de analizar si están bien establecidas las posiciones dicotómicas o si por el contrario se podrían mejorar, a la vez que se mantienen las coherencias con los dos pares epistemológicos.

A fin de plasmar los cambios de cada experto del sistema de pares para su posterior discusión en el foro, se podría usar una plantilla para dejar constancia de la transformaciones que se podría parecer a la de la tabla 2.11.

TABLA 2.11. CONTROL DE TRANSFORMACIONES

ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE PARES <u>ANTES</u> DE LAS MODIFICACIONES														
TIPO	Ciencia						Epist.		Aprendiz				Inserciones	
PAR	1c	2c	3c	4c	5c	6c	1e	2e	1a	2a	3a	4a		
C	1c													
	2c													
	3c													
	4c													
	5c													
	6c													
E	1e													
	2e													
A	1a													
	2a													
	3a													

Es previsible que esta tabla permita explicitar todas las posibilidades de transformación del sistema de pares a condición que en las celdillas pertinentes se indique el tipo de transformación (sólo habría que indicar el número) y, aparte, habría que dar las razones de dicho cambio.

1.9.3.4. Posibilidades de desarrollo y falsación del sistema de pares en la construcción de herramientas de evaluación

Existen otras direcciones de desarrollo y falsación del sistema de pares dicotómicos realizando inferencias deductivas hacia planos más concretos. En estos se podrían reformular los pares para situaciones específicas procurando mantener la coherencia con el plano superior donde el sistema está formulado originalmente. Por ejemplo, se podría transponer o transcribir las afirmaciones del sistema de pares a contextos específicos para diseñar un cuestionario o test que actúe como herramienta para evaluar diferentes grupos sociales de especial relevancia para la enseñanza de las ciencias como son: a) alumnos de ciencias de los distintos niveles educativos, b) futuros docentes de ciencias, c) expertos de DC, d) psicólogos implicados en el ámbito educativo y e) historiadores y filósofos de la ciencia.

Esta posibilidad de formular el sistema de pares en sucesivos planos más concretos permitiría valorar su utilidad en planos prácticos como el de la enseñanza de las ciencias. Los pasos necesarios para desarrollar el sistema de pares dicotómicos en dirección a planos más concretos, podrían ser los siguientes:

1. Creación de una sistemática de contextos específicos desdoblado o concretando los contextos generales asociados a los pares. Por ejemplo:

TABLA 2.12. DESDOBLE DE CONTENIDOS	
<p>DE DÓNDE SURGE EL CONOCIMIENTO DE CIENCIAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> •RELACIONES CTS •RELACIONES ENTRE CIENCIA (C) Y SOCIEDAD (S) •RELACIÓN ENTRE TECNOLOGÍA (T) Y CIENCIA •¿QUIÉN GESTIONA Y APLICA ESTE CONOCIMIENTO? 	<p>CÓMO SE CONSTRUYE EL CONOCIMIENTO DE CIENCIAS</p> <ul style="list-style-type: none"> •¿ES DIFERENTE A OTROS CONOCIMIENTOS? •¿CÓMO EXPLICAR LOS ÉXITOS DE TEORÍAS DE CIENCIAS? •LAS CIENCIAS ¿REFLEJA O INTERPRETA LA REALIDAD? •¿CÓMO SE HACE PARA ACEPTAR O REFUTAR LAS TEORÍAS?
<p>DE DONDE SURGE EL CONOCIMIENTO DEL APRENDIZ</p> <ul style="list-style-type: none"> •ORIGEN DEL CONOCIMIENTO •TIPOS DE INTERACCIONES QUE FOMENTAN EL DESARROLLO COGNITIVO •IMPORTANCIA DE LA ACCIÓN EN EL DESARROLLO COGNITIVO 	<p>VÍNCULOS ENTRE LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE</p> <ul style="list-style-type: none"> •¿QUÉ ES EL APRENDIZAJE? •TIPOS DE APRENDIZAJE •GRADOS DE INTEGRACIÓN DE LO APRENDIDO •RELACIONES ENTRE LO APRENDIDO Y CONDICIONES EXTERNAS

Aunque no hay reglas fijas, el desglose del contexto de un par cualquiera se debe hacer considerando los distintos aspectos, escenarios o situaciones problemáticas donde las afirmaciones del par presentan una formulación específica que puede ser de utilidad didáctica o complementa la comprensión general del par.

De cualquier modo, dado que cualquier propuesta de división de un contexto es subjetivo al conocimiento previo del investigador, el mejor desglose es el que se realiza de forma consensuada por un grupo significativo de expertos y, además, se hace con intención sistemática. De hecho, en el estudio realizado en § 2.3.1 para buscar los consensos de la comunidad sobre la visión y naturaleza de las ciencias, un resultado bastante concluyente es que si, previo a la investigación, hubiera existido una sistemática o rejilla de contextos bien consensuada, se hubiera

llegado a más puntos de acuerdo y, lo que también es importante, se hubieran detectado los puntos donde no habría consenso.

