

Los mapas cognitivos en el análisis gráfico de las concepciones del profesorado de Ciencias Experimentales

Vicente Mellado Jiménez*, Carmen Peme-Aranega**, Carmen Redondo Muñoz* y María Luisa Bermejo García***

* *Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y de las Matemáticas. Facultad de Educación. UEX.*

** *Departamento de Enseñanza de las Ciencias y la Tecnología. Universidad Nacional de Córdoba (Argentina).*

*** *Departamento de Psicología y Sociología de la Educación. Facultad de Educación. UEX.*

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el Proyecto de Investigación IPR00A092 de la Consejería de Educación, Ciencia y Tecnología de la Junta de Extremadura.

Resumen:

En el artículo describimos la utilización de los mapas cognitivos para analizar las concepciones del profesorado de ciencias experimentales a partir del cuestionario ICDE (Inventario de Creencias Didácticas y Epistemológicas), diseñado y validado por Peme-Aranega et al. (1999), y de entrevistas semiestructuradas. La representación por medio de mapas cognitivos da una visión global y no fragmentada de las concepciones de cada profesor y favorece la metacognición, ya que permite a cada profesor reflexionar sobre sus concepciones.

Palabras Clave: *Mapas cognitivos. Profesorado. Didáctica de las ciencias experimentales. Cuestionarios. Entrevistas.*

Summary:

In the article we describe the use of cognitive maps to analyze science teachers' conceptions from questionnaire ICDE (Inventory of Teachers' Pedagogical and Epistemological Beliefs), designed and tested by Peme-Aranega et al. (1999), and semistructured interviews. The representation by means of cognitive maps gives an unfragmented overall

picture of teachers's beliefs, and favors the metacognition, because it allows each teacher to reflect about his/her conceptions.

Keywords: *Cognitive maps. Teachers. Science Education. Interviews. Questionnaires.*

1. Introducción

Aunque en la enseñanza intervienen múltiples y complejos factores y la mejora de la misma hay que considerarla desde una perspectiva global, existe una coincidencia generalizada en considerar al profesorado el factor clave que determina el éxito o el fracaso de las innovaciones curriculares y de las reformas educativas (Tobin *et al.* 1994).

Hasta la década de los sesenta los paradigmas dominantes en la investigación sobre el profesorado eran los denominados proceso-producto o de racionalidad técnica, con metodologías asociadas de tipo positivista, principalmente de tipo experimental y estadístico, y con la atención dirigida a los datos cuantitativos. Estas corrientes buscaban verdades universales, predictivas y objetivas. En psicología dominaban las teorías conductistas basadas en los resultados del aprendizaje y no en los procesos del mismo.

La aparición de paradigmas como el del pensamiento del profesor supuso un alejamiento del positivismo, la utilización de premisas metodológicas distintas y de métodos de investigación más cualitativos. En este paradigma, el profesor no es un técnico que aplica instrucciones, sino un constructivista que procesa información, toma decisiones, genera rutinas

y conocimiento práctico, y posee creencias que influyen en su actividad profesional (Marcelo 1987).

Desde una perspectiva constructivista en didáctica de las ciencias, de forma análoga a los estudios sobre las concepciones de los alumnos sobre los conceptos científicos, se considera que los profesores de ciencias tienen concepciones sobre los conceptos científicos, sobre la naturaleza de la ciencia, y sobre la forma de aprenderla y enseñarla, fruto de sus años de escolaridad y que están profundamente arraigadas. El estudio de las creencias o concepciones de los profesores de ciencias cobra así una especial importancia, como un primer paso para generar en los propios profesores unas concepciones y prácticas más adecuadas a los objetivos curriculares que se plantean (Gil 1993, Hewson 1993).

Durante años ha existido una fuerte polémica entre las dos tradiciones de investigación en educación. De una manera reduccionista podríamos decir que la polémica enfrentaba a los métodos cuantitativos y a los cualitativos. Hoy esta dicotomía está superada para la mayoría de los autores (Estebaranz, 1992), supeditándose la metodología a los problemas planteados en la investigación (Peme - Aranega, 1999) y a su beneficio práctico (Liston y

Zeichner, 1993) y se defiende el pluralismo metodológico y la combinación de métodos variados (Marcelo, 1992).

El cuestionario se ha asociado habitualmente a métodos cuantitativos y a procedimientos estadísticos de investigación; en cambio la entrevista es un procedimiento de recogida de datos habitualmente asociado a metodologías de análisis cualitativos. Hoy tanto uno como otro procedimiento se utilizan cuantitativa o cualitativamente según la naturaleza del problema investigado.

Desde una posición de defensa del pluralismo metodológico, en este artículo describimos la utilización de los mapas cognitivos como procedimiento de análisis para los datos obtenidos tanto de los cuestionarios como de las entrevistas en las investigaciones dirigidas a determinar las concepciones del profesorado de ciencias, aunque el procedimiento no se circunscribe a estas materias y puede utilizarse con docentes de otras áreas.

2. Los mapas conceptuales en la enseñanza/aprendizaje de las Ciencias Experimentales

Los mapas conceptuales fueron inicialmente desarrollados por Novak y colaboradores dentro de la teoría de la asimilación de Ausubel (1976), aunque posteriormente Novak (1988) fue evolucionando hacia una orientación constructivista del aprendizaje (Redondo y Mellado, 1997). El aprendizaje de nuevos conocimientos está condicionado por las

estructura cognitiva del que aprende y el conocimiento se va construyendo a partir de los conceptos previos (Novak y Gowin 1988). El aprendizaje será significativo en la medida que se relacionen los nuevos conocimientos con los conceptos y proposiciones relevantes que ya se poseen. Para Ausubel (1976) el aprendizaje más significativo es el subordinado a partir de conceptos más generales e inclusores, y los organizadores previos son puentes cognitivos que ayudan al aprendiz a relacionar los nuevos conceptos con su estructura previa. Los mapas conceptuales representarían de una forma gráfica las relaciones entre conceptos:

“Los mapas conceptuales tienen por objeto representar relaciones significativas entre conceptos en forma de proposiciones. Una proposición consta de dos o más términos conceptuales unidos por palabras para formar un unidad semántica. En su forma más simple, un mapa conceptual constaría tan sólo de dos conceptos unidos por una palabra de enlace para formar una proposición” (Novak y Gowin 1988, p. 33).

