

## LOS MAPAS CONCEPTUALES Y EL DESARROLLO PROFESIONAL DEL DOCENTE

A Serradó, Profesora de E. Secundaria. Colegio "El Buen Consejo"  
J. M. Cardeñoso, Dpto. de Didáctica de la Matemática. Universidad de Granada  
P. Azcárate, Dpto. de Didáctica. Universidad de Cádiz  
e-mail: josem@ugr.es. Miembros del Grupo de Investigación "Desarrollo Profesional del Docente"

**Abstract.** Los mapas conceptuales son un instrumento que facilita la evaluación diagnóstica de los obstáculos surgidos durante el proceso de enseñanza y aprendizaje del Conocimiento Matemático. Dichos obstáculos se caracterizan por ser conocimientos satisfactorios, en general, durante un tiempo para la resolución de ciertos problemas, fijándose en la mente de los alumnos, pero que posteriormente resultan inadecuados, y es difícil adaptarlo cuando el alumno se enfrenta a nuevos problemas. Los obstáculos se clasifican en epistemológicos, relacionados con el propio concepto; ontogénicos, debidos a las características de los alumnos, y didácticos resultado de las elecciones que guían la intervención. El análisis de los obstáculos patentes en los mapas conceptuales favorecen la regulación del proceso de enseñanza y aprendizaje; siendo una fuente de información que fomenta el desarrollo profesional del docente.

### 1 Introduction

Este trabajo es parte de un proyecto de investigación orientado a la elaboración de recursos didácticos de diferente naturaleza, adecuados para su integración en el desarrollo de procesos formativos del profesorado, potentes para incidir en su desarrollo profesional. En el hacemos una breve presentación de las posibilidades de este recurso en los procesos de formación y de como se propone su uso.

Los mapas conceptuales son un instrumento que facilita la evaluación formativa del alumnado en diferentes niveles educativos (Moreira y Novak, 1988). Como instrumentos evaluativos son útiles en la detección de errores conceptuales y en la expresión de la evolución, a lo largo del tiempo, del conocimiento de los alumnos (González y Jáuregui, 1992). En el mismo sentido es un instrumento válido para caracterizar el conocimiento previo de los alumnos, el cual interactúa con el conocimiento presentado en la instrucción formal, dando lugar, muchas veces, a un conjunto diverso de aprendizajes no deseados. Aprendizajes que originan errores y estos **errores conceptuales** se constituyen, a veces, en importantes **obstáculos** para el desarrollo del pensamiento creativo y crítico (González, Morón y Novak, 2001).

En el campo de la Educación Matemática se consideran ambas nociones, errores y obstáculos. La noción de error presenta diferentes acepciones como *falta de verdad*, *incorrección por falta de conocimiento*, *equivocación*, *desajuste conceptual o moral*, *sensor de problemas* (De la Torre, 1993). Desde esta perspectiva la noción de error adquiere significado como producto de la propia enseñanza, desarrollada desde presupuestos tradicionales o tecnológicos. En cambio, en un enfoque constructivista y complejo de los procesos de enseñanza y aprendizaje, los alumnos, principales protagonistas del proceso, han de participar en la elaboración de decisiones sobre la reconstrucción de sus concepciones, percepciones, actitudes y sentimientos personales y los errores son simplemente pasos intermedios en su elaboración del conocimiento (Azcárate, Serradó y Cardeñoso, 2004). Errores que en este proceso de reconstrucción de sus ideas, pueden transformarse a veces en obstáculos.

La diferencia entre ambas nociones, error y obstáculo, está más asociada a la perspectiva desde la que nos situemos y, por tanto, al modelo de intervención que desarrolle el profesor durante el proceso de enseñanza y permite abrir un nuevo campo de investigación sobre la utilidad de los mapas conceptuales en el análisis de los procesos de intervención y los obstáculos que pueden surgir.