Respecto a los contextos del sistema de pares dicotómicos propuesto habría que reconocer la provisionalidad del tratamiento sistemático, debido a que se ha pretendido con más ahínco buscar los puntos consensuados sobre la visión y naturaleza de ciencias en detrimento de dicha sistemática. Ésta sólo puede tener un carácter más definitivo cuando se llegue a ella de un modo consensuado. Por mucho esfuerzo que se hubiera hecho por la sistemática siempre hubiera sido un intento fallido pues es imposible evitar que esté referida al conocimiento de una sola persona.

La existencia de una sistemática de contextos consensuada en un foro de expertos puede enriquecer notablemente el sistema de pares dicotómicos por varias razones:

- Obligaría a formular los pares para cada contexto, lo que supone un ejercicio de precisión respecto a los pares originales que en algunos casos podrían verse reformulados para ser más extensivos. Esta actividad supondría procesos de enriquecimiento, diferenciación y coordinación del sistema de pares.
- Un buen número de contextos, los formulados en un plano intermedio entre uno superior (sistema de pares dicotómicos) y otro inferior (enseñanza de la ciencia), permitirían realizar inferencias didáctica útiles o formular pruebas para evaluar la aplicaciones didácticas. Esto significa el puente necesario para analizar la utilidad didáctica del sistema de pares.

Tan importante como llegar a consensos sobre la visión de ciencias o del alumno, sería disponer de una sistemática de contextos sobre estos conocimientos que esté ampliamente consensuada.

2. Construcción de un test de opciones múltiples.

Un sistema de pares dicotómicos puede hacerse operativo diseñando a partir de él, y con el apoyo de una sistemática de contextos, un test de opciones múltiples de forma que cada item actúe funcionalmente como la unidad más pequeña de decisión o evaluación cognitiva.

Cualquier técnica para diseñar cuestionarios (Marín, 2005) tiene ventajas e inconvenientes frente a los test de opciones múltiples, pero en el contexto del sistema de pares puede ser ésta última técnica la que mayores ventajas muestre por las siguientes razones:

- Es la técnica que ofrece datos con mayor objetividad si es que los items están bien contruidos y consensuados. Aporta datos que no

requieren la interpretación del investigador con lo que ofrece resultados interpersonales.

- Admite, usando las técnicas estadísticas pertinentes, el cálculo de una serie de indicadores cuantitativos que hablan del grado de bondad de cada ítem.
- Procurando que la estructura de las opciones de cada ítem se corresponda coherentemente con la estructura dicotómica de los pares se puede crear una batería de ítems que, adecuadamente validada, sirva para evaluar eficazmente la visión de ciencias y del aprendiz en distintas muestras. La validación pasaría por realizar una selección entre los ítems que poseen mayor grado de bondad.

La experiencia en la construcción y validación de ítems sugiere que la base y las opciones cumplan los siguientes requisitos:

- Tanto la base como las opciones se deben referir a un sólo aspecto concreto de un contexto, evitando referencias a otros contextos. Los mejores ítems son los que evalúan una cuestión muy específica, tanto en extensión como en comprensión, de un determinado par.
- Sería conveniente que para descartar una opción no se necesite otro conocimiento específico diferente al referido en la base.
- La opción correcta siempre es coherente con la parte positiva del par mientras que las opciones que juegan el papel de distractores lo son con la parte negativa.
- La redacción del ítem es mejor que sea breve y sencilla que larga y compleja de forma que la comprensión lectora no perturbe la elección de una opción.
- El proceso de elección debe ser un esfuerzo de discriminación cognitiva, por eso habrá que evitar dar otro tipo de pistas diferentes a las cognitivas como pueden ser las diferentes longitudes de redacción de las opciones, la falta de concordancia gramatical entre base y opción o las expresiones que evidencian que la opción es un distractor.

Una herramienta de gran valor para el ámbito de la DC sería una batería de ítems de opciones múltiples consensuada por un colectivo de expertos significativo sobre los tres subsistemas de pares dicotómicos, ciencia, epistemología y aprendiz. A estos tres habría que incluir un cuarto sobre enseñanza de las ciencias que se podría deducir de las implicaciones didácticas de los pares. Una herramienta validada coherente con un contexto teórico consensuado podría evitar en gran medida el estilo especulativo y divergente actual.

Las tablas 2.13 y 2.14 muestran algunos ejemplos de items usados en una investigación con una muestra del CAP donde se experimentó una experiencia didáctica para provocar en ellos un cambio epistemológico.

A la vez, los items también pueden ser objeto de evaluación usando distintas técnicas:

- Mediante el cálculo de frecuencias para cada una de las opciones se obtienen los índices Ia, Ib e Ic que corresponden a los porcentajes de elección de la respuesta correcta (Ia) y de los dos distractores (Ib y Ic) y,

TABLA 2.13. EJEMPLOS DE ITEMS SOBRE VISIÓN DE CIENCIAS
1.1. A. CONSTRUCTIVISMO / B. RACIONALISMO / C. EMPIRISMO

Ia:40 Ib:04 Ic:08 I0:48 ID:57 IE:99
 Va:20 Vb:20 Vc:36 Vd:04 Ve:20
 Sa:60 Sb:17 Sc:08 Sd:08 Se:04

Ia:20 Ib:00 Ic:36 I0:44 ID:57 IE:99
 Va:04 Vb:08 Vc:48 Vd:04 Ve:36
 Sa:27 Sb:17 Sc:20 Sd:21 Se:13

