

IDONEIDAD DIDÁCTICA DE PROCESOS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LAS MATEMÁTICAS

Juan D. Godino

Universidad de Granada

RESUMEN:

El diseño, implementación y evaluación de procesos de enseñanza y aprendizaje de las materias curriculares es una de las tareas esenciales del profesor y se caracteriza por su complejidad, debido a las distintas dimensiones y factores que se deben tener en cuenta. El “enfoque ontosemiótico” del conocimiento y la instrucción, desarrollado por Godino y colaboradores para la educación matemática, aporta una categorización de los elementos intervinientes en cada una de dichas dimensiones que puede ser aplicada a otras áreas de contenido. Las nociones de significado de referencia, acoplamiento de significados personales e institucionales, conflicto semiótico y negociación de significados permiten formular criterios de idoneidad para los procesos de enseñanza y aprendizaje, así como una articulación coherente de posiciones objetivistas y constructivistas sobre el aprendizaje y el diseño educativo.

1. INTRODUCCIÓN

Con frecuencia la investigación didáctica se ha centrado, y continúa centrada en gran medida, en estudios descriptivos sobre aspectos cognitivos del aprendizaje, pensamiento del profesor, etc., y en ciertos casos proporcionando explicaciones de las dificultades y factores condicionantes de los procesos de enseñanza y aprendizaje. El objetivo de mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje debería estar, no obstante, en la base de cualquier esfuerzo de investigación e innovación.

Sin embargo, la complejidad de tales procesos nos lleva a ser extremadamente precavidos en la proposición de normas y reglas para la intervención en los sistemas didácticos. Ciertamente no disponemos de recetas de cómo enseñar, pero esto no significa que no tengamos ciertos conocimientos que nos permiten tomar algunas decisiones locales preferentes. Aceptamos la siguiente hipótesis metodológica: Fijadas unas circunstancias (sujetos, recursos, restricciones, ...), un “experto” en una didáctica específica puede razonar (apoyándose en resultados teóricos contrastados empíricamente) que ciertas tareas y modos de interacción en el aula son preferibles a otras diferentes. En última instancia este es el objetivo de la ciencia y tecnología del diseño educativo (Reigeluth, 2000).

En este trabajo abordamos la problemática del diseño instruccional en el campo de las didácticas específicas desde la perspectiva aportada por el denominado “enfoque ontosemiótico” del conocimiento (EOS) (Godino, Batanero y Font, 2007), marco teórico emergente en educación matemática, que puede ser también aplicado, con las necesarias adaptaciones, a otras áreas curriculares. Pensamos que el EOS puede aportar elementos originales y significativos para elaborar una teoría de diseño instruccional, apropiada para orientar los procesos de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas y otras áreas curriculares.

En la siguiente sección describimos los supuestos epistemológicos, semióticos y cognitivos de los que parte el EOS, los cuales pueden servir de apoyo para orientar los procesos de enseñanza y aprendizaje. En la sección tercera introducimos la noción de idoneidad didáctica, sus dimensiones y nociones del EOS sobre las cuales se apoya. La sección cuarta incluye los criterios de idoneidad en las dimensiones epistémica, cognitiva, afectiva, interaccional, mediacional y ecológica, así como algunos indicadores empíricos que permiten su aplicación a la práctica docente. En la sección quinta analizamos algunas concordancias y complementariedades con teorías clásicas de diseño instruccional, particularmente las de tipo objetivista y constructivista. Concluimos con una síntesis e implicaciones para la formación de profesores.

2. ENFOQUE ONTOSEMIÓTICO DEL CONOCIMIENTO. LA NOCIÓN DE IDONEIDAD DIDÁCTICA

En diversos trabajos, Godino y colaboradores¹ (Godino y Batanero, 1994; Godino, 2002; Godino, Batanero y Font, 2007) han elaborado un sistema de nociones teóricas sobre la naturaleza, origen y significado de los objetos matemáticos desde una perspectiva educativa, tratando de articular de manera coherente las dimensiones *epistémica* (significados institucionales o socioculturales) y *cognitiva* (significados personales, psicológicos o individuales). Estas nociones constituyen un primer paso para abordar los problemas de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas, ya que se centran en modelizar los propios conocimientos a enseñar y los aprendizajes logrados por los estudiantes.

El EOS se propone articular diferentes puntos de vista y nociones teóricas sobre el conocimiento matemático, su enseñanza y aprendizaje. Se adopta una perspectiva global, teniendo en cuenta las diversas dimensiones implicadas y las interacciones entre las mismas. Con dicho fin incluye, a) Un modelo epistemológico basado en presupuestos antropológicos/ socioculturales; b) Un modelo de cognición sobre bases semióticas; c) Un modelo instruccional sobre bases socio-constructivistas; d) Un modelo sistémico – ecológico que relaciona las anteriores dimensiones entre sí y con el trasfondo biológico, material y sociocultural en que tiene lugar la actividad de estudio y comunicación matemática.

En los siguientes apartados presentamos una síntesis de las nociones teóricas introducidas en el EOS mediante las cuales es posible formular criterios de *idoneidad didáctica* para los procesos de enseñanza y aprendizaje, lo que constituye la base para una teoría de diseño de procesos de enseñanza y aprendizaje. “Una teoría de diseño educativo es una teoría que ofrece una guía explícita sobre la mejor forma de ayudar a que la gente aprenda y se desarrolle. Los tipos de conocimientos y de desarrollo pueden ser cognitivos, emocionales, físicos y espirituales” (Reigeluth, 2000, p. 15).

2.1. Los significados como sistemas de prácticas: Una teoría pragmatista del conocimiento

¹ Estos trabajos están disponibles en Internet, <http://www.ugr.es/local/jgodino>. En Godino, Batanero y Font (2008) se presenta una síntesis actualizada del «enfoque ontosemiótico» para la Didáctica de las Matemáticas.

Se concibe el significado de los conceptos matemáticos (número, función,...), desde una perspectiva pragmático-antropológica². El significado de un objeto matemático es el sistema de prácticas operativas y discursivas que una persona (una institución, comunidad de prácticas,...) realiza para resolver una cierta clase de situaciones-problema en las que dicho objeto interviene. En los sistemas de prácticas intervienen diversos tipos de objetos interrelacionados (*configuración*); además de la propia situación-problema que motiva las prácticas matemáticas. En el EOS se consideran como objetos intervinientes y emergentes de las prácticas, lenguajes, conceptos, proposiciones, procedimientos y argumentos.