### 2 Los obstáculos en la construcción del conocimiento matemático

Los obstáculos son conocimientos que han sido, en general, satisfactorios durante un tiempo para la resolución de ciertos problemas, y que por esta razón se fijan en la mente de los alumnos, como ideas útiles. Pero, posteriormente, cuando el alumno se enfrenta a problemas nuevos este conocimiento resulta inadecuado y de difícil adaptación a los nuevos contextos (Socas, 1997). El obstáculo está constituido por un conocimiento de las relaciones, de los métodos de aprendizaje, de las previsiones, de las evidencias, de las consecuencias olvidadas, de las ramificaciones imprevisibles,... que se resistirá a desaparecer, tenderá a estabilizarse, se adaptará localmente en la medida que ha sido útil (Brousseau, 1983). El obstáculo, como conocimiento, es fruto de la

interacción del alumno con su medio y, precisamente, con una situación que le produce este conocimiento “interesante”. Como tal, un obstáculo tiene significado en un sistema didáctico en que co-existen un alumno, un conocimiento y un medio.

Brousseau (1983), considera que los obstáculos que se presentan en el sistema didáctico pueden tener diferentes orígenes: epistemológico, didáctico u ontogénico. El obstáculo de origen *epistemológico* está intrínsecamente relacionado con el propio concepto. Los obstáculos de origen *ontogénico* son debidos a las características del desarrollo del niño. Los obstáculos de origen *didáctico* son resultado de una opción o de un proyecto del sistema educativo, es decir, de las elecciones didácticas que se hacen al establecer una situación de enseñanza.

El papel del profesor se debe caracterizar por ser un mediador en el proceso de construcción y reconstrucción del conocimiento para que afloren los obstáculos que permitan desarrollar un aprendizaje significativo a los alumnos. Desde esta perspectiva investigativa, los profesores deberían planificar actividades que permitan florecer los obstáculos de los alumnos; pero, a su vez, permitan diagnosticarlos. Desde esta óptica, constructivista, los mapas conceptuales se constituyen como un instrumento o herramienta que favorece ambas finalidades (Costamagna, 2001).

### 3 Los mapas conceptuales y el análisis de los obstáculos

La presentación de los resultados sobre cómo los mapas conceptuales facilitan el análisis de los obstáculos en la construcción del conocimiento se realiza desde tres perspectivas diferenciadas. En primer lugar, la reflexión teórica del análisis de los obstáculos epistemológicos, ontogénicos y didácticos a los que se enfrenta un alumno al elaborar un mapa conceptual. En segundo lugar, la ejemplificación de los obstáculos mediante la presentación de mapas conceptuales elaborados por alumnos de 4º de matemáticas de Educación Secundaria Obligatoria (16 años), correspondientes al bloque de contenidos de Geometría (Trigonometría, Geometría analítica y de transformaciones). En tercer lugar, el contraste de la información teórica desarrollada a través del análisis de los mapas conceptuales y los resultados sobre las investigaciones en el campo del desarrollo profesional del docente.

#### 3.1 Obstáculos epistemológicos

Los obstáculos epistemológicos están relacionados con los conceptos. Los conceptos, aunque son imágenes mentales que subyacen bajo las palabras o símbolos con los que se expresan regularidades, suelen tener elementos comunes en todas las personas como producto del proceso de enseñanza y aprendizaje, pero, también pueden poseer matices individuales.

El análisis de las particularidades de cada uno de los conceptos introducidos en los mapas conceptuales elaborados por los alumnos, favorece la reflexión sobre los obstáculos en la construcción del conocimiento matemático. En este sentido, se analiza la presentación de tres tipos de obstáculos epistemológicos diferenciados: relacionados con la terminología utilizada en los conceptos que componen el mapa, la diferenciación de dichos conceptos en hechos, términos o resultados, el olvido de ciertos conceptos.

Los obstáculos relacionados con la terminología que utiliza el alumno se refieren, al uso de un lenguaje cotidiano para otorgar significado a un concepto científico; como se puede observar en el siguiente ejemplo de mapa conceptual (figura 1).

En el mapa conceptual se observa el uso del término elemento mínimo, sin significado científico, para referirse al conjunto de puntos objeto de la transformación geométrica. El obstáculo epistemológico que identifica las nociones de conjunto de puntos y elemento mínimo puede deberse a la identificación de las figuras objeto de una transformación, y se puede reafirmar al entender como limitado el conjunto de puntos que configuran una figura geométrica.

Los alumnos presentan, también, obstáculos en el uso de la terminología matemática. El lenguaje matemático adquiere la facultad durante el proceso de enseñanza y aprendizaje de facilitar la expresión de los conceptos; pero, se puede configurar en un obstáculo al otorgarle más importancia a la notación que al significado del concepto.