El conocimiento de ciencia:

El proceso de hacer ciencia se describe mejor como:

- A** Propone y contrasta modelos para explicar la realidad material
- B** Se basa en el uso tenaz del método científico
- C** Intenta descubrir el orden que existe en la naturaleza

- A** Constante confrontación de teorías con el medio
- B** Constante aplicación del método científico
- C** Observación y experimentación buscando las leyes naturales

TABLA 2.14. EJEMPLOS DE ITEMS SOBRE VISIÓN DEL APRENDIZ
2.2. ORGANIZACIÓN COGNITIVA [A. ORGÁNICA / B Y C. MECANICISTA O REDUCCIONISTA]

Ia:00 Ib:51 Ic:37 I0:11 ID:00 IE:99
 Va:40 Vb:03 Vc:14 Vd:03 Ve:37
 Sa:00 Sb:22 Sc:40 Sd:14 Se:22

Ia:29 Ib:00 Ic:62 I0:07 ID:75 IE:99
 Va:25 Vb:03 Vc:07 Vd:03 Ve:59
 Sa:22 Sb:37 Sc:18 Sd:07 Se:03

Viendo el conocimiento como una construcción, el sujeto construye:

¿Cómo aparecen las primeras construcciones cognitivas en el sujeto?

- A** desde dentro, el medio fomenta o restringe sus construcciones
- B** con ladrillos y cemento del medio y antes de colocar retoca o desecha

- A** “digiriendo” nuestro cuerpo las experiencias con el medio
- B** las aporta la herencia y se van llenando con la experiencia

para contabilizar los casos en el que el item no es respondido, el índice I0.

- Con una mayor complejidad de cálculo, analizando la correlación entre los resultados de cada item con los de la totalidad, se obtienen los

índices ID e IE, denominados respectivamente, índice de discriminación y de eficacia, que aportan una valiosa información sobre la bondad del ítem.

- Además de responder cada ítem del modo usual, el encuestado puede aportar otra información útil sobre su percepción de la bondad del ítem, por ejemplo, dejando constancia si se ha respondido con seguridad o, si han existido dudas, en cuyo caso se podría disponer de las siguientes opciones: b) creo que al ítem le faltan opciones, c) creo que tiene más de una correcta, d) no percibo el ítem bien planteado por motivos diferentes a (b) o (c) y e) no sabría que decir sobre el ítem.

- También es posible una nueva apreciación de cada ítem que aporta una valiosa información sobre sus posibilidades de aprendizaje y su grado de colaboración al cambio epistemológico de los sujetos. Se trata de expresar la reacción del encuestado al escuchar la respuesta correcta. Opciones posibles para elegir son las siguientes: a) me siento bien por haber acertado, b) percibo mejor la respuesta que he dado que la de los expertos, c) me parece mejor la respuesta de los expertos que la mía, d) no me decido por nada, me siento confuso y e) sigo pensando que el ítem no está bien hecho por lo que no me implico.

1.10. Reflexiones finales

La naturaleza de la propuesta realizada, el sistema de pares dicotómicos, obliga a darle continuidad mediante un proyecto de investigación donde se impliquen un buen número de expertos del ámbito si se pretende darle una oportunidad para sobrevivir en el ámbito de DC. Los primeros esbozos para desarrollar este proyecto ya se han dado en el apartado anterior al analizar las posibilidades del sistema de pares que puede tener o aportar al ámbito. Además, en esta dirección ya se han realizado un par de investigaciones con alumnos del CAP.

Creemos que merece la pena el esfuerzo por desarrollar las posibilidades del sistema de pares en un proyecto pues va en la misma dirección que se reclama en los últimos seminarios de expertos (Cachapuz, Lopes, Paixão, Praia y Guerra, 2004; Moreira, 2005): aunque se percibe problemático, habría que aunar esfuerzos por construir un núcleo firme coherente y consensuado, el cuál hoy en día no existe. Este esfuerzo debería ir parejo a otros dos igualmente necesarios y complementarios:

- Habría que fijar prioridades en la investigación con el fin de que tenga más calidad, relevancia y visibilidad ante otras instituciones ligadas a la enseñanza de las ciencias. Pocas líneas de investigación son progresivas y muchas planificadas a corto plazo, puntuales y sin

perspectiva de continuidad respecto a anteriores investigaciones, debido a que existe un exceso de producción apresurada y de baja calidad teórica y metodológica que enfatiza una visión aplicacionista más que productora de conocimiento.

- Habría que ser más críticos con el trabajo propio y con el de los demás. En la actualidad no se acepta bien la crítica y tampoco se hace. Son pocos los trabajos críticos y su grado de aceptación es bajo o nulo (también Solomon, 1994; Marín, Solano y Jiménez-Gómez, 1999).

Ahora bien, resulta difícil explicar que, por un lado, se dé un pobre estado en el ámbito y, por otro, exista una creciente y elevada producción que tiende a ser cada vez más internacional (Cachapuz, Lopes, Paixão, Praia y Guerra, 2004; Tsai y Wen, 2005). Esta aparente paradoja se puede entender si se admite que se hacen más esfuerzos por el engrosamiento curricular particular que por mejorar el ámbito (Duschl, 1994; Solomon, 1994; Jiménez-Aleixander, 1995; Sanmartí y Azcárate, 1997; Jiménez-Aleixander y García-Rodeja, 1997; Marín, Solano y Jiménez-Gómez, 1999; Moreira, 2005; Soto, Otero y Sanjosé, 2005).

