

# *El diseño curricular y la formación del profesorado como nexos de investigación en didáctica de las ciencias experimentales, sociales y matemáticas.*

Jiménez, R. y Wamba, A. (Didáctica de las CC. Experimentales)

Estepa, J. (Didáctica de las Ciencias Sociales)

Carrillo, J. y Contreras, L.C. (Didáctica de las Matemáticas)

*Departamento de Didáctica de las Ciencias.*

*Universidad de Huelva. España.*<sup>(\*)</sup>



## RESUMEN

*Este trabajo parte de la idea de que las ciencias (experimentales, sociales, matemáticas,...) hallan un primer punto de encuentro en la didáctica, que les proporciona un lenguaje común dentro del amplio campo de las ciencias sociales, y es una aportación teórico-práctica en el ámbito de la investigación en Didáctica de las Ciencias, a través del diseño de ejemplificaciones curriculares de contenidos conceptuales y de investigaciones en torno a la formación del profesorado, centradas en las concepciones sobre la disciplina y su enseñanza.*

## **Ciencias de la Educación y Ciencias Sociales: Didáctica de las Ciencias**

Sin pretender hacer un análisis histórico del proceso de reflexión, elaboración y, en muchos casos, redefinición epistemológica de cada una de las didácticas específicas objeto de nuestro estudio (véase Martín, 1988; Díaz, 1991 y Porlán, 1992), puede afirmarse que todas ellas, como tales Didácticas, se incluyen en el campo de conocimiento de las Ciencias de la Educación, que, a su vez, están plenamente inte-

gradadas dentro del amplio dominio de saberes, todavía con un cierto grado de indefinición epistemológica, que denominamos Ciencias Sociales.

Es aquí donde puede apreciarse un primer punto de encuentro que permite a las ciencias de carácter experimental o matemático<sup>(1)</sup> que, manteniendo su identidad, adquieran una profunda dimensión social cuando indagan sobre aspectos de carácter educativo. En este sentido, estimamos que la Didáctica de las Ciencias, al tener como objeto de estudio los procesos de enseñanza-aprendizaje y ser éstos de un indu-

(\*) Miembros del Proyecto IRES.

(1) Para algunos autores, como M. de Guzman (1985), la Matemática es también una verdadera ciencia experimental.



dable contenido social, está contribuyendo a la superación del diferente status epistemológico concedido a las *ciencias*, frente a las denominadas *humanidades*, *ciencias del espíritu*, *ciencias o estudios sociales*.

De este modo, consideramos la *Didáctica de las Ciencias* una denominación cada vez más imprecisa, si se entiende por tal sólo a aquélla que aglutina a las ciencias de carácter experimental, abogando desde la perspectiva de la Teoría del Conocimiento por una epistemología que no constriña todas las ciencias al modelo de las Ciencias Experimentales (Porlán, 1993).

La cuestión de la constitución en dos cuerpos de conocimiento distintos, el de las ciencias naturales y matemáticas y el de las ciencias sociales, ha sido de gran transcendencia en la historia de la ciencia. Incluso, como señala Fontana (1992), cuando encontramos una historia de la ciencia "*se excluyen casi siempre de ellas las ciencias sociales o de la cultura que, por lo visto, no merecen ir al lado de la física o la medicina*" (p.101). Sin embargo, creemos, desde el Proyecto IRES y nuestra propia experiencia profesional, en la existencia de un lenguaje o cuerpo de conocimiento común (Contreras y Estepa, 1992), que nos aglutina e identifica por encima de las especificidades propias de cada una de las ciencias de referencia, al entender que la estructura de éstas disciplinas no es la única fuente a la hora de resolver las cuestiones relacionadas con el para qué, el qué, el cómo y el cuándo enseñar.