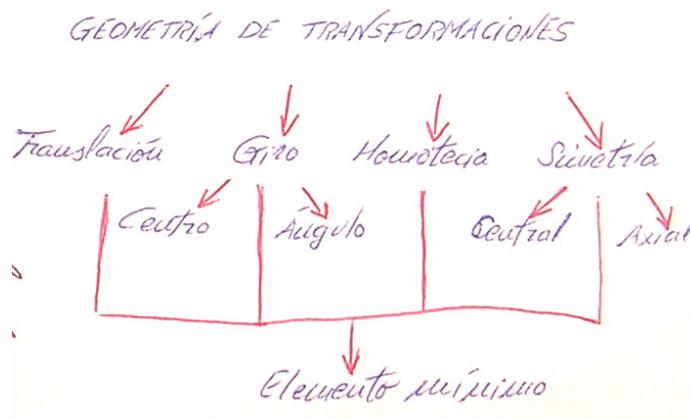


Figura 1: Obstáculo epistemológico asociado a uso de lenguaje cotidiano

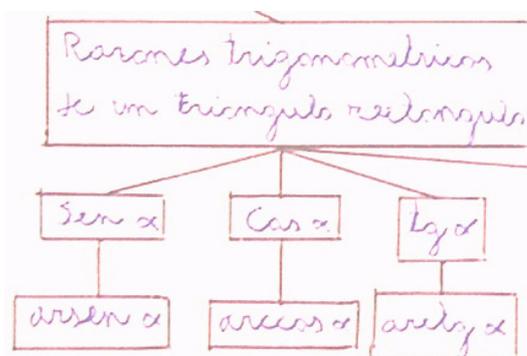


Figura 2: Obstáculo epistemológico en el uso del lenguaje matemático

En el ejemplo de mapa contiguo, se observa el obstáculo que presenta el alumno al utilizar la notación correspondiente al ángulo de las funciones trigonométricas y sus inversas. El alumno utiliza, simultáneamente, la letra griega  $\alpha$  para referirse al ángulo, correspondiente según el mapa a un triángulo rectángulo, y para referirse al valor de dicha razón trigonométrica. El obstáculo epistemológico no permite al alumno distinguir entre las medidas angulares y las razones, valores numéricos, correspondientes. Este obstáculo plasmado en el mapa, le dificultará la posterior construcción del significado de función trigonométrica y las funciones trigonométricas inversas.

Aunque la notación supone un obstáculo, intenta relacionar las razones trigonométricas para crear una estructura conceptual. La construcción de las estructuras conceptuales matemáticas se debe regir por la lógica interna del área, que debe distinguir entre hechos y resultados. La veracidad de los resultados, como teoremas, proposiciones o corolarios, esta sujeta a ciertas hipótesis, que se configuran como hechos. Para los alumnos esta estructura lógica es un obstáculo, que se observa a partir de no fijar correctamente ciertas hipótesis para los resultados.

Del análisis del mapa contiguo se puede desprender que el alumno intenta relacionar los conceptos de catetos, hipotenusa, triángulos con el resultado correspondiente al Teorema de Pitágoras. Se observa en esta relación que no tiene en consideración que los triángulos deben ser rectángulos, para que la hipótesis sea cierta y se cumpla el Teorema de Pitágoras.

Otro obstáculo epistemológico al que se enfrenta el alumnado, es el intento de relacionar un concepto con una estructura conceptual sin ser capaz de establecer dicho enlace. Las investigaciones sobre mapas conceptuales que el alumno no ha realizado un aprendizaje significativo de dicha noción, siendo un obstáculo al construir nuevos conceptos que dependan de éste.

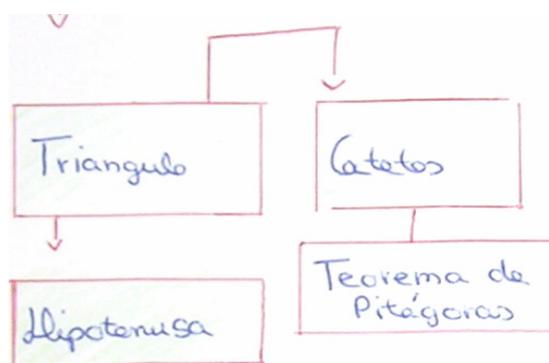


Figura 3: Obstáculo epistemológico en el desarrollo de la estructura lógica matemática

En el mapa, se puede observar como el alumno es incapaz de relacionar la noción de vector equipolente con la noción de vector. Este obstáculo se refiere a la incapacidad del alumno de generalizar la noción de vector, estableciendo una clase de equivalencia. Dicho obstáculo puede obstaculizar la posterior comprensión del significado de rectas paralelas, vectores linealmente dependientes, espacio vectorial.