Los sistemas de prácticas, y los objetos que intervienen en las mismas, se han categorizado teniendo en cuenta diversos puntos de vista. El primero es la distinción entre las facetas personal e institucional. La primera hace referencia a las prácticas idiosincrásicas de un individuo particular; la segunda, a las prácticas sociales y compartidas por un grupo de personas miembros de una misma institución, comunidad o cultura. Cuando esta noción se aplica a la descripción de los conocimientos de un sujeto particular será necesario distinguir el sistema global de prácticas que potencialmente puede poner en juego dicho sujeto, de los subsistemas de prácticas declaradas (en un proceso de evaluación) y logradas (al ser comparadas con unas prácticas institucionales de referencia). En cuanto a las prácticas institucionales también es necesario distinguir entre las efectivamente implementadas en un proceso de estudio, de las pretendidas, y las prácticas de referencia. De esta manera, la interpretación semiótica de las prácticas lleva a hablar de significados personales (globales, declarados y logrados) y de significados institucionales (implementados, evaluados, pretendidos, referenciales).

En la figura 1 se indican los distintos tipos de significados institucionales y personales que se ponen en juego en el diseño, implementación y evaluación de procesos de instrucción. Los significados aquí mencionados son interpretados como “los sistemas de prácticas operativas y discursivas que se ponen en juego por una persona (o compartidas en el seno de una institución) para resolver una cierta clase de situaciones – problemas” (Godino y Batanero, 1994, p. 340). Estos significados son descritos mediante configuraciones de objetos intervinientes y emergentes de los sistemas de prácticas (Godino, Batanero y Font, 2007).

Desde esta perspectiva se entienden los procesos de aprendizaje en términos de *acoplamiento* de significados, como se indica en la parte central de la figura 1. La *enseñanza* implica la *participación* del estudiante en la comunidad de prácticas que soporta los significados institucionales, y el *aprendizaje*, en última instancia, supone la *apropiación* por el estudiante de dichos significados.

² Consideramos que estos supuestos pueden ser también apropiados para otras áreas de conocimiento, en particular del campo de las ciencias experimentales.



Figura 1: Tipos de significados pragmáticos

2.2. Dimensiones de análisis de un proceso de instrucción

El objeto central de estudio de la didáctica son los procesos de enseñanza y aprendizaje, implicando, por tanto, un “contenido”, estudiantes, profesor, medios tecnológicos, y siendo tales procesos realizados en el seno de un contexto institucional y social determinado que condiciona y hace posible la realización del proceso educativo. Se trata del estudio de sistemas heterogéneos y complejos para los cuales es necesario adoptar modelos teóricos específicos para cada uno de los componentes.

Se propone tener en cuenta las siguientes dimensiones para analizar los procesos de instrucción:

1. *Epistémica*: Conocimientos relativos al contexto institucional en que se realiza el proceso de estudio y la distribución en el tiempo de los diversos componentes del contenido (problemas, lenguajes, procedimientos, definiciones, propiedades, argumentos).
2. *Cognitiva*: Conocimientos personales de los estudiantes y progresión de los aprendizajes.
3. *Afectiva*: Estados afectivos (actitudes, emociones, creencias, valores) de cada alumno con relación a los objetos y al proceso de estudio seguido.
4. *Mediacional*: Recursos tecnológicos y asignación del tiempo a las distintas acciones y procesos.
5. *Interaccional*: Patrones de interacción entre el profesor y los estudiantes y su secuenciación, orientada a la fijación y negociación de significados.
6. *Ecológica*: Sistema de relaciones con el entorno social, político, económico,... que soporta y condiciona el proceso de estudio.

El EOS considera como claves las facetas epistémica y cognitiva y postula para ellas un punto de vista antropológico y semiótico: la matemática como actividad humana que adquiere significado mediante la acción de las personas ante situaciones – problemas específicos. Pero también se concede relevancia a las demás facetas (afectiva, interaccional, mediacional y ecológica) ya que condicionan los aprendizajes y la enseñanza. En el EOS, cuando se habla de conocimiento se incluye *comprensión* y

competencia. La dimensión epistémica se refiere a los conocimientos institucionales (o sea, compartidos en el seno de instituciones o comunidades de prácticas) mientras que la dimensión cognitiva se refiere a los conocimientos personales (o del sujeto individual).

2.3. Objetos y procesos

En el EOS se han desarrollado categorías de análisis explícitas para las dimensiones epistémica y cognitiva partiendo de una concepción de la matemática de tipo pragmático – antropológica (nociones de práctica y de institución), sin que esta visión implique el rechazo de la noción de objeto matemático. Para ello el objeto matemático es interpretado como entidad emergente e interviniente en las prácticas. En la figura 2 se resumen las categorías de objetos (y procesos) introducidos en el EOS, las cuales permiten realizar análisis pormenorizados de la actividad matemática, y por tanto, también de los conocimientos que intervienen en una enseñanza idónea de las matemáticas.

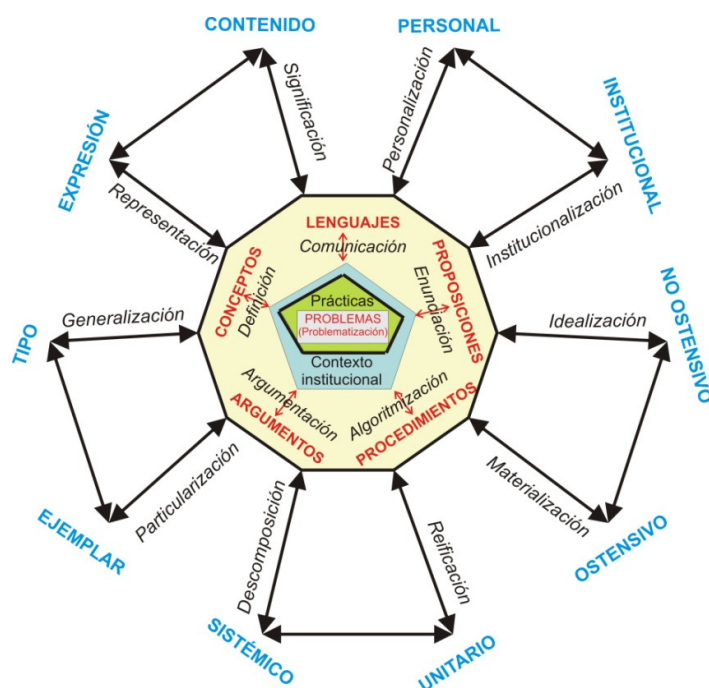


Figura 2: Prácticas, objetos y procesos

2.4. Configuraciones y trayectorias didácticas

Para el análisis de los procesos instruccionales el EOS ha introducido la noción de configuración y trayectoria didáctica cuyos elementos constituyentes se resumen en la figura 3. La tipología de normas (reglas, hábitos, ...) que intervienen y condicionan los procesos instruccionales, elaborada en Godino, Font, Wilhelmi y Castro (2009), ayuda a comprender mejor dichos procesos, al permitir un nuevo nivel de análisis de los mismos.