No obstante, es innegable la especificidad epistemológica de cada una de las didácticas, puesta de manifiesto en trabajos como los de Stodolsky (1991), en donde se demuestra que los maestros organizan de maneras muy diversas sus actividades docentes según lo que enseñan (en el caso de su investigación, ciencias sociales y

matemáticas). Incluso Maestro (1991) llega a señalar, siguiendo a Hodson, que no hay actividad científica, ni actividad de aprendizaje independiente del contenido específico de cada ciencia, de manera que la metodología del aula debe producirse de acuerdo con dichos contenidos y no se pueden encontrar fórmulas válidas para todas las ciencias. En la misma línea, las experiencias interdisciplinares que presentamos no pretenden negar en ningún caso la diferente naturaleza epistemológica de campos de conocimiento como la Matemática, la Biología, la Historia, etc., sino sólo mostrar planteamientos convergentes cuando estas disciplinas son consideradas como objeto de enseñanza.

La siguiente aportación parte de estos presupuestos y busca, tanto desde la teoría como desde la práctica, superar reduccionismos para colaborar en la construcción de una epistemología incipiente y transdisciplinar que conciba el conocimiento como un proceso evolutivo, complejo, crítico y social.

### **El diseño de ejemplificaciones curriculares como vehículo para la construcción de conocimiento interdisciplinar**

Aunque está claro que se va cada vez más hacia la especialización, dado su carácter práctico e instrumental, ello no ha de ser un obstáculo para que toda persona adquiriera una visión comprensiva y global de la Ciencia y la Cultura, que le permita enjuiciar mejor todo tipo de procesos y asumir conscientemente una opción cultural, axiológica y política en relación con la sociedad a la que pertenece. Por tanto, se hace necesaria la búsqueda de aspectos conceptuales y metodológicos comunes y relacionados entre las distintas áreas de conocimiento.

Ahora bien, uno de los rasgos del profesorado universitario es el carácter disciplinar de su formación inicial. Así pues, los formadores de profesores de Educación Primaria y Secundaria pertenecientes a las áreas de conocimiento de Didáctica de la Matemática, Didáctica de las Ciencias Experimentales y Didáctica de las Ciencias Sociales se caracterizan, también, por no haber sido formados en las disciplinas que pertenecen a estas áreas, de reciente constitución.

Estas dos características contribuyen a que el trabajo profesional interdisciplinar no sea tarea fácil y que, por tanto, la eventual integración del conocimiento que emana de las disciplinas que imparten sea habitualmente una tarea, en su caso, de los alumnos a los que forman.

No obstante, la justificación de un marco común a las áreas de conocimiento citadas, invita a encontrar contextos prácticos donde esa integración sustituya a una yuxtaposición de conocimientos, a la vez que facilite un cambio metacognitivo de los profesores implicados, en un doble sentido, en el del conocimiento sobre el propio conocimiento, y en la emergencia y toma de conciencia de las concepciones propias.

Lo que exponemos a continuación son, en síntesis, dos ejemplos de cómo el diseño de ejemplificaciones curriculares puede constituirse en un contexto adecuado para la mencionada finalidad.

El primer ejemplo, de corte más teórico, conllevó la discusión de profesores de las tres áreas citadas durante la elaboración de la trama básica del conocimiento escolar deseable en el *ámbito de investigación sobre El Suelo* (Wamba et al., 1992). En dicha ocasión, a través de un instrumento que ayudaba a explicitar nuestras concepciones y las relaciones entre los elementos de la trama (mapas conceptuales), se tuvo la oportunidad de reconcep-

tualizar y evolucionar hacia una visión más interdisciplinar de nuestras concepciones sobre los "elementos" estructurantes de *El Suelo*.

Se trataba de definir *el conocimiento escolar deseable*, partiendo del conocimiento cotidiano de unos profesores y del conocimiento científico de otros. Mientras se iba elaborando la trama, surgían las concepciones construidas por el procesamiento de la información que todos habían manejado desde las perspectivas de sus disciplinas de referencia, más la información que en el desarrollo de la misma se iba aportando. Creemos que esa perspectiva sistémica de los componentes del medio, construida a partir del suelo y que incide sobre el comportamiento humano, sólo fue posible por la interacción producida entre las distintas informaciones, al mismo tiempo que la trama conceptual -que se iba construyendo- actuaba como nivel estratégico de referencia que ordenaba el pensamiento de los profesores participantes (Wamba et al., 1992). Esto permitió, por un lado, poner de manifiesto el currículum oculto, al explicitar y contrastar interdisciplinariamente las concepciones, ampliando los horizontes de la especialización profesional; y, por otro, descubrir el andamiaje que caracterizaba la perspectiva de desarrollo curricular y las bases constructivas de cualquier tipo de diseño, sin olvidar la valoración, para la formación como profesional, del trabajo cooperativo, que ayudó a conceder a las propias concepciones tanta importancia como a las de los alumnos.