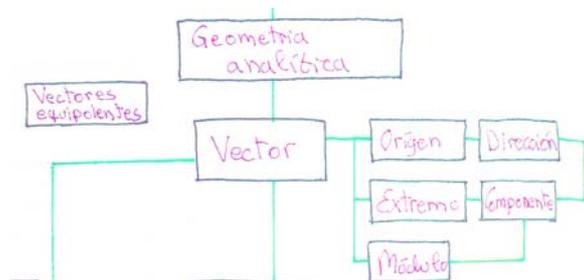


Figura 4: Obstáculo epistemológico debido a la falta de enlace para crear una estructura conceptual

Los obstáculos epistemológicos presentados se refieren a tres aspectos diferenciados. En primer lugar, a los obstáculos que manifiestan los alumnos al utilizar el lenguaje cotidiano como lenguaje matemático, y al uso de la terminología y notación matemática. En segundo lugar, al obstáculo que surge al intentar crear estructuras conceptuales acordes con la estructura lógica que guía la construcción del conocimiento matemático. En tercer lugar, los obstáculos que surgen al no poder relacionar un concepto con una estructura conceptual, que impide que el alumno generalice dicha noción.

Las dificultades de los alumnos para integrar un cierto concepto en una estructura conceptual y generalizar dicha situación se pueden considerar, también, como obstáculos ontogénicos.

### 3.2 Obstáculos ontogénicos

Los obstáculos ontogénicos son debidos a las características evolutivas del niño y, en particular, a la madurez en el desarrollo de capacidades. Este tipo de obstáculos puede analizarse a partir del estudio de las relaciones que se establecen y las palabras enlace que se introducen en los mapas conceptuales (Serradó, Cardeñoso y Azcárate, 2004). Se valoran los obstáculos que surgen en el desarrollo de capacidades como la generalización, clasificación, planificación o transferencia a otros contextos.

La falta de madurez en la clasificación de los conceptos puede ser un obstáculo para la construcción de los mapas conceptuales. Pero, a su vez, dicho obstáculo se refleja en los mapas mediante una falta de jerarquización de los conceptos que configuran una estructura conceptual. Ante el obstáculo del alumno y la imposibilidad de jerarquizar los conceptos puede tender a dos situaciones diferentes. El alumno puede incluir todos los conceptos en una misma categoría sin distinguirlos, o situarlos en un mismo nivel jerárquico.

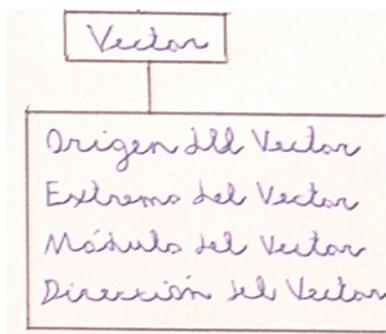


Figura 5: Obstáculo ontogénico

Si el alumno sitúa todos los conceptos relacionados en una misma categoría, refleja la incapacidad de distinguir entre hechos, propiedades y resultados asociados. Dicho obstáculo se podrá observar cuando el alumno realice otras actividades de síntesis de contenidos, como resúmenes, esquemas.

En el extracto de mapa de la figura 5, se observa como el alumno incorpora en una misma categoría los conceptos de origen, extremo, módulo y dirección, sin clasificarlos según si se refieren a las coordenadas posicionales correspondientes de unos ejes de coordenadas de un vector fijo, o a las propiedades físicas que indican la longitud, dirección y sentido del vector. El alumno puede presentar dificultades para obtener la dirección y módulo a partir de las coordenadas, o viceversa.