Los mapas conceptuales reflejan una jerarquía subordinada de conceptos, tal como señala la teoría de la asimilación de Ausubel, y se forman de los conceptos más generales e inclusores a los más particulares, haciendo una diferenciación progresiva de los mismos. A través de los mapas conceptuales el profesor y los estudiantes y los propios estudiantes entre sí pueden compartir significados (Gonzá-

lez 1992; Ontoria *et al.* 1992). Los mapas se utilizan en distintas materias e incluso en procesos más generales de aprender a pensar o aprender a aprender (Ontoria *et al.*, 1999)

Con relación a las ciencias experimentales, los mapas conceptuales han sido validados por numerosos trabajos (Horton 1992) y ampliamente empleados para representar las estructuras de conocimientos de los estudiantes de distintos niveles sobre diversos temas (Ontoria *et al.* 1992 y 1999), para identificar e intervenir en las ideas alternativas de los estudiantes (González e Iraizoz, 2001; Novak 1988, Ontoria *et al.* 1992; Wallace y Mintzes, 1990), para diseñar unidades didácticas (Hernández 1993; Ontoria *et al.* 1992; Pro, 1999; Sánchez y Valcárcel 1993) y material curricular (González 1992), para el diseño de secuencias instruccionales (Pérez, *et al.*, 2000), para la resolución de problemas (Contreras 1993), como técnica de estudio para los estudiantes (Ontoria *et al.* 1992), para generar actitudes positivas hacia la ciencia y su aprendizaje (González 1992; González e Iraizoz, 2001), para analizar documentos curriculares (Pro, 2001) y como instrumentos para favorecer en el alumando estrategias metacognitivas (Campañario, 2001).

Pérez Rodríguez *et al.* (2000) consideran al fenómeno físico, y no meramente al concepto, como el eje de la secuencia didáctica. Esto posibilita diseñar distintos planos en la secuencia de aprendizaje, lo que facilita la inclusión de los

contenidos procedimentales y actitudinales, además de los conceptuales.

Como técnica de evaluación, algunos trabajos (Liu y Hinchey, 1996; Ruiz-Primo y Shalveson, 1996) nos indican que no siempre se produce una correlación entre los resultados obtenidos con los mapas y con otras técnicas, dependiendo del tipo de mapa conceptual, del entrenamiento de los sujetos y de otros factores.

También se ha señalado la dificultad de los mapas conceptuales para representar propiamente la estructura cognitiva del sujeto (Casas y Luengo, 1999; Casas *et al.*, 2001), por la influencia que puede ejercer el profesor en la elaboración de los mapas. Para evitar los inconvenientes de la subjetividad estos autores proponen una representación por medio de las redes asociativas Pathfinder.

Las técnicas para construir mapas conceptuales son muy variadas según el empleo que se dé a los mismos (Novak, 1998; Novak *et al.*, 1983): construcción libre del mapa sobre un tema, construcción a partir de textos y conceptos dados, construcción a partir de una lista cerrada de conceptos que hay que relacionar, etc.

Novak y Gowin (1988) utilizaron también los mapas conceptuales para analizar las entrevistas con los alumnos sobre el aprendizaje de conceptos. Para ello elaboran previamente un mapa patrón que se utiliza para analizar los mapas de los estudiantes, que en este caso no llaman mapas conceptuales sino mapas cognitivos:

“Mapa cognitivo es el término con el cual designamos la representación de lo que creemos que es la organización de los conceptos y proposiciones en la estructura cognitiva de un estudiante determinado. Los mapas cognitivos son idiosincrásicos, mientras que los mapas conceptuales deben representar un área de conocimiento de la manera que considerarían válida los expertos en el tema.” (Novak y Gowin 1988, p. 168).

El mapa conceptual tendría una estructura lógica aceptada socialmente por los expertos del tema. En cambio el mapa cognitivo tendría una lógica psicológica y formaría una representación idiosincrásica personal (León 1995).

Otra orientación es la propuesta por Roth y Roychoudhury (1994) los cuales consideran que los mapas conceptuales fueron habitualmente utilizados por Novak en una perspectiva proceso-producto y que, sin embargo, pueden utilizarse en una perspectiva de construcción social del conocimiento científico. Para ello los mapas deben construirse en grupo para que pueda haber diálogo y discusión entre sus integrantes.

3.- Los mapas conceptuales y el profesorado de Ciencias Experimentales

Si inicialmente los mapas conceptuales se utilizaron fundamentalmente para el aprendizaje de los alumnos, cada vez son más los trabajos que defienden la uti-

lización de los mapas conceptuales y cognitivos como instrumentos de diagnóstico e intervención para el profesorado.

Un aspecto general para el que se utilizan es para representar los programas de formación o los conocimientos profesionales de los profesores (Pro 1995). Sin embargo la mayor parte de los trabajos utilizan los mapas conceptuales para representar los conocimientos de los profesores de ciencias sobre materias concretas (García *et al.*, 1995; Hashweh, 1987; Hoz *et al.*, 1990).

Gess-Newsome y Lederman (1993) analizan, por medio de mapas conceptuales, la estructura de conocimiento de un grupo de profesores de biología de Secundaria al final de su periodo de formación inicial. Los profesores no habían pensado antes en relacionar los tópicos y no eran conscientes de la estructura que poseían. Los mapas que realizan fueron muy esquemáticos y con pocas conexiones, y, a partir de su elaboración, los profesores mostraron necesidad de reorganizar la estructura de sus contenidos.

Shymansky *et al.* (1993) emplean los mapas conceptuales del tipo de Novak para determinar, en distintas fases, la evolución del conocimiento de profesores de primaria y secundaria sobre las ideas de los estudiantes en temas de física, biología y geología. Resaltan los problemas de validez de su investigación, porque los mapas conceptuales son para ellos “*extremadamente difíciles de evaluar*”.

Beyerbach y Smith (1990) utilizan

los mapas conceptuales con profesores en formación de Infantil y Primaria como una herramienta que les ayuda a reflexionar sobre la enseñanza eficaz. Los profesores construyen y discuten los mapas por parejas, para ello utilizan programas de ordenador diseñados para construir mapas conceptuales.

Powell (1994) analiza las concepciones de un profesor de secundaria sobre la ciencia y la enseñanza de las ciencias. El profesor construye mapas asociando palabras, aunque sin relacionarlas por medio de enlaces.

Los mapas conceptuales también se han utilizado para determinar la evolución de las concepciones de profesores de ciencias en formación inicial sobre el cambio conceptual (Markham *et al.*, 1994), de profesores principiantes de secundaria sobre la orientación Ciencia-Tecnología-Sociedad (Tsai, 2001) y para determinar la estabilidad de las orientaciones de los profesores de infantil (Mergendoller y Sacks, 1994).

Nuestra propia experiencia al trabajar con los mapas conceptuales (Redondo y Mellado, 1997) nos ha mostrado que resultan muy útiles para mejorar en los maestros en formación la motivación por el estudio del tema, la comprensión de los conceptos científicos, la globalización de los temas y una mayor interrelación de conceptos. En este sentido, los mapas conceptuales y, aún más los cognitivos, no sólo sirven para diagnosticar las dificultades de aprendizaje de los conceptos científicos, sino como instru-

mento de intervención al potenciar un aprendizaje activo y ameno, combinando el trabajo personal con el trabajo colaborativo, potenciando el diálogo y la cooperación entre el alumnado, con una mayor relación afectiva.