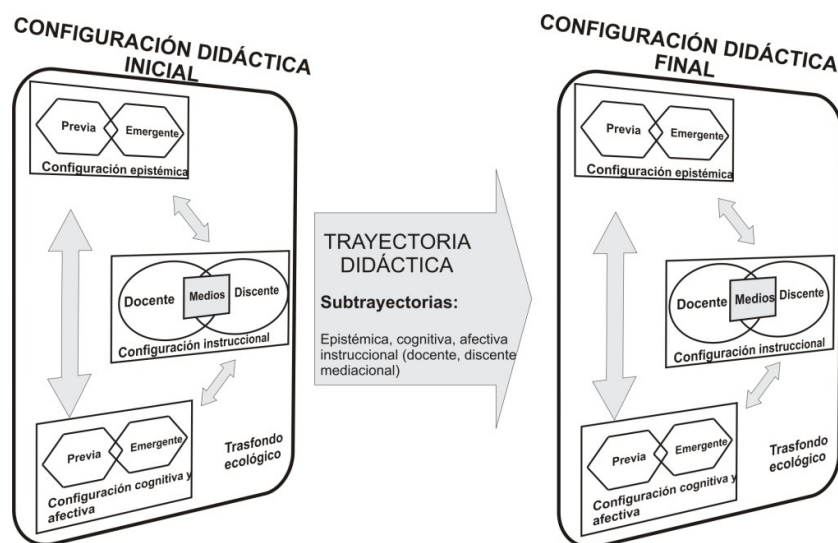


Figura 3: Configuraciones y trayectorias didácticas

Las herramientas descritas en las figura 2 y 3 permiten análisis pormenorizados de aspectos parciales de los procesos de enseñanza y aprendizaje, tales como la descripción de los objetos y procesos puestos en juego en la resolución de una tarea, o las interacciones en el seno de un proceso instruccional de carácter local. El diseño y evaluación de planes de formación a nivel más global, como puede ser la implementación de una lección, una unidad didáctica, o un programa de estudio, requiere instrumentos conceptuales apropiados para dicho nivel.

2.5. Idoneidad didáctica

La noción de idoneidad didáctica, sus dimensiones, criterios, y un desglose operativo de dicha noción, ha sido introducida en el EOS (Godino, Contreras y Font, 2006; Godino, Bencomo, Font y Wilhelmi, 2007) como herramienta que permite el paso de una didáctica descriptiva – explicativa a una didáctica normativa, esto es, una didáctica que se orienta hacia la intervención efectiva en el aula. Consideramos que esta noción puede servir de punto de partida para una teoría de diseño instruccional (Teoría de la Idoneidad Didáctica, TID) que tenga en cuenta, de manera sistémica, las dimensiones epistémica, cognitiva – afectiva, interaccional – mediacional y ecológica implicadas en los procesos de estudio de las áreas curriculares específicas

La figura 4 resume las principales características de dicha noción. La idoneidad didáctica de un proceso de instrucción se define como la articulación coherente y sistémica de las seis componentes siguientes:

- *Idoneidad epistémica*, se refiere al grado de representatividad de los significados institucionales implementados (o pretendidos), respecto de un significado de referencia.
- *Idoneidad cognitiva*, expresa el grado en que los significados pretendidos/ implementados estén en la zona de desarrollo potencial de los alumnos, así como la proximidad de los significados personales logrados a los significados pretendidos/ implementados.
- *Idoneidad interaccional*. Un proceso de enseñanza-aprendizaje tendrá mayor idoneidad desde el punto de vista interaccional si las configuraciones y trayectorias

didácticas permiten, por una parte, identificar conflictos semióticos³ potenciales (que se puedan detectar a priori), y por otra parte permitan resolver los conflictos que se producen durante el proceso de instrucción.

- *Idoneidad mediacional*, grado de disponibilidad y adecuación de los recursos materiales y temporales necesarios para el desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje.
- *Idoneidad afectiva*, grado de implicación (interés, motivación, ...) del alumnado en el proceso de estudio. La idoneidad afectiva está relacionada tanto con factores que dependen de la institución como con factores que dependen básicamente del alumno y de su historia escolar previa.
- *Idoneidad ecológica*, grado en que el proceso de estudio se ajusta al proyecto educativo del centro, la escuela y la sociedad y a los condicionamientos del entorno en que se desarrolla.

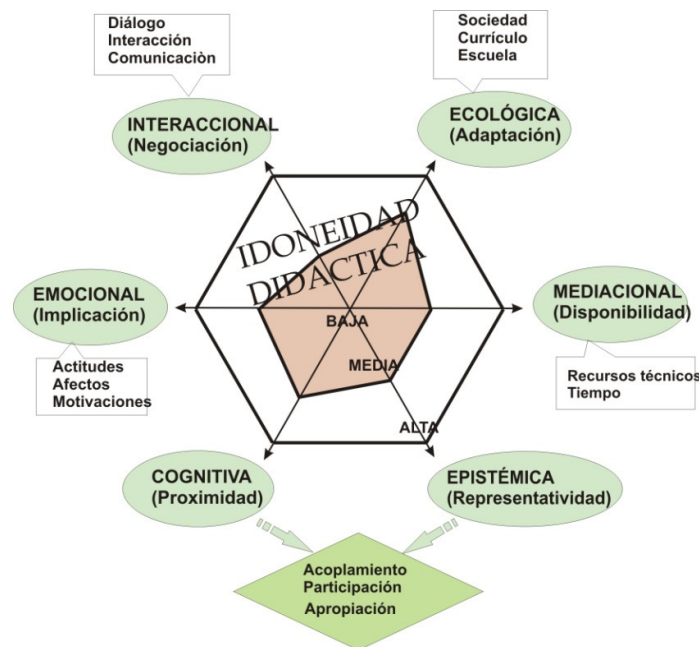


Figura 4: Idoneidad didáctica

Representamos mediante un hexágono regular la idoneidad correspondiente a un proceso de estudio pretendido o programado, donde *a priori* se supone un grado máximo de las idoneidades parciales. El hexágono irregular interno correspondería a las idoneidades efectivamente logradas en la realización de un proceso de estudio implementado.

Situamos en la base las idoneidades epistémica y cognitiva al considerar que el proceso de estudio gira alrededor del desarrollo de unos conocimientos específicos. “Diferentes

³ Un *conflicto semiótico* es cualquier disparidad o discordancia entre los significados atribuidos a una expresión por dos sujetos (personas o instituciones). Si la disparidad se produce entre significados institucionales hablamos de conflictos semióticos de tipo epistémico, mientras que si la disparidad se produce entre prácticas que forman el significado personal de un mismo sujeto los designamos como conflictos semióticos de tipo cognitivo. Cuando la disparidad se produce entre las prácticas (discursivas y operativas) de dos sujetos diferentes en interacción comunicativa (por ejemplo, alumno-alumno o alumno-profesor) hablaremos de conflictos (semióticos) interaccionales.

tipos de cosas que deben ser aprendidas requieren diferentes tipos de apoyos para su aprendizaje (Spector, 2001, p. 391).