El alumno puede presentar todos estos conceptos en un mismo nivel de jerarquía, sin distinguir las propiedades analíticas de las físicas, como se puede observar en el siguiente mapa conceptual. El alumno introduce en un mismo nivel jerárquico los conceptos de componentes del vector, con las coordenadas de origen y extremo del mismo, el módulo y dirección. La identificación sin clasificar de estos elementos puede ser un obstáculo para distinguir entre vectores libres y vectores fijos; y el establecimiento de una clase de equivalencia asociada a la equipolencia de vectores. Refleja en el mapa el intento de introducir la clase de equivalencia de los vectores equipolentes a partir de establecer enlaces entre módulo, dirección y componentes.



Si en el contraste de la mayoría de los mapas conceptuales de los alumnos de un grupo clase se observa que falta un concepto, indicaría que estos alumnos no han realizado un aprendizaje significativo ni memorístico del mismo. Esta falta de conocimiento, obstáculo didáctico, podría deberse a que el proceso de enseñanza y aprendizaje desarrollado no ha permitido que el alumno relacionase el concepto con conocimientos previos, que el profesor intentase relacionar dicho concepto con conocimientos previos erróneos, que el profesor y/o alumnos no profundizasen en las propiedades y resultados asociados a dicho concepto, que los alumnos lo considerasen irrelevante para aprendizajes posteriores. Si en el contraste de los mapas conceptuales de los alumnos se observa que faltan proposiciones que establezcan el significado de los enlaces, podría indicar que el profesor promueve un aprendizaje memorístico sin reflexión sobre como se construyen las estructuras conceptuales, o que el profesor no indica la necesidad de introducir dichos enlaces. En las ejemplificaciones que hemos presentado con anterioridad, nos encontramos en este segundo caso.

El profesor promueve un proceso de aprendizaje de elaboración de mapas conceptuales en que primero solicita a los alumnos que se fijen en las relaciones y los enlaces, y no en las proposiciones.

Esta propuesta favorece la aparición de un obstáculo didáctico asociado a la falta de reflexión por parte de los alumnos sobre cómo se relacionan los conceptos para construir una estructura conceptual. No significa que los alumnos, por criterio propio, no consideren la necesidad de establecer proposiciones aclaratorias de los significados plasmados en los mapas conceptuales.

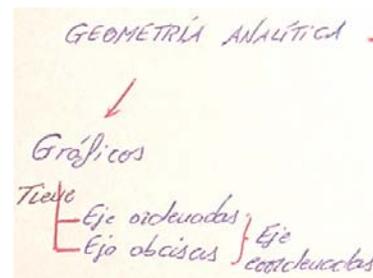


Figura 8: Obstáculo didáctico

El contraste de los mapas conceptuales para analizar su estructura jerárquica, también favorece el análisis de los obstáculos didácticos que han surgido durante el proceso. Mapas conceptuales con una estructura jerárquica muy parecida, pueden ser un reflejo de la estructura lineal y jerarquizada de presentación de los contenidos por parte del profesor, basada en explicaciones que no favorezcan la reflexión individual por parte de los alumnos de las relaciones que se establecen entre los conceptos. En este caso, el alumno presentará seguramente en su mapa conceptual obstáculos ontogénicos y epistemológicos, como los mencionados con anterioridad. Dichos obstáculos no serán fruto de la complejidad de la construcción del conocimiento matemático y sus estructuras lógicas, o del desarrollo del alumno, sino que serán debidos a la propuesta didáctica; estableciéndose como obstáculos didácticos.

El profesor, al valorar la incidencia de dichos obstáculos didácticos, evalúa el proceso de enseñanza y aprendizaje, y su propia práctica educativa. En este sentido, los mapas conceptuales son un instrumento que favorece la evaluación de los procesos de enseñanza y aprendizaje, y la valoración y reflexión sobre las prácticas educativas y los procesos de intervención. La reflexión sobre la información obtenida de los mapas conceptuales favorece la regulación del proceso de enseñanza y aprendizaje; y facilita el desarrollo profesional del docente.