El segundo ejemplo, fruto de una experiencia que venimos repitiendo los últimos años en el último curso de Formación del Profesorado de Educación Primaria, supone un trabajo interdisciplinar con las nociones de *Espacio y Tiempo*, dos de los conceptos más estructurantes en el estudio del conocimiento del medio.

Desde la óptica de Hannoun (1977), la evolución en la conceptualización de esas nociones pasa por tres etapas: *lo vivido, lo percibido y lo concebido*. En el estudio de estas etapas intervienen diversas disciplinas que emergen de una manera progresiva y conjunta. La primera etapa sería objeto de estudio, fundamentalmente, de la psicología educativa; la segunda y tercera etapas (Espacio Geográfico y Tiempo Histórico y Espacios Matemáticos y Cronología) lo serían más, sin embargo, de la Didáctica de las Ciencias Sociales y de la Didáctica de la Matemática, respectivamente.

En el estudio integrado del espacio, el estudiante para profesor tiene la oportunidad de relacionar la evolución en la conceptualización y representación del espacio (desde la topología a la geometría proyectiva) (Contreras, 1987) con el estudio del espacio como ciencia social (mapas, maquetas, planos, juego de escalas, fotografías aéreas -geografía- y distintas técnicas pictográficas del espacio -arte-). Espacio físico, topológico o métrico, para ayudar a "pensar el espacio" desde el punto de vista geográfico (localización, relaciones, distribución), matemático (agrimensura, escalas), y físico (relación espacio-tiempo, relación espacio macroscópico-espacio microscópico), ampliando así el horizonte disciplinar propuesto por Hannoun.

En cuanto al tiempo, presentamos al maestro en formación la necesidad de considerarlo como una construcción mental en la que intervienen informaciones propias de las ciencias experimentales a través de la Astronomía, de ahí el establecimiento, por ejemplo, del calendario relacionado con las fases de los astros; por otra parte, existe una asociación natural del tiempo con el contar (Whitrow, 1990), para finalmente tratar de conceptualizar el tiempo geológico y el tiempo histórico, que necesitan de una métrica para situar los hechos sociales y naturales en unas co-

ordenadas temporales, lo que supone de nuevo una ampliación del horizonte de Hannoun. Estas importantes dificultades que plantea la medida del tiempo a los alumnos, insuficientemente trabajadas en el contexto escolar, son un punto de confluencia básico entre Didáctica de la Matemática, Didáctica de las Ciencias Sociales y Didáctica de las Ciencias Experimentales.

Ahora bien, desde la perspectiva de la Teoría del Conocimiento, ¿qué nos aportan estas experiencias? Sin ánimo de ser exhaustivos, cabría destacar lo siguiente:

a) La construcción del conocimiento, ya sea escolar, científico o profesional, tiene unas etapas de progresión. En el caso del conocimiento profesional necesario para el diseño curricular, el trabajo colectivo, interdisciplinar, crítico y reflexivo de los profesores, se ha visto enriquecido por los distintos enfoques que proporcionó la formación disciplinar previa.

b) La construcción del conocimiento requiere explicitar (en determinados momentos del proceso) las concepciones de los profesores, lo que sucedió en la elaboración de la trama y en la reflexión sobre la conceptualización de las nociones de espacio y tiempo.

c) El análisis reflexivo sistemático y cooperativo sobre la acción (reducida a la selección del *qué enseñar*, en este caso) permite una aproximación racional a la propia práctica (Contreras, 1994).