En la actualidad, los intercambios de las aportaciones de los expertos se hacen predominantemente a través de los artículos de revistas o con trabajos en reuniones y congresos. Este sistema de intercambio es excesivamente lento y, más que fomentar la crítica y el debate, se usa más bien para defender posiciones personales y el engrosamiento curricular. Además, no mejora la comunicación puesto que parece que en el ámbito se lee poco. En un momento donde se comienza a evaluar con más escrúpulo la energía que gastamos en cada actividad, ahora que necesitamos imperiosamente políticas de desarrollo sostenible, habría que evaluar con mayor sentido crítico la cantidad de energía y esfuerzos que se derrochan en las publicaciones de trabajos. La comunicación de la comunidad habría que hacerla a través de métodos más interactivos que el sistema de artículos, por ejemplo a través de seminarios o blog de internet.

Estamos más preocupados en defender nuestra posición que en hacer intercambios para aprender de los demás. Esto resulta paradójico si tenemos en cuenta que, vistas las carencias teóricas y los pobres resultados de la investigación, poco hay que defender y que, vistas las deficiencias en la formación de expertos, queda todavía mucho por aprender. Ante la crítica, nos sentimos molestos y enseguida aparecen actitudes defensivas. Los valores que con ahínco declaramos que habría que fomentar en la educación científica, tales como el sentido crítico, la tenacidad y el rigor en la actividad o la tolerancia ante puntos de vistas diferentes, no son mantenidos también para la propia actividad

investigadora del ámbito de DC (ver también, Cachapuz, Lopes, Paixão, Praia y Guerra, 2004; Moreira, 2005).

Dejando a un lado la actitud defensiva, habría que adentrarse en los trabajos de corte crítico, al menos intentar conocerlos mejor antes de ser rechazados, intentando conocer su lógica, sus posibilidades o su intencionalidad. Aunque son muy escasos, se podrían distinguir diferente tipo:

Tipo A: Hay trabajos críticos que sin conocer muy bien los pormenores y contenidos específicos del ámbito se formulan duras críticas que, como palos de ciego, unas son más acertadas que otras (ver por ejemplo Martínez-Delgado, 1999).

Tipo B: Otras valoraciones críticas se hacen "desde dentro" por autores que desde su buen sentido crítico y la perspectiva que le ofrece un buen conocimiento del ámbito en extensión y comprensión analiza el estado del ámbito (ver por ejemplo, Solomon, 1994). Dentro de este tipo de críticas existen otras que se realizan desde el buen conocimiento de las tendencias y regularidades que muestran los trabajos que se publican (ver por ejemplo, Duschl, 1994; Sanmartí y Azcárate, 1997; Jiménez-Aleixander y García-Rodeja, 1997; Soto, Otero y Sanjosé, 2005)

Tipo C: Finalmente, existen trabajos que muestran conocer muy bien la DC pero también otros ámbitos anexos al nuestro donde se cogen fundamentos para realizar con cierta perspectiva las valoraciones críticas (ver por ejemplo, Pozo y Gómez Crespo, 1998).

A falta de tradición crítica (Moreira, 2005), este tipo de trabajo no está bien considerado en el ámbito de DC y a sus autores se les asigna una intencionalidad negativa cercana al resentimiento, la malicia o la altanería, lo que lleva a desvirtuar sus esfuerzos y la adecuada consideración hacia el trabajo. Sin duda un trato injusto hacia un trabajo que surge de un denominador común a todos los expertos de DC: el deseo de mejorar la enseñanza de las ciencias.

Aunque el sistema de pares dicotómicos contiene un importante contenido crítico, habría que recordar que surge de consensos sobre la VdC y los extiende con coherencia hacia la visión del conocimiento del alumno. Y es ahí donde toma su dimensión crítica al coincidir los pares negativos del aprendiz con creencias usuales que se dan en el ámbito de DC que han llevado a delimitar algunas de sus debilidades.

El sistema de pares contiene una continuidad natural que es el de constituir el núcleo teórico de un proyecto de investigación que solicita

recursos económicos y humanos necesarios para su desarrollo. Éste será su futuro inmediato.