#### 4 Los mapas conceptuales y el desarrollo profesional del docente

Desde una perspectiva innovadora e investigativa, los mapas conceptuales son una fuente de información para que el profesor pueda regular el proceso de enseñanza y aprendizaje (Azcárate, Serradó y Cardeñoso, 2004). Dicha regulación se realiza desde dos perspectivas diferenciadas que se refieren a una intervención directa con un alumno, o un cambio más generalizado en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

Desde la perspectiva de la regulación de la intervención directa con uno o varios alumnos, los mapas conceptuales informan sobre las necesidades de refuerzo o profundización en los conceptos desarrollados. Si el mapa conceptual de un alumno presenta obstáculos epistemológicos asociados a un uso coloquial del lenguaje matemático o una terminología inadecuada o obstáculos ontogénicos debidos a la falta de madurez en el desarrollo de capacidades, debería regularse el proceso de enseñanza y aprendizaje de dicho alumno mediante actividades de refuerzo. Dichas actividades de refuerzo deberían facilitar el desarrollo de capacidades como la clasificación, a partir del análisis de las propiedades de los conceptos y de los resultados que se desprenden de los mismos.

En cambio, si el mapa conceptual del alumno presentase obstáculos ontogénicos debidos a la falta de transferencia del conocimiento a otros contextos, detectados a partir de la falta de enlaces y proposiciones,

debería regularse el proceso de enseñanza y aprendizaje de dos formas diferenciadas. En primer lugar, mediando para que el alumno estableciese dichas relaciones en el mapa conceptual que estuviese planteando. En segundo lugar, proponiéndole al alumno actividades de profundización sobre las propiedades de los conceptos; favoreciendo la construcción de estructuras conceptuales complejas. En tercer lugar, proponiéndole a los alumnos la resolución de problemas que favorezcan la generalización y validación de las propiedades de ciertos conceptos.

Desde la perspectiva de la regulación del proceso de enseñanza y aprendizaje, los mapas conceptuales son una fuente de información sobre los obstáculos didácticos que surgen durante el desarrollo del mismo. La superación de dichos obstáculos necesita de la reflexión sobre las necesidades de cambio en los procesos de enseñanza y aprendizaje planteados, y en la misma práctica educativa. Dichos cambios pueden surgir del contraste de la información obtenida en los mapas con la información presentada en artículos de innovación o investigación, congresos o jornadas, cursos y seminarios. En este caso, los mapas conceptuales ya no serán únicamente una fuente de información, sino que se convertirán en una fuente de conocimiento que favorecerá el desarrollo profesional del docente (Serradó, 2003).

## 5 Resumen

El mapa conceptual final (Figura 9) resume los conceptos introducidos en este artículo sobre el uso de los mapas conceptuales en la detección y regulación de los obstáculos en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

## 6 Agradecimientos

Esta investigación está parcialmente financiada por el Grupo de Investigación de la Junta de Andalucía, "Desarrollo profesional del docente" HUM462.

## Referentes

- Azcárate, P.; Serradó, A. y Cardeñoso, J.M (2004). Los obstáculos en el aprendizaje del conocimiento probabilístico. Comunicación presentada en el XI CEAM, Huelva.
- Azcárate, P.; Serradó, A. y Cardeñoso, J.M (2004). Las Fuentes de Información como recurso para la planificación. Comunicación presentada al IV SEIEM, (aceptada) Septiembre, Coruña.
- Brousseau, G. (1983). Les Obstacles epistemologiques et les problemes en Mathematiques. *Reserches en Didactique des Mathematiques*, 4(2), 165 - 180.
- Costamagna, A. M. (2001). Mapas conceptuales como expresión de procesos de interrelación para evaluar la evolución del conocimiento de alumnos universitarios. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), 309-318.
- De la Torre, S. (1993). *Aprender de los errores. El tratamiento didáctico de los errores como estrategia de innovación*. Madrid: Editorial Escuela Española.
- González, F. y Jáuregui, F. (1992). *Actas del Congreso Internacional sobre didácticas específicas en la formación del profesorado*. Santiago de Compostela.
- González, F. M.; Morón, C. y Novak, J.D. (2001). *Errores conceptuales. Diagnósis, tratamiento y reflexiones*. Pamplona: Ediciones Eunate.
- Moreira, M.A. y Novak, J.D. (1988). Investigación en la enseñanza de las ciencias en la Universidad de Cornell: esquemas teóricos, cuestiones centrales y abordajes metodológicos. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(1), 3-18.
- Serradó, A. (2003). *El Tratamiento del Azar en Educación Secundaria Obligatoria*. Tesis doctoral. Universidad de Cádiz (en prensa)
- Serradó, A.; Cardeñoso, J.M. y Azcárate, P. (2004). Los mapas conceptuales: un recurso para la formación inicial del profesorado en Educación Secundaria. Comunicación presentada en el XI CEAM, Huelva.
- Socas, M. (1997). "Dificultades, obstáculos y errores en el aprendizaje de las Matemáticas en la Educación Secundaria". En Rico y otros (1997): *La Educación matemática en la Enseñanza Secundaria*. Cuadernos de Formación del profesorado. Educación Secundaria. ICE Universidad de Barcelona: Editorial HORSORI.