Sin embargo la representación gráfica de los datos no se limita a los estudios cuantitativos, sino que puede utilizarse en estudios cualitativos (Estebaranz 1992). Llinares (1992) toma como marco teórico la teoría de esquemas, el constructivismo de Kelly y el interaccionismo simbólico de Blumer para analizar las creencias epistemológicas de profesores en formación. Los docentes filtran las situaciones, las interpretan y les dan significado, y el problema metodológico es poder acceder a sus creencias. Llinares utiliza los mapas cognitivos para organizar los datos, como representación gráfica de la estructura de creencias de los profesores en formación y para facilitar las reflexiones que puedan llevar a la generación de una teoría que explique los datos obtenidos.

Moral (1995) parte de que existe una correlación entre la complejidad de la estructura del conocimiento del profesor y su capacidad para reflexionar. Los profesores expertos son capaces de analizar los problemas separando sus partes esenciales. Los mapas cognitivos pueden ser una estrategia de reflexión y de generación de conocimiento práctico.

Los mapas cognitivos de los profesores pueden ser contruidos por ellos mis-

mos (Jones y Vesilind 1995) o por un investigador externo a partir de los datos obtenidos de los profesores. En investigaciones anteriores (Mellado, 1995 y 1996) hemos utilizado los mapas cognitivos contruidos por un investigador externo, como instrumento de análisis cualitativo de cuestionarios y entrevistas. El cuestionario utilizado fue el INPECIP (Inventario de Creencias Pedagógicas y Científicas de los Profesores), desarrollado y validado por Porlán *et al.* (1997) en la Universidad de Sevilla para determinar las concepciones epistemológicas y didácticas del profesorado de ciencias.

Los mapas cognitivos relacionan, de una forma parcialmente jerarquizada, unidades de información con un sentido más amplio que los conceptos utilizados en los mapas conceptuales. La representación por medio de mapas cognitivos permite una visión global y no fragmentada de las concepciones de cada profesor, considerado individualmente, sobre la naturaleza de la ciencia y sobre su enseñanza y su aprendizaje.

Esta metodología nos ha permitido estudiar las concepciones explícitas de profesores de ciencias, así como analizar las relaciones y contradicciones entre las concepciones y la conducta docente en el aula y, si se trata de profesores en formación, durante las prácticas de enseñanza. Artiles *et al.* (1994) también analizaron por medio de mapas conceptuales la relación entre las concepciones de los profesores en formación y sus comportamientos docentes en el aula.

4. Construcción de mapas cognitivos sobre las concepciones del profesorado a partir de cuestionarios

Aunque los cuestionarios sobre concepciones del profesorado dan resultados simplificados que, en algunos casos, no manifiestan, o, incluso, no se corresponden con la mayor riqueza de las entrevistas (Lederman y O'Malley, 1990), resultan un instrumento fácil de aplicar y analizar y que, combinado con otras metodologías, puede ser de mucha utilidad.

Cualquier cuestionario cuyas diferentes categorías se correspondan con modelos definidos y contrapuestos pueden analizarse por medio de mapas cognitivos. En particular los cuestionarios tipo Likert, en los que los sujetos muestran su acuerdo o desacuerdo con las declaraciones de los items, pueden adaptarse a esta técnica de análisis. Sin embargo los resultados son mucho mejores cuando el cuestionario se ha elaborado en función de su posterior análisis por mapas cognitivos para cada uno de los sujetos participantes.

En este artículo vamos a describir la construcción de los mapas para el cuestionario ICDE (Inventario de Creencias Didácticas y Epistemológicas) (Anexo). Este cuestionario ha sido diseñado y validado por Peme-Aranega *et al* (1999) en la Universidad Nacional de Córdoba (Argentina) para determinar las concepciones didácticas y epistemológicas del profesorado de ciencias experimentales, ha-

biéndose utilizado en numerosos trabajos con profesorado de distintos niveles, especialidades y etapa profesional (Peme-Aranega, 2001; Peme-Aranega y Baquero, 2001). El cuestionario no está especialmente diseñado para ser analizado por mapas cognitivos, por lo que nos puede servir como ejemplo de adaptación posterior.

El cuestionario consta de 48 items, distribuidos en tres categorías: I.- Imagen de la ciencia, II.- Aprendizaje de las ciencias, y III.- Enseñanza de las ciencias. Existiendo varias subcategorías en cada una ellas. Las proposiciones de los items se corresponden en cada categoría con dos modelos extremos y contrapuestos, el primero más tradicional y el segundo más en sintonía con las actuales concepciones didácticas y epistemológicas, que denominaremos modelo constructivista. En el presente artículo nos limitaremos a la categoría I sobre la imagen de la ciencia. Para las categorías II (sobre el aprendizaje de las ciencias) y III (sobre la enseñanza de las ciencias) se procedería de forma semejante.

Para la construcción de los mapas cognitivos generales de cada categoría se comienzan seleccionado todas las proposiciones del modelo tradicional y las opuestas del modelo constructivista. Posteriormente se enlazan las proposiciones de los items de las más generales e incluidas a las más particulares, formando el mapa cognitivo del modelo a de la categoría, realizado con una técnica análoga a la que utilizan Novak y Gowin (1988)

para los conceptos. En cada mapa es necesario mantener la independencia de las declaraciones (aunque tengan el mismo significado y aún a costa de hacer el mapa repetitivo) pues puede ocurrir que las respuestas de los sujetos sean diferentes y contradictorias, hecho que hay que reflejar. Como el cuestionario ICDE no ha sido expresamente diseñado para este tipo de análisis, en el mapa cognitivo realizamos simplificaciones en la redacción de las proposiciones para que el mapa cognitivo sea más sencillo. Cuando una de las proposiciones del cuestionario expresa simultáneamente más de un concepto podemos dividirla en dos en el mapa, aunque esto dificulta su aplicación. La construcción de los mapas supone una evaluación del cuestionario, pues fácilmente se detectan las contradicciones del mismo, o si un ítem no está adecuadamente adscrito.

En el caso del ICDE en la categoría imagen de la ciencia los autores del cuestionario asignan al modelo tradicional los items 1, 3, 4, 6, 8, 11, 17, 26 y 33 y al modelo más acorde con las orientaciones actualmente defendidas por la nueva filosofía de la ciencia, o constructivista, los items 7, 15, 19, 20, 27, 37 y 43.

En el mapa tradicional del cuestionario sobre la imagen de la ciencia (figura 1), incluiríamos las proposiciones del modelo tradicional (1, 3, 4, 6, 8, 11, 17, 26 y 33) y también las opuestas del modelo constructivista (no 7, no 15, no 19, no 20, no 27, no 37 y no 43).