Las idoneidades epistémica y cognitiva no se pueden reducir a los componentes conceptuales, procedimentales y actitudinales, como habitualmente se considera en las propuestas curriculares. El primer paso para poder confeccionar un programa de estudio es determinar qué es idóneo desde los puntos de vista epistémico y cognitivo (así como la coordinación de estas idoneidades). La ontología (junto con las facetas duales) propuesta por el EOS permite describir las idoneidades epistémica y cognitiva en términos de configuraciones epistémicas y cognitivas (conglomerado de situaciones-problema, definiciones (conceptos), procedimientos, proposiciones, lenguajes y argumentos). El núcleo de dichas configuraciones son las situaciones-problemas seleccionadas para contextualizar y personalizar los significados.

Tal y como hemos definido con anterioridad, tanto la idoneidad epistémica como la idoneidad cognitiva están definidas sobre la noción de significado. En el EOS, el significado se concibe en términos de “sistemas de prácticas operativas y discursivas (institucionales y personales)”. Tales sistemas de prácticas se hacen operativos mediante las correspondientes configuraciones (epistémicas o cognitivas), y son relativos al marco institucional, las culturas y comunidades de prácticas. De aquí se deriva que la idoneidad didáctica es relativa a las circunstancias locales en que tiene lugar el proceso de estudio: “Una característica fundamental de las teorías de diseño educativo consiste en que los métodos que proponen son situacionales más que universales” (Reigeluth, 2000, p. 18).

Los distintos elementos pueden interactuar entre sí, lo que sugiere la extraordinaria complejidad de los procesos de enseñanza y aprendizaje. El logro de una idoneidad alta en una de las dimensiones, por ejemplo, la epistémica, puede requerir unas capacidades cognitivas que no posean los estudiantes a los que se dirige la enseñanza. Una vez logrado un cierto equilibrio entre las dimensiones epistémica y cognitiva es necesario que la trayectoria didáctica optimice la identificación y solución de conflictos semióticos. Los recursos técnicos y el tiempo disponible también interaccionan con las situaciones-problemas, el lenguaje, etc.

“El aprendizaje individual es una criatura compleja con muchas necesidades las cuales tienen que satisfacerse para que el aprendizaje tenga éxito. El principio de una “dieta equilibrada” es por tanto aplicable tanto para nuestras mentes como para nuestros cuerpos” (Sfard, 2002, p. 30).

Las herramientas descritas se pueden aplicar al análisis de un proceso de estudio puntual implementado en una sesión de clase, a la planificación o el desarrollo de una unidad didáctica, o de manera más global, al desarrollo de un curso o una propuesta curricular. También pueden ser útiles para analizar aspectos parciales de un proceso de estudio, como un material didáctico, un manual escolar, respuestas de estudiantes a tareas específicas, o “incidentes didácticos” puntuales.

3. GUÍAS PARA PROMOCIÓN Y EVALUACIÓN DE LA IDONEIDAD DIDÁCTICA

El logro de una alta idoneidad didáctica de un proceso de estudio, como también su valoración, es un proceso sumamente complejo puesto que, como hemos visto en la sección 2, involucra diversas dimensiones, que a su vez están estructuradas en distintas

componentes. Además, tanto las dimensiones como los componentes no son observables directamente y, por lo tanto, es necesario inferirlos a partir de indicadores empíricos.

En las definiciones presentadas de las distintas idoneidades parciales juega un papel central la noción de significado. El EOS proporciona herramientas para operativizar la noción de idoneidad de las configuraciones y trayectorias didácticas. En esta sección presentamos algunos criterios o indicadores de las distintas idoneidades parciales.

3.1. Idoneidad epistémica

El análisis de la idoneidad epistémica precisa de la definición previa de un significado de referencia para el proceso de estudio (efectivo o potencial) que se desea analizar. De las categorías de objetos primarios introducidas en el EOS, fijaremos nuestra atención en las *situaciones-problemas*, las cuales deben, por un lado, ser representativas de las incluidas en el significado de referencia y, por otro lado, permitir contextualizar los conocimientos pretendidos, ejercitarlos y aplicarlos a situaciones relacionadas. Más aún, desde el punto de vista de los procesos, una idoneidad alta estará asociada a la presencia de momentos de “generación del problema” (problematización), de modo que los propios alumnos tengan ocasión de formular o reformular los problemas y plantear cuestiones relacionadas, en definitiva, de asumir los problemas como propios. Los procesos de particularización – materialización, así como los de generalización – idealización, cuando se aplican a los problemas, orientan la formulación de tareas instruccionales que tengan en cuenta las necesarias adaptaciones curriculares a las capacidades de los estudiantes.

El logro de una idoneidad alta en el componente situacional requiere que las situaciones - problemas o proyectos a proponer para contextualizar los conocimiento/competencias pretendidas constituyan casos representativos del campo socio-profesional correspondiente y permita, así mismo, relacionar distintos bloques de contenido disciplinar y áreas curriculares. Esto quiere decir que la idoneidad epistémica está estrechamente relacionada con la idoneidad ecológica del proceso de estudio.

Los *lenguajes* utilizados deben ser una muestra representativa de los identificados en el significado de referencia; también se tienen en cuenta las transformaciones, traducciones y conversiones entre los mismos. Se descartan notaciones innecesarias o inconsistentes. Los estudiantes tienen ocasión de expresar y comunicar sus conjeturas, procedimientos, argumentaciones, en general, sus conocimientos.

Las *definiciones, proposiciones y procedimientos* son representativos de los identificados en el significado de referencia y adaptados al nivel, capacidades y recursos disponibles en el marco institucional correspondiente. El proceso incluye momentos en los que se generan y negocian las reglas mejor adaptadas a las circunstancias, existiendo momentos en que operan como herramientas implícitas (Douady, 1986). Tales reglas conceptuales, proposicionales y procedimentales son explicadas y justificadas mediante argumentos representativos y adaptados.

El juicio positivo sobre la idoneidad epistémica del proceso de estudio debe tener en cuenta las conexiones e interacciones entre los elementos mencionados. Los elementos conceptuales, proposicionales y procedimentales deben haber sido contextualizados mediante las situaciones, explicados y justificados con argumentos pertinentes y todos estos elementos soportados mediante recursos expresivos eficaces.