### **Las concepciones de la disciplina y su enseñanza como nexos de investigación en la formación del profesorado**

Las experiencias anteriormente descritas, entre otras, nos han hecho analizar nuevos campos donde nuestra cooperación abunda en el terreno de la investigación educativa. Así, el estudio sobre las concepciones de los profesores acerca de

las disciplinas y su enseñanza es la fuente interdisciplinar de colaboración actual, que identifica una de las líneas de investigación del grupo DESYM (Didáctica de las Ciencias Experimentales, Sociales y Matemáticas).

En este sentido, cuando Fennema y Franke (1992) dicen *"Ya el conocimiento del profesor no debe ser visto más como un constructo aislado en sus efectos sobre la conducta de los profesores en el aula y el aprendizaje del estudiante"*, nombran las creencias del profesor como uno de los aspectos que deben incluirse dentro del conocimiento<sup>(2)</sup> de éste.

Tales términos "creencias" y "concepciones", así como otros ("representación", "teoría implícita", "constructo", etc.) han sido usados indistintamente en multitud de ocasiones. Al respecto, Bodin (1992), aunque intenta distinguirlos, concluye: *"Me he debido rendir a la evidencia: se han desarrollado numerosas formas de hablar de un mismo objeto y por ello los campos semánticos se superponen exactamente"* (p.22).

No obstante, cada uno de estos términos tiene un matiz que lo diferencia de los demás. Por ejemplo, el término "representación" está asociado al de imagen mental, refiriéndose a un conjunto organizado de forma coherente de ideas e imágenes que se corresponde con una estructura mental subyacente. Por su parte, "concepción" o "constructo" enfatiza la idea de ser *"elemento motor en la construcción de un saber, permitiendo incluso las transformaciones necesarias"* (Giordan y De Vecchi, 1988, p.91). De otro lado, el término "teoría implícita" pone de relieve la inconsciencia y puede ser identificado con "concepción" (Clark, 1988).

Para Thompson (1992), las concepciones incluyen creencias, preferencias y gustos, contienen significados, conceptos, proposiciones e imágenes mentales y están sujetas a reglas, lo que tiende a considerar las concepciones en un sentido bastante más amplio, como una disciplina.

Finalmente, nosotros identificamos concepciones con creencias o sistema de creencias, enfatizando la dimensión estructural y dinámica de las mismas.

Dichas concepciones actúan de filtro y elemento decodificador de las informaciones procedentes de otros ámbitos de investigación y, como venimos constatando los que participamos en proyectos de Formación Permanente del Profesorado, son una de las variables a considerar a la hora de dar cuenta de la escasa eficacia de ciertas estrategias de Formación y de la discrepancia de resultados en el aula en el uso de determinadas estrategias metodológicas. Por ello, el conocimiento profesional del profesor (Carrillo y Contreras, 1993), en todas sus vertientes, puede convertirse en el impulsor de su propia evolución; de ahí la necesidad de investigaciones en esa línea (Thompson, 1992; Evans, R.W., 1991).

La frase de Nespor (1987) sobre la importancia del estudio de las creencias de los profesores es contundente: *"Para entender la enseñanza desde la perspectiva de los profesores hemos de comprender las creencias con las que ellos definen su trabajo"* (p.323). Pero la magnitud de dicha importancia es tal, que no acaba cuando hablamos de su necesidad (proveniente del hecho de que actúan como filtro o como espejo inconsciente donde el profesor refleja toda información). La explicita-

(2) Fennema, E. y Franke, M. L. (1992) proponen un modelo para investigar sobre el conocimiento del profesor que incluye las siguientes componentes: conocimiento del contenido matemático (en general, diríamos conocimiento del contenido específico), conocimiento de pedagogía, conocimiento de los aspectos cognitivos de los estudiantes y creencias del profesor.