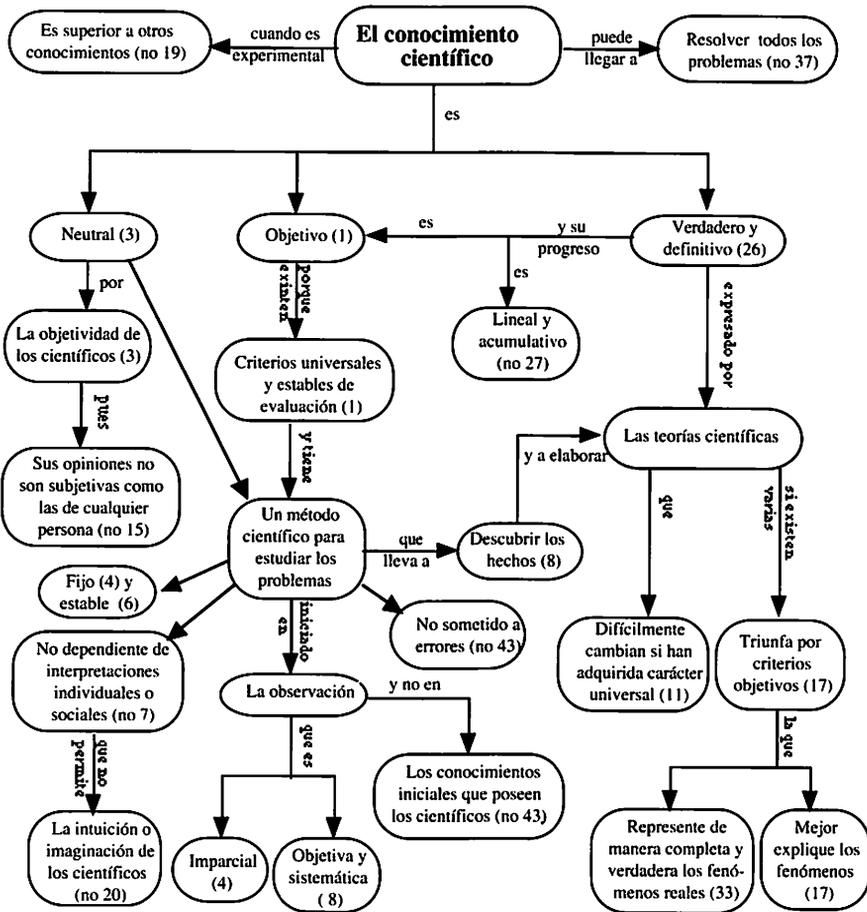


Figura 1. Mapa general del cuestionario ICDE con la imagen tradicional de la ciencia.

En la construcción del mapa constructivista del cuestionario sobre la imagen de la ciencia (figura 2) incluiríamos las proposiciones del modelo constructi-

vista (7, 15, 19, 20, 27, 37 y 43) y las opuestas del modelo tradicional (no 1, no 3, no 4, no 6, no 8, no 11, no 17, no 26 y no 33).

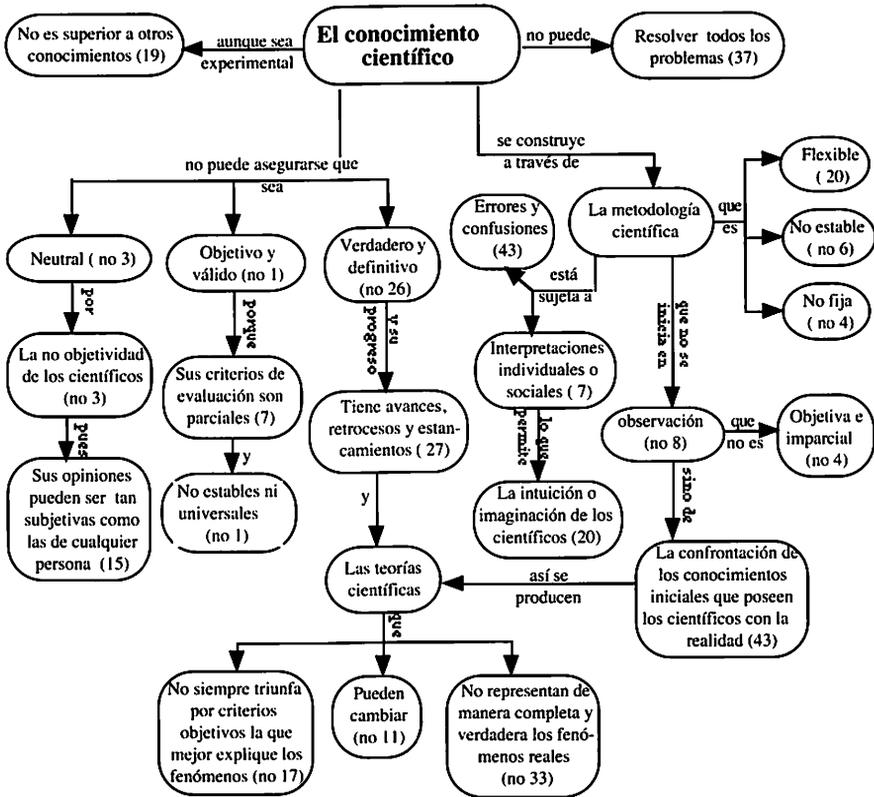


Figura 2. Mapa general del cuestionario ICDE sobre la imagen constructivista de la ciencia.

A continuación indicamos un ejemplo de construcción de mapas cognitivos sobre la naturaleza de la ciencia, correspondiente a un alumno de último año de Profesorado de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Córdoba (Argentina), al que denominamos con el nombre supuesto de Juan. Este profesor en formación se mostró de acuerdo con los ítems 3, 4, 6, 7, 11, 19, 26, 27, 33, 37

y 43 del ICDE y en desacuerdo con los ítems 1, 8, 15, 17 y 20. Al seleccionar estas respuestas (3, 4, 6, 7, 11, 19, 26, 27, 33, 37, 43, no 1, no 8, no 15, no 17 y no 20) en los dos mapas cognitivos generales anteriores (figuras 1 y 2), nos da los dos mapas cognitivos de Juan, uno correspondiente a su imagen tradicional de la ciencia (figura 3) y otro a su imagen constructivista (figura 4).

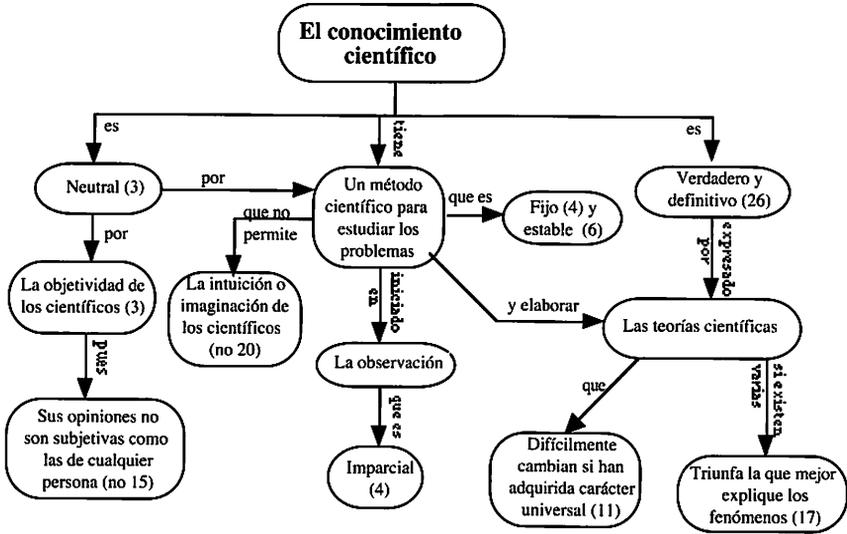


Figura 3. Mapa Cognitivo tradicional de Juan sobre la imagen de la ciencia.