1.11. Bibliografía

- Acevedo, J.A., Vázquez, A., Martín, M., Oliva, J.M., Acevedo, P., Paixão, M.F., Manassero, M.A.** (2005). Naturaleza de la ciencia y educación científica para la participación ciudadana. Una revisión crítica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2 (2), pp. 121-140.
- Adúriz-Bravo, A.** (2001). Relaciones entre la didáctica de las ciencias experimentales y la filosofía de la ciencia, en Perales, F. J. et al. (eds.). *Congreso Nacional de Didácticas Específicas. Las didácticas de las áreas curriculares en el siglo XXI (vol. I)*, pp. 478-491. Granada: Grupo Editorial Universitario.
- Aliberas, J., Gutiérrez, R. e Izquierdo, M.** (1989). Modelos de aprendizaje en la didáctica de las ciencias. *Investigación en la Escuela*, 9, pp. 17-24.
- Ausubel, D.P., Novak, J.D. y Hanesian, H.** (1986). *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. Méjico: Trillas.
- Bacon, F.** (1979). *Novum Organum*. Barcelona: Fontanella.
- Benarroch, A.** (1998). *Las explicaciones de los estudiantes sobre las manifestaciones corpusculares de la materia*. (tesis inédita), Facultad de Educación (Universidad de Granada).
- Botella, L.** (2001). El Ser Humano Como Constructor de Conocimiento: El Desarrollo de las Teorías Científicas y las Teorías Personales. Documento de Internet disponible en: <http://fpce.blanquerna.edu/constructivisme>.
- Bunge, M.** (1981). *La investigación científica*. Barcelona: Ariel.
- Cachapuz, A.F., Lopes, B., Paixão, F., Praia, J.F. y Guerra, C.** (2004). Proceedings of the International Seminar on "The state of the art in Science Education Research" (CD). 15, 16 de Octubre de 2004. Universidad de Aveiro, Portugal.
- Carey, S.** (1986). Cognitive Science and Science Education. *American Psychologist*, 41(10), pp. 1123-1130.
- Carey, S.** (1991). *Knowledge acquisition: Enrichment or conceptual change?*. En S. Carey y R. Gelman. The epigenesis of mind. Erlbaum: Hillsdale, N.J.

- Carey, S. y Spelke, E.** (1994). Domain specific knowledge and conceptual change. En L. Hirschfeld y S. Gelman (eds.). *Mapping the mind*. Cambridge, Ma: Cambridge University Press
- Castilla del Pino, C.** (2000). *Teoría de los sentimientos*. Barcelona: Tusquets.
- Chalmers, A.F.** (1984). *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?*. Madrid: Siglo XXI.
- Chi, M.** (1992). Conceptual change within and across ontological categories: Examples from learning and discovery in science. In R. Giere (Ed.), *Cognitive models of Science: Minnesota studies in the philosophy of science*. Minneapolis, MN: University of Minnesota Press.
- Chi, M.T.H., Slotta, J.D. y Leeuw, N.** (1994). From Things to processes: A theory of conceptual change for learning science concepts. *Learning and Instruction*, vol.4, pp. 27-43.
- Claxton, G.** (1987). *Vivir y aprender*. Madrid: Alianza Editorial.
- Cudmani, L.C. (1999)**. Ideas epistemológicas de Laudan y su posible influencia en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2). pp.327-332
- Colombo de Cudmani, L. y Salinas de Sandoval, J.** (2004). ¿Es importante la epistemología de las ciencias en la formación de investigadores y de profesores en física?. *Enseñanza de las ciencias*, 22(3), pp. 455-462.
- Crombie, A.C.** (1979). *Historia de la Ciencia: De San Agustín a Galileo, "Siglos XIII-XVII"*. Madrid: Alianza Universitaria.
- DePosada, J.M.** (1996). Hacia una teoría sobre las ideas científicas de los alumnos: influencia del contexto. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(3), pp. 303-314.
- Delval, J.** (1997). *Tesis sobre el constructivismo*. pp.15-24. En M.J. Rodrigo y J. Arnay (comp.). *La construcción del conocimiento escolar*. Barcelona: Paidós.
- DiSessa, A.A.** (1993). Toward an Epistemology of Physics. *Cognition and Instruction*. 10(2). pp. 105-225.
- DiSessa, A.A. y Sherin, B.L.** (1998). What changes in conceptual change. *International Journal of Science Education*, 20(10), 1155-1191.
- Driver, R.** (1983). *The pupil as scientist*. Milton Keynes, UK: Open University Press.

- Driver, R.** (1986). Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(1), pp. 3-15.
- Driver, R., Guesne, E. y Tiberghien, A.** (1989). *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: Morata/M.E.C. (Ver.orig. 1985. Children's ideas in science. Londres: Open University Press).
- Duit, R.** (1999). Conceptual change approaches in Science Education. pp. 263-282. En W. Schnotz, S. Vosniadou y M. Carretero. (eds). *New perspectives on conceptual change*. Londres: Elsevier.
- Duschl, R.A.** (1994). Editorial Policy Statement and Introduction. *Science Education*, 78(3), pp. 203-208.
- Duschl, R.A. y Gitomer, D.H.** (1991). Epistemological Perspectives on Conceptual Change: Implications for Educational Practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), pp. 839-858.
- Echeverría, J.** (1995). *Filosofía de la ciencia*. Madrid: Akal.
- Echeverría, J.** (2002). *Ciencia y valores*. Barcelona: Ediciones Destino.
- Echeverría, J.** (2003). *La revolución tecnocientífica*. Madrid: FCE.
- Farrington, B.** (1973). *Ciencia y Política en el mundo antiguo*. Madrid: Ayuso.
- Fernández, I., Gil, D., Carrascosa, J., Cachapuz, A. y Praia, J.** (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), pp. 477-488.
- García Madruga, J.A.** (1990). *Aprendizaje por descubrimiento frente a aprendizaje por recepción. La teoría del aprendizaje verbal significativo*, pp. 81-93. En C. Coll, J. Palacios y A. Marchesi. *Desarrollo psicológico y Educación*, II. Madrid: Alianza Editorial.
- Gil, D.** (1993). Contribución de la historia y de la filosofía de las Ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), pp. 197-212.
- Gil, D.** (1996). New Trends in Science Education. *International Journal of Science Education*, 18(8), pp. 889-901.
- Gil, D., Carrascosa, J., Dumas Carré, A., Furio, C., Gallego, R., Gené, A., González, E., Guisasola, J., Martínez-Torregrosa, J., Pessoa de Carvalho, J., Salinas, J., Tricárico, H. y Valdés, P.** (1999). ¿Puede hablarse de consenso constructivista en la educación científica?. *Enseñanza de las Ciencias*. 17(3). pp. 503-512.
- Gil-Pérez, D., Guisáosla, J., Moreno, A., Cachapuz, A., Pessoa de Carvalho, A.M., Martínez Torregrosa, J., Salinas, J., Valdés, P.,**