ción de las concepciones es el punto de partida para el eventual cambio de las mismas y es aquí donde podemos cifrar realmente su magnitud, ya que dicho cambio puede propiciar posiciones epistemológicas completamente diferentes. Podemos decir que el objetivo no es poner de manifiesto diferentes modelos de enseñanza, sino diferentes "enseñanzas", enfatizando, por tanto, que los objetivos perseguidos dependen en gran medida del modelo elegido. Precisamente, es en este campo donde la didáctica de las ciencias adquiere un carácter más claramente interdisciplinar. Implicadas en la continua mejora de la calidad de la enseñanza y, por ende, ocupadas en la búsqueda de factores que influyan positivamente en la formación del profesorado, es evidente que deben tener en las concepciones del profesor uno de los focos de atención más importantes. En este sentido, podemos considerarlas divididas en concepciones de la disciplina y de su enseñanza<sup>(3)</sup>, siendo fundamentalmente las concepciones de la enseñanza las que ofrecen la posibilidad de enriquecimiento desde todas las disciplinas, sin pérdida de especificidad.

Categorías tales como: la concepción de la enseñanza como metodología, el sentido de la asignatura, la concepción del

aprendizaje, el papel del alumno, el papel del profesor y la evaluación (Carrillo y Contreras, 1994), dan cabida a múltiples coincidencias en sus indicadores o descriptores. Más aún, incluso la concepción de la disciplina puede ser articulada de forma que posibilite la útil confluencia de varias disciplinas, poniendo de manifiesto el paralelismo de sus procesos históricos, en contra de la habitual encapsulación disciplinar<sup>(4)</sup>.

Así pues, también en este caso la colaboración no sólo es posible sino necesaria para elaborar instrumentos que permitan un análisis detallado de las concepciones del profesor en estas disciplinas<sup>(5)</sup>, con el fin de incrementar el nivel de rigor de los estudios al respecto y de mejorar la operatividad de las posibles discusiones con los profesores en aras a consensuar los análisis que proceden de la investigación (imprescindible punto de partida de cualquier proyecto de formación tendente al eventual cambio conceptual en el que el profesor forme parte activa).

Finalmente, la labor de los investigadores no debe terminar con el análisis de datos, sino, en la línea de lo que el proyecto IRES viene haciendo, propiciar elementos (la mayoría de ellos con un claro soporte interdisciplinar) que favorezcan el cambio conceptual.

(3) En Ruiz (1993) pueden leerse otras divisiones de las concepciones según la naturaleza de éstas, no según el tópico, como hemos hecho nosotros.

(4) En Carrillo y Contreras (1994) podemos encontrar una división de la Concepción de la Matemática en tres categorías (tipo de conocimiento, fin que pretende y modo de evolución), que inicialmente podrían ser comunes a otras disciplinas.

(5) Carrillo y Contreras (1994) proporcionan un instrumento para el análisis de las concepciones de la enseñanza de las matemáticas y otro para el análisis de las concepciones de la matemática, en los que, además de definir unas categorías, ya citadas, en la línea de lo que en Ciencias Sociales hace Evans (1991), existen unos indicadores que describen características de una categoría según la tendencia didáctica correspondiente.