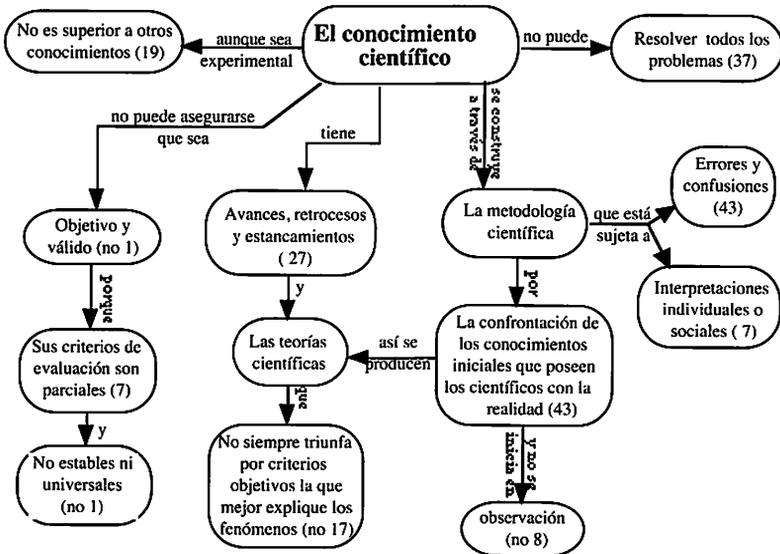


Figura 4. Mapa Cognitivo constructivista de Juan sobre la imagen de la ciencia

Al visualizar ambos mapas, el profesor en formación analizado puede obtener una imagen gráfica global e interrelacionada de su concepción sobre la naturaleza del conocimiento científico. En este caso, en coincidencia con trabajos anteriores (Mellado, 1996) coexisten rasgos de ambos modelos, incluso de forma contradictoria, por lo que sólo podríamos referirnos a una cierta orientación o tendencia hacia el modelo constructivista, pero manteniendo muchos aspectos positivistas contradictorios.

5. Construcción de mapas cognitivos sobre las concepciones del profesorado a partir de entrevistas

La entrevista es una de las estrategias de recogida de datos más utilizadas en la investigación educativa de carácter etnográfico o interpretativo, ya que a través de ella puede accederse con más profundidad al pensamiento explícito de los participantes. Además, la entrevista tiene más flexibilidad que el cuestionario y puede adaptarse a las necesidades individuales de los profesores y al contexto específico en que éstos se encuentren.

En este apartado describiremos la construcción de mapas cognitivos a partir de entrevistas semiestructuradas, que son las que en anteriores investigaciones hemos utilizado para acceder a las concepciones explícitas del profesorado (Mellado, 1995, 1996 y 1997). Las entrevistas se realizaron con un guión previo, aun-

que éste no se siguió estrictamente, ya que el sujeto entrevistado puede adelantarse a algunas de las preguntas previstas, o algunas de sus respuestas pueden sugerir nuevas preguntas, o aconsejar variar el orden previsto.

Para la construcción del mapa, una vez transcrita la entrevista, se codifica cada frase que suponga una unidad de información. Por ejemplo la pregunta nº 58 realizada a David se clasificó en cinco unidades de información:

(antes se le había preguntado si existen criterios racionales para decidir si una teoría puede considerarse científica):

Pregunta David-58: ¿Los criterios son universales y objetivos o dependen de otros factores?

Respuesta David-58: [Hay factores extracientíficos que hacen que se acepte una teoría y no se acepte otra.]^{58.1} [Por ejemplo la teoría heliocéntrica tardó tanto tiempo en aceptarse por factores ajenos a la ciencia.]^{58.2} [Aunque al final se acaba aceptando si verdaderamente es buena.]^{58.3} [Por ejemplo lo que decíamos antes de la teoría de la relatividad que tardó bastante en aceptarse por un asunto un poco de tradición. Porque suponía cargarse lo que había antes y eso es muy duro.]^{58.4} [No es un criterio estrictamente científico]^{58.5}

Después las unidades de información

se clasifican en categorías y se relacionan gráficamente en forma de mapa cognitivo.

Utilizaremos como ejemplo un mapa cognitivo sobre el proceso de cambio en las teorías científicas. Éste fue uno de los múltiples mapas elaborados por los investigadores (Mellado, 1995, 1997) a partir de una entrevista realizada a David (nombre supuesto de un profesor principiante de física de secundaria de Badajoz). La entrevista se realizó en dos sesiones de dos horas cada una y al final incluía 273 preguntas (98 más que las inicialmente incluidas en el guión).

A lo largo de la entrevista David va expresando su opinión sobre el cambio científico. Por ejemplo, para él las teorías cambian cuando se encuentra un experimento crucial que falla, es decir las teorías no se prueban por verificación sino por falsación, tal como defendía Popper (1983):

“Una teoría es verdadera hasta que nos demuestran que es mentira. Hasta que hay un hecho experimental que no cuadra con lo tuyo.” (David-66.2).

“Algunos experimentos son cruciales, siempre ha habido experimentos que han destronado una teoría” (David-68.1).

David tiene también rasgos de la metodología de Lakatos (1981) cuando defiende que las teorías se reformulan por confrontación entre sí; y, por último, piensa que las teorías cambian por otras

que resuelven más problemas, tal como indicaba Laudan (1986). David considera básica la prueba experimental y, al final, se quedaría con las teorías que resuelvan más problemas y que sean más elegantes y más globales. En todo caso se decide por el criterio de parsimonia, que ya expresara Guillermo de Occam en el siglo XIV, de elegir las teorías más sencillas entre las que cumplan las condiciones requeridas.

“Cuando se tienen dos teorías enfrentadas me quedaría con la que resuelve más problemas” (David-62)

“Ante dos teorías que tengan validez experimental se escoge la más sencilla de argumentos” (David-57.1)

“Una teoría lo más global posible” (David-93.1)

Todas estas declaraciones de David sobre el cambio científico realizadas en la entrevista pueden representarse por el mapa cognitivo de la figura 5, elaborado por los investigadores. Los números corresponden a los códigos simplificados asignados a cada respuesta en la entrevista.

El mapa nos aporta una imagen gráfica de las declaraciones explícitas de David sobre el cambio en las teorías científicas. Además el mapa no estaría aislado sino relacionado con los mapas elaborados sobre los demás aspectos de la entrevista (unos veinte mapas de extensión semejante), lo que proporciona una imagen global e interrelacionada de sus concepciones explícitas.