Aprendizaje basado en problemas

El modelo instruccional que propone la "Teoría de la Idoneidad Didáctica" (TID) está orientado al ámbito específico de la materia correspondiente (matemáticas, ciencias naturales, ...), y a los temas específicos en que dicha materia se organiza. No obstante, el estudio de cada tema, o grupos de temas, está motivado mediante situaciones - problemas de iniciación o contextualización de los mismos. Tampoco se descarta la utilización proyectos de investigación con una orientación interdisciplinar (matemática aplicada a distintos campos, ...).

En consecuencia, el modelo instruccional que propone la TID se caracteriza por suponer un "aprendizaje basado en problemas". Por tanto, será necesario dar criterios explícitos sobre cómo elegir tales situaciones - problemas. Hasta el momento la TID no ha desarrollado un sistema de indicadores para tales criterios; no obstante, la noción de idoneidad epistémica, formulada en términos de representatividad de los significados pretendidos (implementados) respecto de un significado de referencia, requiere que las situaciones problemas seleccionadas sean "representativas" de las que forman parte del "significado de referencia". La reconstrucción de dicho referencial será crucial y para ello será necesario emprender un estudio sistemático de la literatura didáctica correspondiente sobre los contenidos pretendidos.

La noción de configuración de objetos y procesos que propone el EOS llama la atención a tener en cuenta, no solo la selección de las situaciones - problemas (aunque se considera un primer elemento crucial), sino también los elementos procedimentales (desarrollo de técnicas algorítmicas o estratégicas), y los elementos discursivos (reglas conceptuales, proposicionales y argumentos). Los procesos cognitivos (generalización, idealización, ...) y metacognitivos (planificación, control, evaluación, ...) deberán también ser objeto de atención en el proceso de estudio.

Otro criterio para la selección de las situaciones - problemas se refiere a la dimensión cognitiva. Los problemas y configuraciones de objetos y procesos asociados deben estar en la zona de desarrollo próximo de los estudiantes, al tiempo que supongan un reto abordable para los mismos.

3.2. Idoneidad ecológica

En la sección 2 hemos definido la idoneidad ecológica como el grado de adaptación del proceso de estudio al proyecto educativo del centro, las directrices curriculares, las condiciones del entorno social-profesional, etc., en que se implementa. También se tendrán en cuenta las conexiones que se establezcan con otros contenidos (significados) intra-disciplinares (otros temas de matemáticas) e inter-disciplinares (otras materias del programa de estudios).

Se considerará como indicador de idoneidad ecológica alta los diseños instruccionales que tengan en cuenta e incorporen las aportaciones de las investigaciones didácticas sobre los contenidos abordados, en particular la integración del uso de las nuevas tecnologías de la información y de las comunicaciones (apertura hacia la innovación didáctica basada en la investigación). Los contenidos pretendidos deberán, así mismo, orientarse al mundo de la vida real, a la formación de ciudadanos informados, capaces de tener juicio propio y responsable sobre los temas de interés social, así como al desarrollo de las competencias socio-profesionales de los estudiantes.

3.3. Idoneidad cognitiva

En el EOS se introduce la noción de significado personal para designar los conocimientos del estudiante. Estos significados son concebidos, al igual que los significados institucionales, como los “sistemas de prácticas operativas y discursivas” que son capaces de realizar los estudiantes a propósito de cierto tipo de problemas. Hablar de significados equivale, en nuestro caso, a hablar de conocimiento, comprensión y competencia. Los significados personales se van construyendo progresivamente a lo largo del proceso de instrucción, partiendo de unos significados iniciales al comienzo del proceso, y alcanzando unos determinados significados finales (logrados o aprendidos).

Hemos definido que una configuración didáctica tiene idoneidad cognitiva cuando el “material de aprendizaje” está en la *zona de desarrollo potencial* (Vygotski, 1934) de los alumnos; con otras palabras, que el desfase entre los significados institucionales implementados y los significados personales iniciales sea el máximo abordable teniendo en cuenta las restricciones cognitivas de los alumnos y los recursos humanos, materiales y temporales disponibles (Godino, Wilhelmi y Bencomo, 2005). Además se exige que los significados personales logrados por los estudiantes en el proceso de estudio concuerden con los significados pretendidos/ implementados.

Esta definición se puede relacionar con la “necesidad de dificultad” descrita por Sfard:

“Puesto que las personas rehúyen la dificultad tratando instintivamente de evitarla, es importante enfatizar que cuando se trata del aprendizaje, la dificultad es de hecho una buena cosa, siempre que sea básicamente manejable. Se puede decir que la dificultad es para el aprendizaje lo que la fricción es para el movimiento: Es la condición necesaria para su existencia. Sin dificultad no hay aprendizaje, de igual modo que no hay movimiento sin fricción” (Sfard, 2002, p. 13).

El juicio positivo sobre la idoneidad cognitiva de un proceso de estudio se basará en: a) la existencia de una evaluación inicial de los significados personales de los estudiantes, a fin de comprobar que los significados pretendidos suponen un reto manejable; b) la existencia de adaptaciones curriculares que tengan en cuenta las diferencias individuales; y, finalmente, c) que los aprendizajes logrados estén lo más próximos posible a los significados institucionales pretendidos/ implementados.

Tipos de aprendizaje

El tema de las taxonomías educativas no ha sido planteado en el marco del EOS. Hasta ahora hemos centrado la atención en distinguir tipos de objetos y procesos que intervienen en la actividad matemática, los cuales pueden ser considerados desde el punto de vista institucional (epistémico) o personal (cognitivo). Las configuraciones de objetos y procesos que es posible identificar desde un punto de vista institucional cuando se analiza la actividad matemática al resolver un cierto tipo de problemas, tienen su reflejo en el conocimiento y competencia de los sujetos que abordan el estudio de dichos problemas.

No obstante, se reconoce que el aprendizaje tiene lugar en el tiempo e implica un desarrollo progresivo; el estado final del aprendizaje puede o no coincidir con los significados pretendidos. Esto da pie para considerar distintos niveles de logro en el dominio de los conocimientos y competencias. Es ahí donde se necesitan taxonomías que permitan describir los tipos de configuraciones cognitivas que los estudiantes pueden manifestar.