- González, E., Gené Duch, A., Dumas-Carré, A., Tricárico, H. & Gallego, R.** (2002). Defending Constructivism in Science Education. *Science & Education*. 11(6). pp. 557-571.
- Gilbert, J.K.** (1995). Studies and fields: directions of Research in Science Education. *Studies in Science Education*, 25, pp. 173-197.
- Gutiérrez, R.** (1987). La investigación en Didáctica de las Ciencias: elementos para su comprensión. *Bordón*, 39(268), pp. 339-362.
- Hewson, P.W., Beeth, M.E. y Thorley, N.R.** (1998). Teaching for Conceptual Change. pp. 199-218. En B.J. Fraser y K.G. Tobin. (eds). *International Handbook of Science Education*. Londres: Kluwer.
- Hodson, D.** (1985). Philosophy of Science, Science, Science and Science Education. *Studies in Science Education*, 12, pp. 25-67.
- Inhelder, B. y Piaget, J.** (1972). *De la lógica del niño a la lógica del adolescente*. Buenos Aires: Paidós. (Ver.orig. 1955. De la logique de l'enfant a la logique de l'adolescent. París: Presses Universitaires de France).
- Izquierdo, M.** (2000). Fundamentos Epistemológicos. pp.35-64. En F.J. Perales y P. Cañal. (eds.). *Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Alcoy: Marfil.
- Izquierdo, M., Sanmartí, N. y Espinet, M.** (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1). 45-60.
- Jiménez-Aleixandre, M.P.** (1995). Comment on "editorial policy statement" by Richard Duschl. *Science Education*, 79(6), pp. 701-704.
- Jiménez-Aleixandre, M.P. y García-Rodeja, I.** (1997). Hipótesis, citas, resultados: reflexiones sobre la comunicación científica en Didáctica de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(1), pp. 11-19.
- Jiménez-Aleixandre, M.P.** (2000). Modelos Didácticos. pp.165-186. En F.J. Perales y P. Cañal. (eds.). *Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Alcoy: Marfil.
- Jiménez-Gómez, E., Benarroch, A. y Marín, N.** (2006). The coherence of conceptions: a study concerning the particulate nature of matter. *Journal of Research in Science Education*, 26 (4), Aceptado para su publicación.
- Karmiloff-Smith, A.** (1994). *Más allá de la modularidad*. Madrid: Alianza.

- Kelly, G.A.** (1955). *The psychology of personal constructs*. London: Routledge.
- Koulaidis, V. y Ogborn, J.** (1989). Philosophy of science: an empirical study of teachers' views. *International Journal of Science Education*, 11(2), pp. 173-184.
- Kramer, D.A.** (1990). Conceptualizing wisdom: The primacy of affect-cognition relations. In R.J. Sternberg (Ed.), *Wisdom: Its nature, origins, and development* (pp. 279-317). Cambridge: Cambridge University Press.
- Lawson, A.E.** (1983). Predicting Science achievement: the role of development level, disembedding ability, mental capacity, prior knowledge and beliefs. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(2), pp. 117-129.
- Leach, J.** (1999). Students' understanding of the co-ordination of theory and evidence in science. *International Journal of Science Education*. 21(8), 789-806.
- Marchand, H.** (2001). *Some Reflections On PostFormal Thought The Genetic Epistemologist*. 29-3. Online: <http://www.piaget.org/GE/2001/GE-29-3.html> #item2.
- Marín, N.** (1986). *Experimentos de Física para Maestros*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Granada: Granada.
- Marín, N.** (1991). *Criterios de Actuación Didáctica*. El autor: Almería.
- Marín, N.** (1994). Elementos cognoscitivos dependientes del contenido. *Revista interuniversitaria de formación del profesorado*, 20, pp. 195-208.
- Marín, N.** (1997). *Fundamentos de Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Almería: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Almería.
- Marín, N.** (1999). Delimitando el campo de aplicación del cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), pp. 79-92.
- Marín, N.** (2003a). Conocimientos que interaccionan en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*. 21 (1), 65-78.
- Marín, N.** (2003b). Visión constructivista dinámica para la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*. Número Extra, 43-55.
- Marín, N., Solano, I. y Jiménez-Gómez, E.** (1999). Tirando del hilo de la madeja constructivista. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(3), p. 479-492.