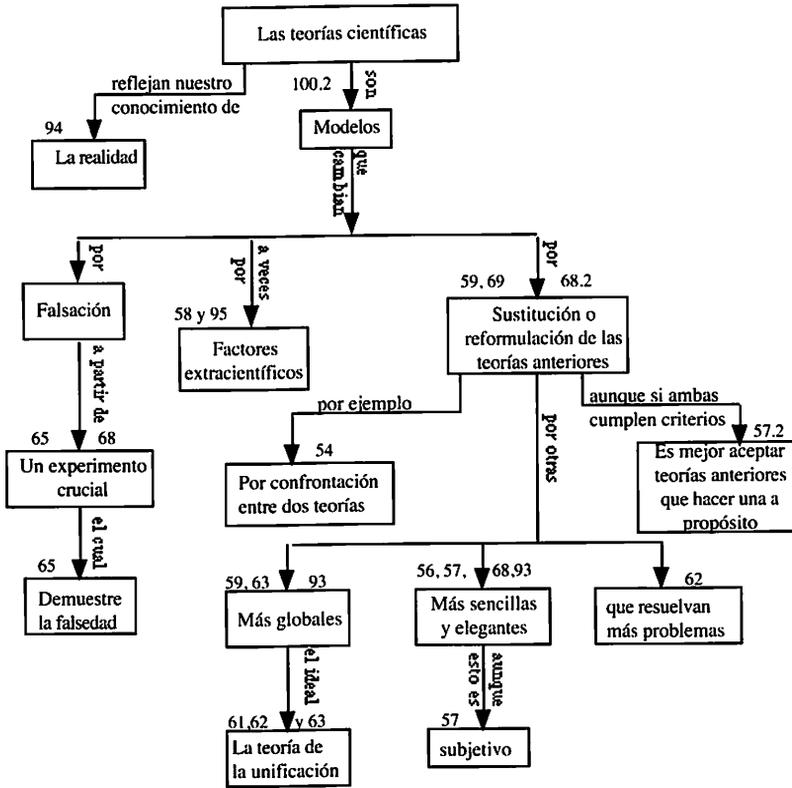


Figura 5. Mapa cognitivo de David sobre el cambio científico, elaborado a partir de una entrevista.

6. Conclusiones

De las numerosas reflexiones que hemos realizado sobre la utilización práctica del análisis de datos por medio de los mapas cognitivos en las investigaciones con el profesorado de ciencias experimentales, destacamos las siguientes conclusiones:

1. Lejos de las polémicas iniciales

que enfrentaban a los métodos cuantitativos y a los cualitativos en la investigación educativa, consideramos que actualmente debe primar el pluralismo metodológico, supeditándose la metodología a la naturaleza del problema de investigación que se plantee en cada caso.

2. La utilización de los mapas cognitivos nos parece un buen procedimiento de análisis, para los datos obtenidos tan-

to de los cuestionarios como de las entrevistas, en las investigaciones dirigidas a determinar las concepciones del profesorado de ciencias experimentales. La representación por medio de mapas cognitivos da una visión global y no fragmentada de las concepciones de cada profesor, considerado individualmente, sobre los distintos aspectos analizados. Este procedimiento no es exclusivo ni excluyente y puede utilizarse en combinación con otros métodos.

3. El cuestionario ICDE (Inventario de Creencias Didácticas y Epistemológicas) diseñado y validado por Peme-Aranea *et al* (1999) en la Universidad Nacional de Córdoba (Argentina) para de-

terminar las concepciones didácticas y epistemológicas del profesorado de ciencias experimentales, se ha mostrado como un buen instrumento para ser analizado por medio de mapas cognitivos, a pesar de no haber sido específicamente diseñado para ello.

4. El análisis de los mapas cognitivos por parte de los profesores participantes en la investigación, favorece la metacognición, ya que les permite reflexionar sobre sus concepciones y prácticas docentes, con lo que esta metodología es reconocida por ellos mismos como una herramienta de intervención en su formación inicial o desarrollo profesional.

Referencias Bibliográficas

- Artiles, A.J., Mostert, M.P. y Tankersley, M. (1994). Assessing the link between teacher cognitions, teacher behaviors, and pupil responses to lessons. *Teaching and Teacher Education*, 10(5), 465-481.
- Ausubel, D.P. (1976). *Psicología evolutiva. Un punto de vista cognitivo*. Trillas. México.
- Beyerbach, B.A y Smith, J.M. (1990). Using a computerized concept mapping program to assess pre-service teachers' thinking about effective teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(10), 961-971.
- Campanario, J.M. (2001). Algunas propuestas para el uso alternativo de los mapas conceptuales y los esquemas como instrumentos metacognitivos. *Alambique*, 28, 31-38.
- Casas, L. M. y Luengo, R. (1999). La exploración de la estructura conceptual en los alumnos. Un método empírico: las redes asociativas Pathfinder. *Campo Abierto*, 16, 13-33.
- Casas, L. M., Mendoza, M. y Luengo, R. (2001). Obtención de datos y representación de conocimiento: Aproximación a las técnicas más frecuentes empleadas en la investigación educativa. *Campo Abierto*, 19, 35-55.
- Contreras, L.C. (1993). Mapas conceptuales y resolución de problemas. *Investigación en la Escuela*, 19, 79-88.

- Estebaranz, A. (1992). El análisis de datos cualitativos a través de tablas de contingencia. En C. Marcelo (ed.): *La Investigación sobre la Formación del Profesorado. Métodos de Investigación y Análisis de Datos*. Buenos Aires: Cincel. 147-170.
- García, J.J., Pro, A. y Saura, O. (1995). Planificación de una unidad didáctica: El estudio del movimiento, *Enseñanza de las Ciencias*, 13(2), 211-226.
- Gess-Newsome, J. y Lederman, N.G. (1993). Preservice biology teachers' knowledge structures as a function of professional teacher education: A year-long assessment. *Science Education*, 77(1), 25-45.
- Gil, D. (1993). Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), 197-212.
- González, F. M. (1992). Los mapas conceptuales de J.D. Novak como instrumento para la investigación en didáctica de las ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 10(2), 148-158.
- González, F. M. e Iraizoz, N. (2001). Los mapas conceptuales y el aprendizaje significativo. *Alambique*, 28, 39-51.
- Hashweh, M.Z. (1987). Effects of subject-matter knowledge in the teaching of biology and physics. *Teaching and Teacher Education*, 3(2), 109-120.
- Hernández, L.M. (1993). Tareas de planificación del módulo "La energía y los recursos energéticos" en el marco de la formación del profesorado. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(3), 247-254.
- Hewson, P.W. (1993). Constructivism and reflective practice in science teacher education. En L. Montero y J.M. Vez (eds.): *Las didácticas específicas en la formación del profesorado*. Santiago: Tórculo. 259-275.
- Horton, P.B. (1992). An investigation of the effectiveness of concept mapping as a instructional tool. *Science Education*, 77 (1), 95-111.
- Hoz, R.; Tomer, Y. y Tamir, P. (1990). The relations between disciplinary and pedagogical knowledge and the length of teaching experience of biology and geography teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(10), 973-985.
- Jones, M.G. y Vesilind, E. (1995). Preservice teachers' cognitive frameworks for class management. *Teaching and Teacher education*, 11(4), 313-330.
- Lakatos, I. (1981). *Matemáticas, ciencia y epistemología*. Alianza Universidad, Madrid.
- Laudan, L. (1986). *El progreso y sus problemas. Hacia una teoría del progreso científico*. Madrid: Ediciones Encuentro.
- León (1995). La representación del conocimiento del profesor tutor acerca de la integración escolar y los niños con necesidades educativas especiales. *Revista de Educación*, 307, 341-365.
- Liston, D. P. y Zeichner, K. M. (1993). *Formación del profesorado y condiciones sociales de la escolarización*. Madrid: Ed. Morata.