La taxonomía que propone Reigeluth (2000, p. 66), la cual relaciona con otras varias, como las de Bloom, Gagné, Ausubel, Anderson y Merrill, puede ser adoptada por el EOS de una manera coherente. Este autor propone cuatro tipos de niveles de aprendizaje:

- Memorizar información
- Comprender las relaciones
- Aplicación de técnicas (específicas)
- Aplicación de técnicas genéricas

La taxonomía SOLO, desarrollada por Bigg y Collis (1982), y aplicable a distintas áreas curriculares, propone cinco niveles de complejidad creciente en la comprensión de un estudiante de un tema de cualquier área:

1. Pre-estructural: los estudiantes adquieren simplemente fragmentos de información sin conexión, carente de organización y significado.
2. Uni-estructural: establecen conexiones simples y obvias, pero su significación no es comprendida.
3. Multi-estructural: se establecen un cierto número de conexiones, pero faltan las meta-conexiones entre ellas, así como su significación para el conjunto global.
4. Nivel relacional: el estudiante es capaz de apreciar la significación de las partes en relación con el todo.
5. Nivel de abstracción ampliada: el estudiante hace conexiones no solo dentro del área de contenido dada, sino también más allá; es capaz de generalizar y transferir los principios e ideas que subyacen en el ejemplo específico.

El EOS aporta a estas categorías de aprendizaje un mayor detalle analítico que puede ayudar a caracterizar mejor los tipos de aprendizajes logrados por los estudiantes. Nos parece que asignar un nivel de desempeño entre 0 y 4 (o 5) categorías resulta poco útil cuando el objetivo se dirige a entender porqué los estudiantes tienen dificultades para alcanzar los objetivos pretendidos.

3.4. Idoneidad afectiva

Diremos que un proceso de estudio tiene idoneidad afectiva alta en la medida en que las configuraciones didácticas motiven a la acción y participación a los alumnos; esto supone la creación de un ambiente de trabajo que tiene en cuenta los intereses, afectos y emociones de los alumnos hacia el contenido de la enseñanza.

La selección de las situaciones – problemas de iniciación o contextualización que pertenezcan al campo de intereses de los alumnos será un factor a tener en cuenta en esta dimensión. La creación de un “clima” de respeto mutuo y de trabajo cooperativo será un factor positivo para el aprendizaje.

Apoyo del aprendizaje

A medida que los alumnos aprenden necesitan apoyo para mejorar y progresar, tanto en el aspecto cognitivo como emocional. El apoyo cognitivo consiste en los elementos que sirven para apoyar a los alumnos a la hora de elaborar sus conocimientos y su competencia en el contenido pretendido. Esto se puede hacer mediante recursos impresos o informáticos, interacciones humanas, acceso a la información, retro-alimentación, evaluación, etc. El apoyo emocional consiste en aquellos elementos que

respaldan las actitudes, motivaciones, sentimientos y autoconfianza del alumno. No se trata necesariamente de puntos distintos ya que la manera en la que el profesor proporciona retroalimentación para corregir un error cognitivo juega un papel importante en el nivel de actitud, y la confianza del alumno.

La inclusión de la dimensión afectiva en la TID responde precisamente a la necesidad de tener en cuenta las interacciones entre los afectos (y sus distintas componentes) con los aprendizajes cognitivos.

Un elemento esencial en el logro de alta idoneidad didáctica será la organización de un sistema de evaluación formativa a lo largo de los distintos momentos del proceso de estudio, incluyendo la implementación de técnicas de auto-evaluación de los aprendizajes y estados afectivos por los propios estudiantes.

3.5. Idoneidad interaccional

Diremos que un proceso de estudio tiene una idoneidad interaccional⁴ alta, en la medida en que las configuraciones didácticas posibilitan que el profesor y los alumnos identifiquen conflictos semióticos *potenciales (a priori)*, *efectivos* (durante el proceso de instrucción) y *residuales (a posteriori)* y resolver dichos conflictos mediante la *negociación de significados*.

Los formatos de interacción de tipo dialógico y de trabajo cooperativo tendrán potencialmente mayor idoneidad interaccional que las de tipo magistral y de trabajo individual, puesto que los estudiantes muestran su relación con los objetos matemáticos y, por lo tanto, el profesor tiene indicadores explícitos de dicha relación. Estos indicadores pueden permitir al profesor valorar la relación de los estudiantes con los objetos constituyentes del contenido y, eventualmente, determinar la intervención más adecuada.

Modos de agrupamiento e interacción

El logro de una idoneidad interaccional alta para un proceso de estudio se considera dependiente del uso de distintos modos de agrupamiento de los estudiantes y diferentes formatos de interacción, según los momentos del proceso de estudio y el tipo de contenido pretendido.

Hay momentos de trabajo de exploración personal de los problemas o tareas propuestas, como también momentos de trabajo en parejas o grupos de tamaño reducido para compartir y validar soluciones, así como momentos de discusión e institucionalización colectiva o de gran grupo.

Un criterio de optimización de los distintos formatos de agrupamiento e interacción que aporta la TID es el reconocimiento y negociación de conflictos de significados: será preferible un tipo de formato en la medida en que facilite dicho reconocimiento y solución de conflictos en el aprendizaje. Esto puede tener lugar en una interacción grupal, o en una interacción no humana del aprendiz con los recursos materiales y la información que esté a su alcance. Hay que mencionar que las interacciones tienen también lugar entre el alumno con las herramientas y la información disponible

⁴ En Godino, Contreras y Font (2006) designamos esta dimensión como «idoneidad semiótica». Preferimos ahora designarla como mediacional ya que el componente semiótico está presente también en la definición de las idoneidades epistémica y cognitiva. En Godino, Wilhelmi y Bencomo (2005) se agrupa esta dimensión con la mediacional y se designan conjuntamente como «idoneidad instruccional».

(interacciones no humanas), las cuales tienen un papel clave en las fases o momentos de trabajo individual, tanto dentro como fuera del aula.

Control del aprendizaje

Puesto que se reconoce la existencia de un "contenido curricular" cuyo aprendizaje se pretende y que dicho contenido puede adoptar una variedad de concreciones, dependiendo del contexto y circunstancias, es necesario atribuir al docente un papel protagonista en el proceso de transposición didáctica. El proceso de estudio está centrado en el profesor en las primeras fases del diseño y en la evaluación sumativa final, requerida por el compromiso social del proyecto educativo. No obstante, en los momentos de exploración personal y grupal de las situaciones planteadas, los momentos de formulación, comunicación y validación de las conjeturas (Brousseau, 1997), el protagonismo debe estar centrado en el estudiante. No se evita, además, que los propios estudiantes propongan variantes de las situaciones iniciales, y que se conceda atención a las estrategias y concepciones iniciales de los estudiantes.

3.6. Idoneidad mediacional

Se define la idoneidad mediacional como el grado de disponibilidad y adecuación de los recursos materiales y temporales necesarios para el desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje. Si el profesor y los alumnos tuvieran a su disposición medios informáticos pertinentes al estudio del tema en cuestión (Cabri, p.e., para la geometría plana), el proceso de estudio que se apoye en estos recursos tendría mayor idoneidad mediacional que otro tradicional basado exclusivamente en la pizarra, lápiz y papel. Asimismo, un ejemplo de un proceso de enseñanza-aprendizaje con un alto grado de idoneidad mediacional con relación a los medios temporales sería una clase magistral, donde el profesor reproduce de manera íntegra y sin interacción con los estudiantes el significado pretendido.