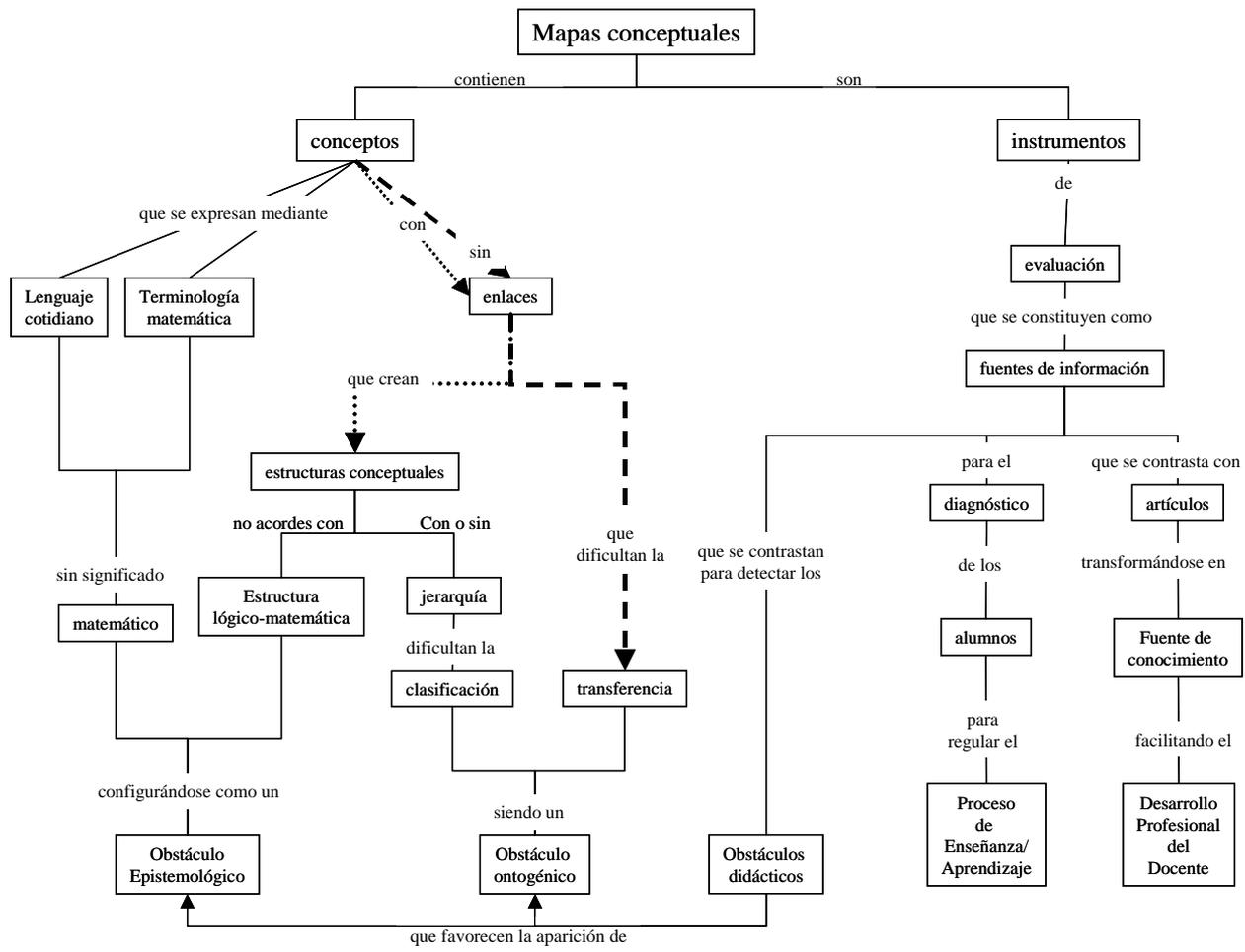


Figura 9: Mapa resumen del artículo