Concept Maps: Theory, Methodology, Technology
Proc. of the First Int. Conference on Concept Mapping
Pamplona, Spain 2004

ELABORACIÓN DE REDES ONTOSEMIÓTICAS DE CONFIGURACIONES DIDÁCTICAS CON ATLAS/TI

Delisa Bencomo, Universidad Nacional Experimental de Guayana, Venezuela
Juan D. Godino, Universidad de Granada, España
Miguel R. Wilhelmi, Universidad Pública de Navarra, España
Email: miguelr.wilhelmi@unavarra.es, www.ugr.es/local/jgodino

Resumen. Se describe una aplicación del uso del programa ATLAS/ti como recurso para la construcción de un tipo de mapas conceptuales que denominamos *redes ontosemióticas*, mediante las cuales se muestra el sistema de objetos, vínculos y relaciones puestos en juego en un texto. La metodología desarrollada se aplica en el área de didáctica de las matemáticas para analizar la complejidad de un segmento de instrucción matemática. La elaboración del sistema de códigos y relaciones se basa en el enfoque ontosemiótico de la cognición e instrucción matemática desarrollado en el Departamento de Didáctica de la Matemática de la Universidad de Granada, que en la literatura específica se conoce con el nombre de Teoría de las Funciones Semióticas (TFS).

1 Mapas conceptuales, grafos y redes de objetos

Los mapas conceptuales son instrumentos de organización y de representación de conocimientos. Su origen puede situarse en la psicología del aprendizaje de Ausubel (1963). Según Novak un mapa conceptual es una herramienta de organización jerárquica de *conceptos* (regularidades percibidas en sucesos u objetos, o registros de sucesos u objetos, designadas mediante etiquetas) y de determinación de relaciones entre estos conceptos, que constituyen *proposiciones* o *unidades semánticas coherentes* (sentencias que permiten una descripción autosuficiente de un objeto o suceso contenido en el universo de estudio). Entonces, los mapas conceptuales pueden ser interpretados como *modelos sinópticos de descripción estructurada de un sistema*, que suelen ser representados mediante *grafos*, en cuyos vértices se colocan objetos. De esta manera, para la búsqueda de una respuesta a una cuestión se organiza y representa el conocimiento mediante *redes de objetos*.

Estamos interesados en el análisis cualitativo de un proceso de estudio matemático. Estos procesos presentan gran complejidad, por la variedad objetos y relaciones que es necesario tener en cuenta en las dimensiones epistémica, cognitiva e instruccional involucradas. La valoración de la *idoneidad* de tales procesos requiere observar, registrar y medir (usando diversos métodos y técnicas) un complejo de informaciones sobre el estado y evolución de los distintos componentes y dimensiones que lo definen. La descripción de este complejo de datos analizados se realiza con base en un modelo teórico de la cognición y de la instrucción matemáticas. En este trabajo, nos apoyamos en la Teoría de las Funciones Semióticas (TFS) (Godino, 2003) para analizar una secuencia de un proceso de estudio matemático.

Para cumplir este objetivo, en la sección 2 describimos cómo evoluciona una teoría (en particular, la TFS), describimos sucintamente los componentes y facetas de la cognición matemática según la TFS e indicamos la necesidad de automatización del análisis de registros de un proceso de estudio matemático, mostrando la utilidad del programa ATLAS/ti (Muhr, 1997). A continuación, en la sección 3, analizamos una configuración didáctica relativa a la enseñanza de la noción de función en un contexto universitario. Por último, en la sección 4, resaltamos algunos resultados sobre el proceso de estudio observado y algunas conclusiones teóricas.

2 Las redes objetivas como formalización de mapas conceptuales según una teoría

En esta sección introducimos la noción de *observable* como aquella entidad (objeto o hecho) que puede ser identificado por un observador que toma por referencia una determinada teoría. La estructuración jerarquizada de observables constituye una *red objetiva*, que formaliza la noción de mapa conceptual dentro de dicha teoría en el siguiente modo: la validación o refutación de una hipótesis queda determinada por la existencia o no de una red objetiva.

2.1 Evolución de una teoría

La evolución de una teoría viene determinada por el contraste entre un análisis *a priori* y un análisis *a posteriori*. La teoría busca validar las hipótesis que formula (*a priori*). Los hechos observados permiten (*a posteriori*) validar o refutar, total o parcialmente, las hipótesis enunciadas. Este proceso de contraste es consustancial a la teoría subyacente; la teoría determina las entidades que podrán ser identificadas en el sistema (*elementos primarios*) y los instrumentos de observación y toma de datos. Cuando el observador analiza un sistema concreto, trata de identificar los elementos primarios como partes de dicho sistema (*observables*) y construye a partir de ellos una *red objetiva* que modeliza según la teoría el sistema observado. En la figura 1 se presenta este proceso de manera esquemática particularizado a la TFS.