- Marín, N., Solano, I. y Jiménez-Gómez, E.** (2001). Characteristics of the methodology used to describe students' conceptions. *International Journal of Science Education*, 23(7), pp.663-690.
- Marín, N., Jiménez-Gómez, E. y Benarroch, A.** (2004). How to identify replies that accurately reflect students' knowledge? A methodological proposal. *International Journal of Science Education*, 26 (4), pp.425-445.
- Marín, N., Jiménez Gómez, E., Solano, I. y Benarroch, A.** (2001). New Trends in Studies on Conceptions in Science. pp. 315-350. En F. Columbus (ed.). *Advances in Psychology research*. New York, Nova.
- Marina, J.A.** (1998). *La selva del lenguaje*. Barcelona: Anagrama.
- Marina, J.A. y López Penas, M.** (1999). *Diccionario de los sentimientos*. Barcelona: Anagrama.
- Martínez-Delgado, A.** (1999). Constructivismo radical, marco teórico de investigación y enseñanza de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(3), p. 493-502.
- Martínez Torregrosa, J., Doménech, J.J. y Verdú, R.** (1993). Del derribo de ideas al levantamiento de puentes:, "La Epistemología de la Ciencia como criterio organizador de la enseñanza de las ciencias Física y Química". *Qurrriculum*, 6, pp. 67-89.
- Matthews, M.R.** (1994). Vino viejo en botellas nuevas: un problema con la epistemología constructivista. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(1), pp. 79-88.
- McComas W.F., Clough, M.P. y Almazroa, H.** (1998). *The Role And Character of The Nature of Science in Science Education*, pp. 3-39. En W.F. McComas (Eds.): *The Nature Of Science In Science Education. Rationales and Strategies*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Mellado, V.** (2003). Cambio didáctico del profesorado de ciencias experimentales y filosofía de la ciencia. *Enseñanza de las Ciencias*, 21 (3), pp. 343-358.
- Mellado, V. y Carracedo, D.** (1993). Contribuciones de la filosofía de la ciencia a la didáctica de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(3), pp. 331-339.
- Mellado, V., Ruiz, C. y Blanco, L.** (1997). Aprender a enseñar ciencias experimentales en la formación inicial de maestros. *Bordón*, 49(3), pp. 275-288.

- Moreira, M. A.** (2005). Una visión toulminiana respecto a la disciplina investigación básica en educación en ciencias: el rol del foro institucional. *Ciência & Educação*, 11(2), 181-192, <<http://www.fc.unesp.br/pos/revista/pdf/revista11vol2/ar2r11v2>>
- Novak, J.D.** (1982). *Teoría y práctica de la educación*. Madrid: Alianza Universitaria.
- Oliva, J.M.** (1996). Estudios sobre consistencia de las ideas de los alumnos en Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(1), pp. 87-92.
- Oliva, J.M.** (1999). Algunas reflexiones sobre las concepciones alternativas y el cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), pp. 93-108.
- Oliva, J.M.** (2006). Seminario internacional sobre "el estado actual de la investigación en enseñanza de las ciencias. *Eureka*, 3(1), pp. 167-171.
- Osborne, J., 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, 692-720.
- Pascual-Leone, J.** (1983). *Problemas constructivos para teorías constructivas, "La relevancia actual de la obra de Piaget y una crítica a la psicología basada en la simulación del procesamiento de información"*, pp. 363-392. En M. Carretero y J.A. García Madruga. *Lecturas de psicología del pensamiento*. Madrid: Alianza Editorial.
- Pérez-Echeverría, M.P., Pozo, J.I. y Rodríguez, B.** (2003). *Concepciones de los estudiantes universitarios sobre el aprendizaje*. pp. 33-44. En C. Monereo y J.I. Pozo. *La universidad ante la nueva cultura educativa*. Madrid: Síntesis/Santillana.
- Piaget, J.** (1976). *La toma de conciencia*. Madrid: Morata. (Ver.orig. 1974. *Le prise de conscience*. París: Presses Universitaires de France).
- Piaget, J.** (1977a). *Epistemología genética*. Argentina: Solpin. (Ver.orig. 1970. *L'epistemologie génétique*. París: Presses Universitaires de France).
- Piaget, J.** (1977b). *Lógica y psicología*. Argentina: Solpin. (Ver.orig. 1953. *Logic and psychology*. New York: Manchester University Press).
- Piaget, J.** (1978). *La equilibración de las estructuras cognitivas, "Problema central del desarrollo"*. Madrid: Siglo XXI.
- Pintrich, P.R.** (1999). Motivational Beliefs as Resources for and Constraints on Conceptual Change. pp. 33-50. En W. Schnotz, S.

Vosniadou y M. Carretero. (eds). *New perspectives on conceptual change*. Londres: Elsevier.

Popper, K.R. (1983). *Conjeturas y refutaciones. El desarrollo del conocimiento científico*. Barcelona: Paidós.

Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W. y Gertzog, W.A. (1982). Accomodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), pp. 211-227.

Pozo, J.I. (1989). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Madrid: Morata.

Pozo, J.I. (1999). Más allá del cambio conceptual: el aprendizaje de la ciencia como cambio representacional. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(3), pp.513-521.