- Liu, X. y Hinchey, M. (1996). The internal consistency of a concept mapping scoring scheme and its effect on prediction validity. *International Journal of Science Education*, 18(8), 921-937.
- Llinares, S. (1992). Los mapas cognitivos como instrumento para investigar las creencias epistemológicas de los profesores. En C. Marcelo (Ed): *La investigación sobre la formación del profesorado. Métodos de investigación y análisis de datos*. Argentina C.F.: Cincel. 57-95.
- Marcelo, C. (1987). *El pensamiento del profesor*. Barcelona: CEAC.
- Marcelo, C. (1992). *Aprender a enseñar: Un estudio sobre el proceso de socialización de profesores principiantes*. Madrid: CIDE-MEC.
- Markham, K.M.; Mintzes, J.J. y Jones, M.G. (1994). The concep map as a research and evaluation tool: Further evidence of validity. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(1), 91-101.
- Mellado, V. (1995). *Análisis del conocimiento didáctico del contenido en profesores de ciencias de Primaria y Secundaria en formación inicial*. Cáceres: S. P. Universidad de Extremadura.
- Mellado, V. (1996). Concepciones y prácticas de aula de profesores de ciencias en formación inicial, de primaria y secundaria, *Enseñanza de las Ciencias*, 14(3), 289-302.
- Mellado, V. (1997). Preservice teachers' classroom practice and their conceptions of the nature of science. *Science and Education*, 6(4), 331-354.
- Mergendoller, J. y Sacks, C.H. (1994). Concerning the relationship between teachers' theoretical orientation toward reading and their concept maps. *Teaching and Teacher Education*, 10(6), 589-599.
- Moral, C. (1995). Los mapas cognitivos como estrategia de reflexión y de generación del conocimiento práctico del profesor. *Revista de Ciencias de la Educación*, 162, 101-110.
- Novak, J.D. (1988). Constructivismo humano: un consenso emergente. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(3), 213-233.
- Novak, J.D. (1998). *Conocimiento y aprendizaje. Los mapas conceptuales como herramientas facilitadoras para escuelas y empresas*. Madrid: Alianza Ed.
- Novak, J.D. y Gowin, D.B. (1988). *Aprender a aprender*. Barcelona: Martínez Roca.
- Novak, J.D., Gowin, D.B. y Johansen, G.T. (1983). The use of concept mapping and knowledge vee mapping with junior high school science students. *Science Education*, 67(5), 625-645.
- Ontoria, A., Gómez, J.P.R. y Molina, A. (1999). *Potenciar la capacidad de aprender y pensar*. Madrid: Narcea.
- Ontoria, A. et al.. (1992). *Mapas conceptuales. Una técnica para aprender*. Narcea. Madrid.
- Peme-Aranega, C. (1999). Hacia la búsqueda de algunos fundamentos de decisiones educativas e investigativas en didáctica de las ciencias: Un aporte a la reflexión de los docentes de Biología. *Revista Educación en Biología*, 2 (1), 10-19.

- Peme-Aranega, C. (2001). Utilización del Inventario de Creencias Didácticas y Epistemológicas (ICDE) en la diferenciación de poblaciones de docentes de ciencias de nivel medio, en formación, de la ciudad de Córdoba. Comparación con un grupo de docentes en ejercicio de ese nivel. *Revista de Enseñanza de la Física*, 14(2), 5-26.
- Peme-Aranega, C. y Baquero, M.E. (2001). El empleo de inventarios para la descripción de creencias epistemológicas explícitas de una docente de ciencias en un estudio etnográfico. Comparación con las creencias implícitas. *Revista de Educación en Biología*, 4(1), 15-24.
- Peme-Aranega, C., Gerbaudo, S., Ferreyra de Rubio, A. y Echevarría, E. (1999). El proceso de elaboración de un Inventario de creencias didácticas y epistemológicas (ICDE). *Interdisciplinaria*, 15 (2 y 3), 1-37.
- Pérez de Landazábal, M.C., Varela, P. y Favieres, A. (2000). La energía en las aulas: un puente entre ciencia y sociedad. *Alambique*, 24, 18-29.
- Pérez Rodríguez, A. L., Suero, M. I., Montanero Morán, M. y Montanero Fernández, M. (2000). Propuestas de innovación en torno al análisis y secuenciación de contenidos en los diseños curriculares de física. *Bordón*, 53(2), 279-286.
- Popper, K.R. (1983). *Conjeturas y refutaciones. El desarrollo del pensamiento científico*, Buenos Aires: Paidós.
- Porlán, R., Rivero, A. y Martín del Pozo, R. (1997). Conocimiento profesional y epistemológico de los profesores I: Teoría, métodos e instrumentos. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(2), 155-171.
- Powell, R. (1994). From field science to classroom science: A case study of constrained emergence in a second-career science teacher. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(3), 273-291.
- Pro, A. (1995). ¿Formación de profesor de secundaria vs profesor-tutor de prácticas de secundaria?. En L. Blanco y V. Mellado (eds): *La formación del profesorado de ciencias y matemáticas en España y Portugal*. Badajoz: Diputación Provincial. 375-397.
- Pro, A. (2001). ¿Qué estructuras conceptuales de física debe aprender el alumnado de secundaria en la contrarreforma? *Alambique*, 29, 9-21.
- Redondo, C. y Mellado, V. (1997). Los mapas conceptuales en la formación inicial de maestros en la enseñanza de las ciencias de la Tierra. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 5(3), 211-218.
- Roth, W.M. y Roychoudhury, A. (1994). Science discourse through collaborative concept mapping: New perspectives for the teacher. *International Journal of Science Education*, 16(4), 437-455.
- Ruiz-Primo, M.A. y Shavelson, R.J. (1996). Problems and issues in the use of concept maps in science assessment. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(6), 569-600.
- Sánchez, G. y Valcarcel, M.V. (1993). Diseño de unidades didácticas en el área de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(1), 33-44.
- Shymansky, J.A. et al. (1993). A study of changes in middle school teachers' understanding of se-

lected ideas in science as a function of an in-service program focusing on student preconceptions. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(7), 737-755.