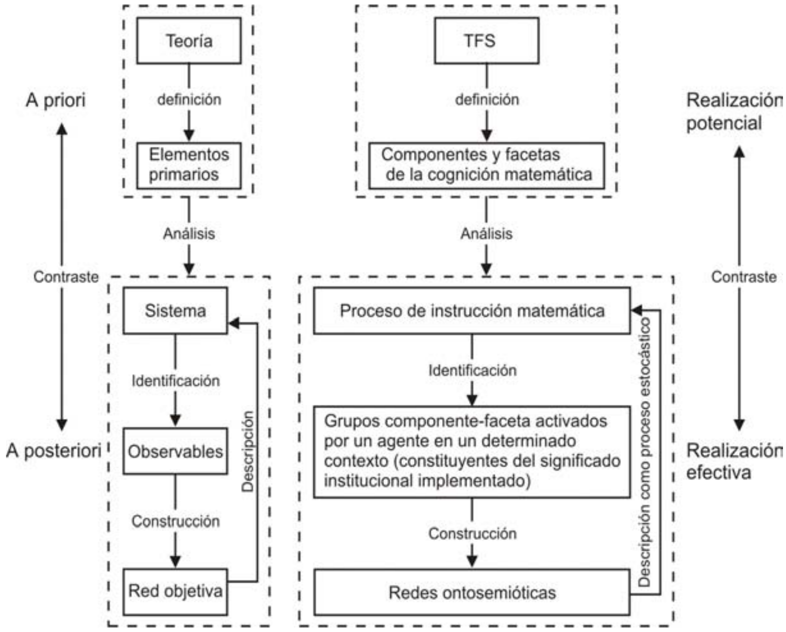

Figura 1: Proceso de evolución de una teoría particularizado a la TFS.

2.2 Conjunto de observables en la TFS: componentes y facetas de la cognición matemática

La TFS sitúa al lenguaje (oral u escrito natural, lógico-formal, gráfico, etc.) como elemento articulador de todo proceso de estudio matemático; en la base, las entidades praxémicas (problemas, acciones); y, por último, como emergentes de las prácticas matemáticas, las entidades discursivas (nociones o conceptos, propiedades y argumentos). Estas seis entidades primarias, entendidas como constituyentes de la práctica operatoria y discursiva matemática dentro de una institución, presentan cinco dualidades que determinan su naturaleza y su función: *personal-institucional* (según si el significado de un objeto viene determinado por una acción cognitiva personal o por un estado cultural de dicho objeto), *ejemplar-tipo* (interpretación de la distinción concreto-abstracto), *ostensivo-no ostensivo* (estado explícito o implícito de un objeto lingüístico dado en no importa cuál registro), *elemental-sistémico* (distinción entre el objeto matemático en sí mismo y como componente del sistema de objetos matemáticos, sistema que explicita la trama de relaciones que se establecen entre los objetos matemáticos), *expresión-contenido* (que determina el carácter esencialmente relacional de la actividad matemática).

2.3 El programa ATLAS/ti como recurso para la elaboración de redes objetivas

Un objetivo básico de la investigación en didáctica de las matemáticas consiste en encontrar explicaciones de las dificultades de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas. La categorización de objetos matemáticos como instrumento para describir la actividad matemática y didáctica propuestos por la TFS muestra la complejidad de los procesos de estudio matemáticos; de esta forma, el enfoque teórico de la TFS supone un reto metodológico. La identificación de regularidades y estructura de los sistemas de objetos matemáticos-didácticos es una tarea analítica que no es posible automatizar, por su carácter cualitativo-interpretativo, pero pensamos que se puede apoyar en el uso de recursos informáticos. En este trabajo describimos el uso del programa ATLAS/ti como medio de codificación y de almacenamiento dinámico del sistema de objetos y familias de objetos que la TFS aporta para el análisis ontosemiótico de un texto matemático (o didáctico-matemático).