Los recursos materiales pueden ser manipulativos, utilidades informáticas de graficación y cálculo, libros de texto,... Estos medios interactúan con los distintos elementos de las configuraciones epistémicas y cognitivas (tipos de problemas abordables, representaciones, definiciones, proposiciones y argumentaciones). La idoneidad del proceso de estudio se verá afectada positivamente si el profesor y los estudiantes tienen a su alcance los medios materiales mejor adaptados a los significados pretendidos.

En cuanto al tiempo didáctico interesa tener en cuenta no sólo el tiempo presencial colectivo (donde básicamente tiene lugar la enseñanza), sino también el tiempo no presencial, de trabajo individual. La planificación y el desarrollo del proceso de estudio se valorarán positivamente si la cantidad y gestión del tiempo dedicado al estudio es adecuado a los objetivos de aprendizaje.

4. CONCORDANCIAS Y COMPLEMENTARIEDADES

En esta sección vamos a estudiar las concordancias y complementariedades de la Teoría de la Idoneidad Didáctica, como modelo instruccional esbozado de manera implícita a partir de la noción de idoneidad didáctica, con teorías "clásicas" sobre el aprendizaje y la instrucción, como el conductismo, cognitivismo y constructivismo.

Una noción central del EOS es la de situación - problema, para cuya solución existe un sistema de prácticas culturalmente compartidas que permiten una solución óptima (eficaz). El sujeto que aprende debe apropiarse de dicho sistema de prácticas, y de las configuraciones de objetos y procesos que se ponen en juego. Esto supone asumir postulados objetivistas para el conocimiento, y al mismo tiempo, socio-constructivistas para la elaboración y el desarrollo del conocimiento.

Entre los elementos que constituyen las configuraciones de objetos ligados a las prácticas se consideran los elementos procedimentales (técnicas, operaciones, algoritmos, ...), los cuales son necesarios para la solución de los problemas. El aprendizaje de algunos de dichos elementos puede realizarse mediante la adopción de modelos tradicionalmente considerados como conductistas, esto es, mediante la ejercitación y memorización.

La noción de configuración didáctica y sus tipos (magistral, individual, trabajo cooperativo,...) responde al supuesto de que una idoneidad didáctica alta para un proceso de instrucción se puede lograr mediante una adecuada secuenciación de tipos diferentes de configuraciones. El criterio guía será el reconocimiento de conflictos de significados, su solución y el logro de la apropiación de las prácticas y competencias necesarias para la solución de las tareas pretendidas. De nuevo aquí se reconoce una postura mixta entre posiciones cognitivas y socio-constructivas. Se asume que el aprendiz es portador de unos significados personales que el docente debe tener en cuenta, pero dichos significados deberán evolucionar progresivamente hacia unos significados institucionales que constituyen el objetivo del aprendizaje.

La TID se apoya en la filosofía de Wittgenstein y la psicología social de Vygotsky al asumir que el aprendizaje y la educación implica participar en una práctica reconocida dentro de una comunidad particular. Esta visión del aprendizaje es compartida y desarrollada por un cierto número de investigadores educativos contemporáneos partidarios del aprendizaje cognitivo, la cognición distribuida, aprendizaje participativo, aprendizaje situado y cognición social compartida

El aprendizaje situado (Lave, 1988; Brown, Collins, y Duguid, 1989) es una teoría general sobre la adquisición del conocimiento que se basa en los supuestos de que el conocimiento debe ser presentado en contextos auténticos, esto es, entornos y aplicaciones que normalmente utilizan ese conocimiento y que el aprendizaje requiere la interacción social y la colaboración. El aprendiz debe implicarse en una "comunidad de prácticas" que encarna las creencias y conductas que se desean adquirir. Mientras que la perspectiva cognitiva intenta explicar los procesos y estructuras al nivel de los individuos, la perspectiva situada se focaliza en los sistemas interactivos y en las trayectorias resultantes de la participación individual. Adopta los métodos de investigación y los marcos conceptuales de la etnografía, el análisis del discurso, el interaccionismo simbólico, y la psicología sociocultural.

La teoría de la elaboración (Reigeluth & Stein, 1983) es una extensión del trabajo de Ausubel (organizadores avanzados) y de Bruner (currículo en espiral). Argumenta que las unidades de instrucción deberían ser diseñadas mediante secuencias de elaboración claras y consistentes. La secuencia de elaboración se define como una secuencia de lo simple a lo complejo en el que la primera lección ejemplifica (más bien que resume) las ideas y destrezas que siguen. La hipótesis básica es que la secuenciación de unidades de instrucción es una tarea de diseño instruccional fundamental. El primer elemento en una secuencia de elaboración debería ser un ejemplo prototípico, el cual no se requiere que

muestre toda la complejidad del resultado final del aprendizaje pretendido, pero debe ser lo suficientemente rico como para aportar a los aprendices una apreciación del ámbito y complejidad de los problemas asociados con un módulo particular de aprendizaje (colección de unidades de instrucción). El fin tras de una secuencia de elaboración bien articulada es ayudar al aprendiz a desarrollar estructuras cognitivas estables que puedan acomodar contenidos cada vez más ricos y complejos.

5. SÍNTESIS E IMPLICACIONES PARA LA FORMACIÓN DE PROFESORES

Como hemos indicado, la noción de idoneidad didáctica, sus componentes e indicadores empíricos, ha sido introducida en educación matemática a partir de un modelo explícito sobre el conocimiento matemático sobre bases pragmatistas - antropológicas. La introducción de la dualidad personal - institucional de los sistemas de prácticas y de las configuraciones de objetos y procesos permite aplicar sistemas de categorías similares para describir el conocimiento de los sujetos individuales y el conocimiento institucional, para el cual se postula un tipo de realidad objetiva, aunque culturalmente relativa. Otra noción clave del EOS es la de significado, entendido como contenido de las funciones semióticas, o relaciones entre objetos, configuraciones y sistemas de prácticas, la cual permite concebir el aprendizaje en términos de apropiación de significados.

Con la noción de idoneidad didáctica tratamos de desarrollar algunas consecuencias del marco epistemológico y cognitivo del EOS para el diseño, implementación y evaluación de intervenciones educativas, lo que requiere asumir nuevos presupuestos relativos a las interacciones entre los sujetos, el uso de recursos tecnológicos y las relaciones ecológicas con el entorno. Las nociones de conflicto semiótico y la negociación de significados se adoptan como criterio principal de optimización de las interacciones.