Pozo, J.I. (2001) *Humana mente: el mundo, la conciencia y la carne*. Madrid: Morata.

Pozo, J.I. (2002). La adquisición de conocimiento científico como un proceso de cambio representacional. *Investigações em ensino de ciências*. Vol. 7, N. 3. www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm.

Pozo, J.I. (2003) *Adquisición de conocimiento*. Madrid: Morata.

Pozo, J.I. y Gómez-Crespo, M.A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Morata.

Pozo, J.I. y Scheuer, N. (1999). *Las concepciones sobre el aprendizaje como teorías implícitas*, pp. 87-108. En J.I. Pozo y C. Monereo. El aprendizaje estratégico. Madrid: Aula XXI/Santillana.

Rivière, A. (1990). *La teoría cognitiva social del aprendizaje: implicaciones educativas*, pp. 69-80. En C. Coll, J. Palacios y A. Marchesi. Desarrollo psicológico y Educación, II. Madrid: Alianza Editorial.

Rodrigo, M.J., Rodríguez, A. y Marrero, J. (1993). Las teorías implícitas. Una aproximación al conocimiento cotidiano. Madrid: Visor.

Rodrigo, M.J. y Correa, N. (1999). *Teorías implícitas, modelos mentales y cambio educativo*, pp. 75-86. En J.I. Pozo y C. Monereo. El aprendizaje estratégico. Madrid: Aula XXI/Santillana.

Rudolph, J.L. (2003). Portraying epistemology: School science in historical context. *Science Education*, 87, 64-79.

Saltier, E. y Viennot, L. (1985). ¿Qué aprendemos de las semejanzas entre las ideas históricas y el razonamiento espontáneo de los estudiantes?. *Enseñanza de las Ciencias*, 3(2), pp. 137-145.

- Sanmartí, N. y Azcárate, C.** (1997). Reflexiones en torno a la línea editorial de la revista Enseñanza de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(1), pp. 3-9.
- Shayer, M. y Adey, P.S.** (1984). *La ciencia de enseñar Ciencia, "Desarrollo cognoscitivo y exigencias del curriculum"*. Madrid: Narcea.
- Solomon, J.** (1994). The rise and fall of constructivism. *Studies in Science Education*, 23, pp. 1-19.
- Soto C.A.**(1994). Pensamiento Postformal, Realidad y Enseñanza de las Ciencias. Revista Pedagogía y Saberes.No.5. Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá.)
- Soto, C., Otero, J. y Sanjosé, V.** (2005). A review of conceptual change research in science education. *Journal of Science Education*. 6 (1), p 5-8.
- Tamir, P.** (1996). Science education research viewed through citation indices of major reviews. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(7), pp. 687-691.
- Tsai, C.C.:** 2002, Nested Epistemologies: Science Teachers' Beliefs of Teaching, Learning and Science. *International Journal of Science Education*, 24, 771-783.
- Tsai, C.C. y Wen, M.L.** (2005). Research and trends in science education from 1998 to 2002: a content analysis of publication in selected journals. *Int. J. Sci. Educ.*, 27 (1), 3-14.
- Vázquez, A., Acevedo, J.A., Manassero, M.A. y Acevedo, P.** (2001). Cuatro paradigmas básicos sobre la naturaleza de la ciencia. *Argumentos de Razón Técnica*, 4, 135-176.
- 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*, edición electrónica De los Lectores, <http://www.campus-oei.org/revista/deloslectores/702Vazquez.PDF>.
- Viennot, L.** (1985). Analysing students'reasoning in science: a pragmatic view of theoretical problems. *European Journal of Science Education.*, 7(2), pp. 151-162.
- Villani, A. y Orquiza de Carvalho, L.** (1995). Conflictos cognitivos, experimentos cualitativos y actividades didácticas. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(3), pp. 279-294.
- von Glasersfeld, E.** (1991). Constructivism in Education. En Lewy, A. *The International Encyclopedia of Curriculum*. Pergamon Press. Oxford.

- Vosniadou, S.** (1994). Capturing and modelling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4(1), 45-69.
- Vosniadou, S.** (1999). Conceptual change research: state of the art future directions. pp. 3-14. En W. Schnotz, S. Vosniadou y M. Carretero. (eds). *New perspectives on conceptual change*. Londres: Elsevier.
- Vosniadou, S. y Brewer, W.F.** (1994). Mental Models of the Day/Night Cycle. *Cognitive Science*, 18, pp. 123-183.
- Vosniadou, S. y Ioannides, C.** (1998). From conceptual development to science education: a psychological point of view. *International Journal of Science Education*, 20(10), 1213-1230.
- Vuyk, R.** (1985). *Panorámica y crítica de la epistemología genética de Piaget 1965-1980*. Madrid: Alianza Universitaria.
- Weil-Barais, A. y Lemeignan, G.** (1991). *Problematiques du changement conceptual*. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Granada.
- Yang, W.G.** (1999). An Analysis of "Pupil as Scientist" Analogies. Paper presented at 5th International History, Philosophy and Science Teaching Conference: Science as Culture. Bicentenary of the Invention of the Battery by Alessandro Volta. Lake Como, Italy. (September, 15-19).