Tobin, K., Tippins, D.J. y Gallard, A.J. (1994). Research on Instructional Strategies for Teaching Science. En D.L. Gabel (ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, New York: Mcmillan P.C. pp. 45-93.

Tsai, C-C. (2001). A science teacher's reflections and knowledge growth about STS instruction after actual implementation. *Science Education*, 86 (1), 23-41.

Wallace, J.D. y Mintzes, J.J. (1990). The concept map as a research tool: exploring conceptual change in biology. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(10), 1033-1052.

ANEXO

**INVENTARIO DE CREENCIAS DIDÁCTICAS Y
 EPISTEMOLÓGICAS (ICDE)**

	DE ACUERDO		
	SI	?	NO
1.- El progreso de la ciencia es objetivo y válido porque existen criterios universales y estables para evaluar sus conocimientos.			
2.- El aprendizaje escolar permite que el alumno reemplace las representaciones cotidianas por otras más abstractas del ámbito científico.			
3.- La objetividad de los científicos y sus métodos permiten que la ciencia sea neutral.			
4.- En una metodología científica siempre se siguen los mismos pasos, que conducen desde la observación imparcial de los hechos hasta la elaboración de teorías.			
5.- El docente es un puente entre la sociedad y el alumno; su función es ayudar a éste a transformar las pautas sociales, culturales y científicas vigentes.			
6.- La Ciencia se caracteriza por poseer un método estable para estudiar los problemas.			
7.- Los criterios que posee la Ciencia son parciales porque los hechos de la naturaleza están sujetos a interpretaciones individuales y sociales y porque el razonamiento de los científicos es subjetivo.			
8.- La observación objetiva y sistemática de la realidad permite descubrir lo que en ella ocurre; así se construye el conocimiento.			
9.- El aprendizaje se produce cuando las concepciones incorrectas acerca de la realidad se reemplazan por las científicas.			
10.- Las situaciones problemáticas en la enseñanza de las Ciencias sólo son problemas si surgen de la realidad y se estudian experimentalmente.			
11.- Los conocimientos científicos que han adquirido un carácter universal, difícilmente cambien.			
12.- En la enseñanza se obtienen mejores resultados si el alumno no posee conceptos acerca de un tema, o si los que posee son incorrectos, porque entonces incorpora el significado correcto que se le brinda y lo aprende.			
13.- Los docentes de Ciencia, para enseñar, pueden ir más allá de los textos y de los materiales con que cuenta la escuela y extraer recursos de otras fuentes.			
14.- El proceso de enseñanza se ve favorecido cuando el docente controla la disciplina de los alumnos.			
15.- Las opiniones de los científicos pueden ser tan subjetivas como las de cualquier otra persona.			

16.- Los docentes de Ciencia deben enseñar que el método científico tiene una secuencia ordenada y sistemática de pasos; así los alumnos aprenden a investigar.			
17.- El triunfo de una teoría científica sobre otra siempre se basa en criterios objetivos: prevalece la que explica mejor el conjunto de fenómenos a que se refiere.			
18.- El conocimiento escolar se adquiere en un proceso colectivo por el cual los alumnos construyen un conocimiento que puede o no coincidir con el científico.			
19.- Algunas Ciencias utilizan procedimientos experimentales, lo cual no las convierte en superiores a otras.			
20.- La flexibilidad que caracteriza a la metodología científica permite que se pueda utilizar la intuición y la imaginación en cualquier momento del proceso.			
21.- Es conveniente que el docente se relacione afectiva y socialmente con los alumnos, para que se produzca el conocimiento escolar.			
22.- El docente de Ciencias, al planificar, debe prestar especial atención a los contenidos que los alumnos tienen que elaborar y a las actividades que le permiten hacerlo; los objetivos son secundarios.			
23.- El docente de Ciencias debe ayudar a los alumnos a construir conocimientos sólidos y difícilmente modificables.			
24.- El conocimiento es individual; cada alumno recibe la información que se le brinda y al incorporarla, aprende.			
25.- Si el docente enseña el método científico, los alumnos cambian su forma de actuar frente a nuevos problemas.			
26.- El conocimiento científico es verdadero y definitivo.			
27.- En la elaboración del conocimiento científico hay avances, retrocesos y estancamientos.			
28.- La enseñanza en el aula debe basarse en el significado que los alumnos tengan de un concepto, aunque éste no se corresponda con el significado científico.			
29.- El aprendizaje escolar es un proceso que no siempre finaliza con la elaboración de los significados científicos de los distintos conceptos por parte de los alumnos.			
30.- La construcción del conocimiento es social, aún cuando el alumno esté solo.			
31.- Los procesos de elaboración de conocimientos son semejantes en todas las personas.			
32.- El aprendizaje es el producto de la participación del sujeto en contextos sociales, siendo la escuela uno más.			
33.- Las teorías científicas representan de manera completa y verdadera los fenómenos reales que estudian.			

34.- El alumno debe participar en las decisiones acerca de qué y cómo aprender, porque es él el responsable de su aprendizaje.			
35.- La enseñanza de muchos contenidos le permite al alumno relacionar mejor los conceptos científicos importantes.			
36.- El aprendizaje escolar es un proceso por el cual el alumno relaciona su conocimiento con el de sus pares y el de otras fuentes y elabora uno nuevo, no siempre igual al científico.			
37.- Existen problemas que la Ciencia no puede solucionar.			
38.- Las estrategias, técnicas e instrumentos que utilice el docente para evaluar a los alumnos deben ser objetivas para resultar justas.			
39.- Las personas pueden desarrollar activamente conceptos con contenidos científicos fuera de la /escuela, pero les resultan inadecuados para interpretar la realidad y su propia experiencia.			
40.- La enseñanza de las Ciencias se basa en dejar que los alumnos descubran, por sí mismos, los conceptos científicos.			
41.- Un buen profesor de Ciencias puede aceptar o rechazar los estudios y desarrollos de quienes investigan en Educación, ya que él también puede investigar sobre la realidad del aula.			
42.- Las personas desarrollan conceptos con contenido científico antes del aprendizaje escolar.			
43.- Los investigadores poseen conocimientos, los confrontan con la realidad y producen nuevos conocimientos; esa construcción, entonces, está sujeta a errores y confusiones.			
44.- El docente de Ciencias debería enseñar los conocimientos científicamente actualizados y por lo tanto, los que son convenientes que el alumno aprenda.			
45.- La enseñanza de las Ciencias es una actividad sin componentes ideológicos.			
46.- El docente de Ciencias, cuando enseña, transmite un conjunto de conocimientos para que el alumno los incorpore con el significado correcto que ellos poseen y así aprenda.			
47.- La enseñanza permite que los alumnos reemplacen sus modelos incorrectos acerca de la realidad por conceptos científicamente válidos.			
48.- Las concepciones acerca de la realidad que poseen los alumnos y les son útiles pueden permanecer sin cambios después de la enseñanza de las Ciencias.			