## REFERENCIAS

- BODIN, A. (1992). Reflexions sur les representations, les conceptions et les competences. *Petit X*, 30, 17-40.
- CARRILLO, J. y CONTRERAS, L.C. (1993). La identificación de las concepciones del profesor sobre la matemática y la educación matemática como claves para el diseño de estrategias de formación del profesorado. *Actas de las VI Jornadas Andaluzas de Educación Matemática (Thales)*. Sevilla.
- CARRILLO, J. y CONTRERAS, L.C. (1994). The relationship between the teacher's conceptions of mathematics and of mathematics teaching. A model using categories and descriptors for their analysis. *XVIIIth PME Conference*. Lisboa.
- CLARK, C.M. (1988). Asking the Right Questions About Teacher Preparation: Contributions of Research on Teacher Thinking. *Educational Researcher*, 17(2), 5-12.
- CONTRERAS, L.C.(1987). La estructuración del espacio en el niño. *Thales*, 6, 89-93.
- CONTRERAS, J.(1994). ¿Qué es la investigación en la acción?. *Cuadernos de Pedagogía*, 224, 8-12.
- CONTRERAS, L.C. y ESTEPA, J. (1992). Aportación interdisciplinar para la delimitación de un cuerpo de conocimiento común de las Didácticas Especiales a través de los mapas conceptuales. *Actas del Congreso Internacional sobre las Didácticas Específicas en la Formación del Profesorado*. Santiago de Compostela.
- DÍAZ, J.(1991). *Área de Conocimiento Didáctica de la Matemática*. Madrid: Síntesis.
- EVANS, R.W. (1991). Concepciones del maestro sobre la Historia. *Boletín de Didáctica de las Ciencias Sociales*, Nº3-4, 61-94.
- FENNEMA, E. y FRANKE, M.L. (1992). Teacher's knowledge and its impact. En Grouws, D.A.(Ed.) *Handbook on Mathematics Teaching and Learning*. New York: McMillan.
- FONTANA, J. (1992). *La Historia después del fin de la historia*. Barcelona: Crítica.
- GIORDAN, A. y DE VECCHI, G. (1988). *Los orígenes del saber: de las concepciones personales a los conceptos científicos*. Sevilla: Díada.
- GUZMÁN, M. DE (1985). Enfoque heurístico de la enseñanza de la matemática. Aspectos didácticos de matemáticas-1, Bachillerato. *Aula Abierta*, 57. ICE de la Universidad de Zaragoza, 31-46.
- HANNOUN, H. (1977). *El niño conquista el medio*. Buenos Aires: Kapelusz.
- MAESTRO, P. (1991). Una nueva concepción del aprendizaje de la Historia. *Studia Paedagogica, Universidad de Salamanca*, 23, 55-81.
- MARTÍN, F. (1988). Didáctica de las Ciencias Sociales. *Investigación en la Escuela*, 4, 25-31.
- NESPOR, J. (1987). The role of beliefs in the practice of teaching. *Journal of Curriculum Studies*, 19, 317-328.
- PORLÁN, R. (1992). La Didáctica de las Ciencias: una disciplina emergente. *Cuadernos de Pedagogía*, 210, 68-71.
- PORLÁN, R. (1993). *Constructivismo y Escuela*. Sevilla: Díada.
- RUIZ, L. (1993). *Concepciones de los alumnos de Secundaria sobre la noción de función: análisis epistemológico y didáctico*. Tesis doctoral no publicada. Departamento de Didáctica de la Matemática. Granada.
- STODOLSKY (1991). *La importancia del contenido en la enseñanza*. Madrid: MEC-Paidós.
- THOMPSON, A.G. (1992). Teacher's Beliefs and Conceptions: a Synthesis of the Research. En Grouws, D.A.(Ed.) *Handbook on Mathematics Teaching and Learning*. New York: McMillan.
- WAMBA, A. et al. (1992). El suelo como ámbito de investigación escolar, en GRUPO INVESTIGACIÓN EN LA ESCUELA, *Diseño Curricular Investigando Nuestro Mundo*. Sevilla: Díada.
- WHITROW, G.J. (1990). *El tiempo en la Historia*. Barcelona: Crítica.

**SUMMARY**

*This work has as premise the idea that sciences (experimental, social, mathematical,...) find a first meeting point in the didactic field, which provides them a common language inside the vast ambit of social sciences. It is a theoretical and practical contribution within the field of research on Didactics of Sciences, through the design of curricular exemplifications about conceptual contents and research into teacher training, focused on the conceptions about the discipline and its teaching.*

**RÉSUMÉ**

*Ce travail part de l'idée que les sciences (expérimentales, sociales et mathématiques...) trouvent le premier point commun dans la didactique, ce qui leur donne un langage commun dans le vaste champ des sciences sociales. Il s'agit d'un apport théorique et pratique dans le domaine de la recherche en Didactique des Sciences, à travers la description de certains exemples qui concernent le curriculum et les contenus conceptuels et de recherche autour de la formation des professeurs. Les conceptions sur la discipline et son enseignement supposent le noyau de cette recherche.*