La noción de *idoneidad didáctica* es aplicable a las configuraciones y trayectorias de enseñanza y aprendizaje de contenidos curriculares específicos. Se trata de un constructo multidimensional, compuesto de seis facetas o dimensiones (epistémica, cognitiva, mediacional, emocional, interaccional y ecológica) mediante las cuales se pretende abordar de manera integral la complejidad de factores que intervienen en el diseño, desarrollo y evaluación de cualquier proceso de estudio.

La idoneidad didáctica es una herramienta para el *análisis* y la *síntesis* didáctica que puede ser útil para la formación de profesores. Como afirman Hiebert, Morris y Glass (2003), un problema persistente en educación matemática es cómo diseñar programas de formación que influyan sobre la naturaleza y calidad de la práctica de los profesores. La ausencia de efectos significativos de los programas de formación de profesores en dicha práctica se puede explicar, en parte, por la falta de un conocimiento base ampliamente compartido sobre la enseñanza y la formación de profesores.

“La preparación de programas de formación puede ser más efectiva centrándola en ayudar a los estudiantes a que adquieran las herramientas que necesitarán para aprender a enseñar, en lugar de competencias acabadas sobre una enseñanza efectiva” (Hiebert, Morris y Glass, 2003, p. 202).

Pensamos que entre estas herramientas deben figurar los criterios para analizar la propia práctica docente, las lecciones de los textos escolares como fuente próxima para el diseño de unidades didácticas, o experiencias de enseñanza observadas. Consideramos importante introducir en la formación (inicial y continua) de profesores criterios para valorar la idoneidad de los procesos de estudio, tanto si son basados en el uso de libros

de texto, como si se trata de procesos apoyados en el uso de materiales y documentos de trabajo elaborados por el propio profesor.

La noción de idoneidad didáctica y las herramientas para su análisis y valoración que introducimos en este trabajo permiten establecer un puente entre una didáctica descriptiva – explicativa y su aplicación para el diseño, implementación y evaluación de intervenciones educativas específicas. En consecuencia, la formación de profesores de puede orientarse de manera global y sistemática hacia el análisis y valoración de la idoneidad didáctica de propuestas curriculares, programaciones de aula, así como de experiencias de enseñanza y aprendizaje.

La noción de idoneidad didáctica permite centrar la atención del análisis didáctico en las interacciones entre los significados institucionales y personales, en el contexto de un proyecto educativo. El profesor necesita tener criterios que le ayuden a dilucidar qué aspectos de su práctica docente puede mejorar, bien en la etapa de diseño, implementación y evaluación.

El análisis epistemológico del contenido de enseñanza, realizado con un enfoque y herramientas conceptuales apropiadas, debe ser un objetivo esencial en la formación del profesor. Es necesario que los profesores planifiquen la enseñanza teniendo en cuenta los significados institucionales que se pretenden estudiar, adoptando para los mismos una visión amplia, no reducida a los aspectos discursivos (idoneidad epistémica). Asimismo, es necesario diseñar e implementar una trayectoria didáctica que tenga en cuenta los conocimientos iniciales de los estudiantes (idoneidad cognitiva), identificar y resolver los conflictos semióticos que aparecen en todo proceso de estudio, empleando los recursos materiales y temporales necesarios (idoneidad interaccional y mediacional). Estas idoneidades deben ser integradas teniendo en cuenta las interacciones entre las mismas, lo cual requiere hablar de la *idoneidad didáctica* como criterio sistémico de pertinencia (adecuación al proyecto de enseñanza) de un proceso de instrucción, uno de cuyos indicadores empíricos puede ser la adaptación entre los significados personales logrados por los estudiantes y los significados institucionales pretendidos/ implementados (idoneidad cognitiva).

REFERENCIAS:

- Biggs J. y Collis, K (1982). *Evaluating the quality of learning: the SOLO taxonomy* New York: Academic Press.
- Brousseau, G. (1997). *Theory of didactical situations in mathematics: Didactique des mathématiques*. Dordrecht: Kluwer.
- Brown, J.S., Collins, S. y Duguid, D. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher* 18, 32–42.
- Douady, R. (1986). Jeux de cadres et dialectique outil-objet. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 7(2), 5-31.
- Godino, J. D. y Batanero, C. (1994). Significado institucional y personal de los objetos matemáticos. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 14 (3): 325–355.
- Godino, J. D. (2002). Un enfoque ontológico y semiótico de la cognición matemática. *Recherches en Didactique des Mathématiques* 22, (2/3): 237–284.

- Godino, J. D., Batanero, C. y Font, V. (2007). The onto-semiotic approach to research in mathematics education. *ZDM. The International Journal on Mathematics Education*, Vol. 39 (1-2), 127-135.
- Godino, J. D., Contreras, A. y Font, V. (2006). Análisis de procesos de instrucción basado en el enfoque ontológico-semiótico de la cognición matemática. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 26 (1): 39-88.
- Godino, J. D., Wilhelmi M. R. y Bencomo, D. (2005). Suitability criteria for a mathematical instruction process. A teaching experience with the function notion. *Mediterranean Journal for Research in Mathematics Education*, 4.2: 1-26.
- Hiebert, J., Morris, A. K., y Glass, B. (2003). Learning to learn to teach: An "experiment" model for teaching and teacher preparation in mathematics. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 66: 201-222.
- Lave, J. (1988). *Cognition in Practice: Mind, Mathematics, and Culture in Everyday Life*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- NCTM (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston, VA: NCTM.
- Reigeluth, C. M. (2000). ¿En qué consiste una teoría de diseño educativo y cómo se está transformando?. En C. M. Reigeluth (Ed.), *Diseño de la instrucción. Teorías y modelos. Un nuevo paradigma de la teoría de la instrucción* (pp. 15-40). Madrid: Santillana.
- Reigeluth, C. & Stein, F. (1983). The elaboration theory of instruction. In C. Reigeluth (ed.), *Instructional Design Theories and Models*. Hillsdale, NJ: Erlbaum Associates.
- Sfard, A. (1998). On two metaphors for learning and the dangers of choosing just one. *Educational Research* 27(2): 4-12.
- Sfard, A. (2002). Balancing the unbalanceable: The NCTM Standards in the light of theories of learning mathematics. En J. Kilpatrick, Martin, G., & Schifter, D. (Eds.), *A Research Companion for NCTM Standards*. Reston, VA: National Council for Teachers of Mathematics.
- Spector, J. M. (2001). Philosophical implications for the design of instruction. *Instructional Science* 29, 381-402.
- Vygotski, L.S. (1934). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*, 2ª edición. Barcelona, ESP: Crítica-Grijalbo, 1989.
- Wittgenstein, L. (1963). *Philosophical Investigations* (Tr. G.E.M. Anscombe). Oxford: Basil Blackwell.