El programa ATLAS/ti se utiliza como herramienta de ayuda al análisis cualitativo. Con este programa el analista o investigador puede realizar, en un solo sitio *(unidad hermenéutica)*, tareas que son propias del análisis cualitativo: segmentación y codificación de textos, escritura de comentarios y anotaciones, etc.; es decir, construcción de una *base relacional de datos*. ATLAS/ti permite la elaboración de redes semánticas (*Networks*);

es decir, la representación gráfica de una manera intuitiva de los diferentes componentes (segmentos o citas, categorizaciones, comentarios o anotaciones) y de las relaciones que se hayan establecido entre ellos. Los componentes y las relaciones pueden ser modificados, eliminados o creados desde las propias representaciones convirtiendo así a los *Networks* en un espacio para desarrollar y refinar el trabajo.

3 Contraste entre los significados institucionales pretendido y enseñado

En la presente sección, aplicamos las nociones introducidas al análisis de una clase de matemáticas sobre la noción de función a estudiantes universitarios. El ejemplo corresponde a un fragmento de una sesión de clase convencional. El objetivo de la enseñanza observada es que los estudiantes recuerden, interpreten y formalicen las definiciones de función, rango, dominio y tipos de funciones, aplicándolas en una situación que pone en juego conocimientos de la física: el lanzamiento vertical hacia arriba de una pelota con una velocidad inicial. En el proceso total de la situación propuesta se utilizan cuatro clases de 45 minutos; la secuencia que analizamos es una parte (15' aprox.). El significado de referencia en el proceso instruccional observado es la noción formal de función (según la teoría de conjuntos).

Con ayuda del programa ATLAS/ti, construimos una red objetiva que determina el significado institucional implementado y analizamos la idoneidad de la dimensión epistémica del proceso instruccional observado. En la enseñanza observada se enfatizan las representaciones gráfica y simbólica y las relaciones que se establecen entre éstas. Para explicitar estas relaciones codificamos en el programa ATLAS/ti el texto trascrito de la secuencia de instrucción observada, identificando los elementos primarios propuestos por la TFS y estableciendo relaciones entre éstos. La relación entre los códigos determina una red objetiva que representa el significado efectivamente enseñado. El programa ATLAS/ti facilita la construcción de esta red. En la figura 4 mostramos una vista parcial que estructura las entidades discursivas (conceptos, propiedades y argumentos).

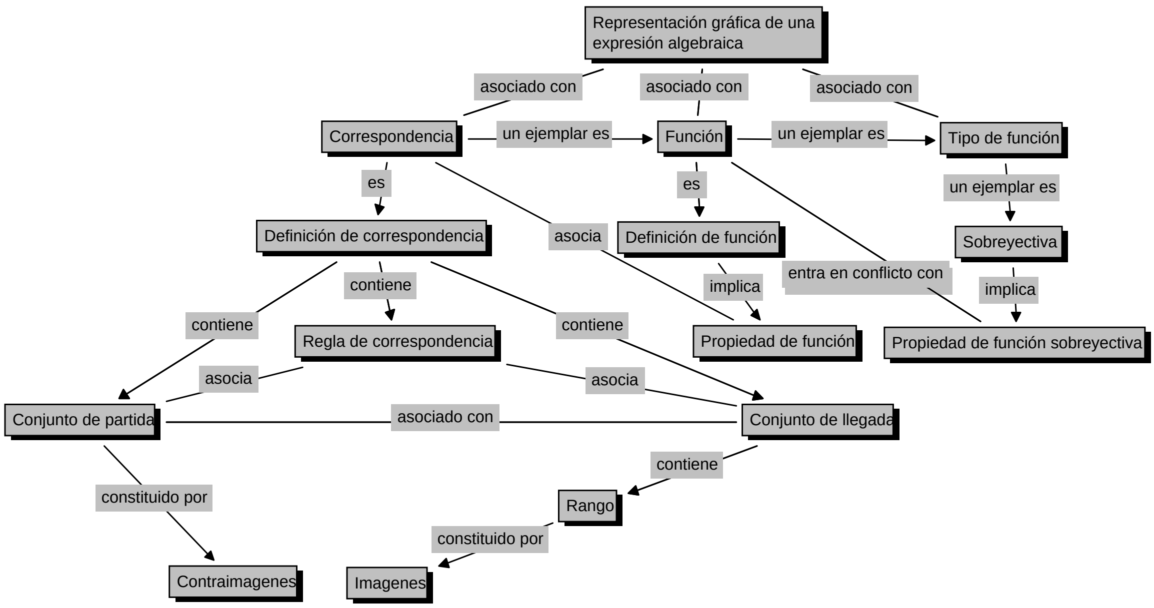

Figura 2: Representación con ATLAS/ti del componente discursivo del significado institucional enseñado.

El análisis de la figura 2 permite identificar dos conflictos epistémicos esenciales: uno, las funciones no son aceptadas como una clase particular de correspondencia (función y correspondencia se sitúan en el mismo nivel); otro, no se discriminan las características de la noción de función de las características de los “tipos de función”. Además, las facetas duales de los elementos primarios se ponen de manifiesto; por ejemplo: la dualidad contenido-expresión puede identificarse en el uso de los conceptos en los diferentes registros; la dualidad personal-institucional, en los problemas que el profesor plantea a lo largo del proceso con la intención de hacer evolucionar el significado personal hacia el institucional pretendido; la dualidad ejemplar-tipo, en los argumentos de los estudiantes mediante ejemplos que el profesor intenta describir como representantes de una clase de objetos más general (formal); la dualidad no ostensivo-ostensivo, en el uso privilegiado del lenguaje oral que dificulta la retroalimentación del proceso de estudio, determinando la necesidad del registro escrito para facilitar el contraste de las diversas producciones de los estudiantes; la dualidad sistémico-elemental, en el papel articulador que cumple la noción de función en todo el discurso, resaltando las conexiones matemáticas entre las entidades primarias involucradas.

4 Síntesis e implicaciones

Las redes ontosemióticas descritas en este trabajo, aplicadas a cada componente de una configuración didáctica, pueden ser elaboradas con fines de investigación: describir procesos de enseñanza y aprendizaje, formular y contrastar hipótesis sobre fenómenos asociados a tales procesos (complejidad ontosemiótica, conflictos epistémicos, cognitivos e instruccionales). También se pueden usar como herramienta para la reflexión sobre la práctica de aula; el profesor puede elaborar redes de los contenidos matemáticos que se propone implementar, lo que le permitirá prever conflictos potenciales, y usarlas como recurso en los momentos de institucionalización y evaluación. Las redes ontosemióticas suponen una formalización de los mapas conceptuales que están basadas en un modelo epistemológico específico para las matemáticas y un modelo de análisis de los procesos de instrucción matemática (TFS). La descripción de los conocimientos matemáticos que se hace habitualmente en términos de conceptos y atributos es parcial, al no tener en cuenta los componentes situacionales, actuativos, lingüísticos y argumentativos de la actividad matemática.

El programa ATLAS/ti permite la descripción del significado sistémico de un objeto matemático en términos de redes ontosemióticas. El análisis se puede aplicar a textos que representan significados institucionales de referencia, pretendidos, o implementados (configuraciones epistémicas), a significados personales de los estudiantes antes o después de un proceso de instrucción (configuraciones cognitivas); y también a transcripciones de las interacciones entre profesor, alumnos y recursos materiales (configuraciones instruccionales). La construcción y comparación de las redes ontosemióticas correspondientes constituye un recurso de gran utilidad para identificar conflictos epistémicos, cognitivos y didácticos y valorar la idoneidad de los procesos de instrucción matemática. En concreto, el análisis de la secuencia de enseñanza observada muestra en qué forma hay una distorsión fundamental entre los significados pretendido y enseñado y cómo esto condiciona el significado aprendido por los estudiantes y la clase de problemas que potencialmente podrían abordar éstos a propósito de la noción de función. Estas distorsiones se identifican en la utilización (*acción*), la construcción (*acciones-argumentaciones*) y la comunicación (*lenguaje-argumentación*) de nociones, proposiciones y problemas relacionados con la situación genérica propuesta (formalización de la noción de función).

Reconocimientos

Trabajo realizado en el marco de los proyectos: Resolución nº 1.109/2003 de 13-octubre de la UPNA y MCYT-FEDER BSO2002-02452.

Referencias

Ausubel, D. P. (1963). The psychology of meaningful verbal learning. New York: Grune and Stratton.

Godino, J. D. (2003). *Teoría de las funciones semióticas. Un enfoque ontológico y semiótico de la cognición e instrucción matemática*. Departamento de Didáctica de la Matemática. Universidad de Granada. [Recuperable en la dirección: Http://www.ugr.es/local/jgodino].

Muhr, T. (1997). ATLAS/ti: Short user's manual. Visual qualitative data. Analysis management model building. Berlin: Scientific Software Development's.

Novak, J. D. The theory underlying concept maps and how to construct them. [Recuperable en (23/04/2004): http://cmap.coginst.uwf.edu/info].