

## **CONSTRUCCIÓN Y APLICACIÓN DE MAPAS COGNITIVOS EN EL ANÁLISIS DE CUESTIONARIOS Y ENTREVISTAS DEL PROFESORADO DE CIENCIAS**

**Vicente Mellado Jiménez** <vmellado@unex.es>

Dto. Didáctica Ciencias Experimentales y Matemáticas. Universidad de Extremadura.

*Agradecimiento: Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el Proyecto de Investigación SEJ2006-04175 del Ministerio de Educación y Ciencia.*

### **1.- INTRODUCCIÓN**

Los mapas cognitivos están basados en los numerosos trabajos de Novak y colaboradores con mapas conceptuales (Cañas, Novak y González, 2004; Novak, 1998). 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. En la investigación con el profesorado, la representación por medio de mapas cognitivos permite una visión global y no fragmentada de las concepciones de cada profesor sobre distintos aspectos.

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 cualitativas. Hoy tanto uno como otro procedimiento se utilizan cuantitativa o cualitativamente, según la naturaleza del problema investigado, y a ambos puede aplicarse el análisis por medio de mapas cognitivos.

En el seminario expondremos a) la construcción de mapas cognitivos genéricos a partir de un cuestionario sobre concepciones del profesorado; b) la aplicación de los mapas al caso de una profesora para determinar su evolución en el tiempo y, complementados con entrevistas, para estimular la reflexión; y c) La construcción de mapas a partir de entrevistas. Haremos una síntesis de cada aspecto y remitiremos a otros trabajos en los que hemos desarrollado más extensamente cada apartado.

### **2.- CONSTRUCCIÓN DE MAPAS COGNITIVOS A PARTIR DE CUESTIONARIOS.**

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 ítems, 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. Nosotros hemos aplicado los mapas cognitivos al cuestionario ICDE (Mellado et al, 2002), diseñado y validado por Peme-Aranega et al. (1999), y al INPECIP, diseñado por Porlán (1989) para determinar las concepciones didácticas y

epistemológicas del profesorado, y al que vamos a referirnos a continuación (Ruiz et al., 2005).

El INPECIP consta de 56 ítems, distribuidos inicialmente en cuatro categorías. Para el análisis por mapas cognitivos realizamos algunas modificaciones. En primer lugar no se analizaron los ítems 3, 12, 18, 29 y 53 que tratan de conceptos generales sobre la didáctica, menos relevantes para el profesorado de primaria y secundaria. El resto de los ítems se agruparon en tres categorías: "imagen de la ciencia", "aprendizaje de las ciencias" y "enseñanza de las ciencias". Las proposiciones de los ítems se corresponden en cada categoría con dos modelos contrapuestos, el primero más tradicional y el segundo más en sintonía con las actuales concepciones didácticas y epistemológicas, que de forma simplificada denominamos constructivista.

Para la construcción de los mapas cognitivos genéricos de cada categoría se comienza seleccionando todas las proposiciones del modelo tradicional y las opuestas del modelo constructivista. Posteriormente se enlazan las proposiciones de los ítems de las más generales e inclusoras a las más particulares, formando el mapa cognitivo del modelo tradicional de la categoría, realizado con una técnica análoga a la que utiliza Novak para los conceptos. En cada mapa es necesario mantener la independencia de las declaraciones, aunque tengan el mismo significado, 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. Para la construcción del mapa constructivista de cada categoría el proceso es análogo; se seleccionan las proposiciones del modelo constructivista y las opuestas del modelo tradicional.

Como el cuestionario INPECIP 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 INPECIP en la categoría "imagen de la ciencia" se asignan al modelo tradicional los ítems 4, 21, 22, 40, 42, 44 y 47 y al modelo más acorde con las orientaciones defendidas por la nueva filosofía de la ciencia, o constructivista, los ítems 11, 23, 28, 38, 39, 51 y 55:

4. Las teorías científicas obtenidas al final de un proceso metodológico riguroso, son un reflejo cierto de la realidad.

11. En la observación de la realidad es imposible evitar un cierto grado de deformación que introduce el observador.

21. El observador científico no debe actuar bajo la influencia de teorías previas sobre el programa investigado.

22. Toda investigación científica comienza por la observación sistemática del fenómeno que se estudia.

28. El pensamiento de los seres humanos está condicionado por aspectos subjetivos y emocionales.

38. El investigador siempre está condicionado, en su actividad, por la hipótesis que intuye acerca del

### XXIII Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales

problema investigado.

39. El conocimiento científico se genera gracias a la capacidad que tenemos los seres humanos para plantearnos problemas e imaginar posibles soluciones a los mismos.

40. La eficacia y la objetividad del trabajo científico estriba en seguir fielmente las fases ordenadas del método científico: observación, hipótesis, experimentación y elaboración de teorías.

42. La metodología científica garantiza totalmente la objetividad en el estudio de la realidad.

44. A través del experimento, el investigador comprueba si su hipótesis de trabajo es verdadera o falsa.

47. La Ciencia ha evolucionado históricamente mediante la acumulación sucesiva de las teorías verdaderas.

51. Las hipótesis dirigen el proceso de investigación científica.

55. La experimentación se utiliza en ciertos tipos de investigación científica, mientras que en otros no.

El mapa tradicional genérico del cuestionario sobre la imagen de la ciencia (figura 1), incluye las proposiciones del modelo tradicional (4, 21, 22, 40, 42, 44 y 47) y las opuestas del modelo constructivista (no 11, no 23, no 28, no 38, no 39, no 51 y no 55).

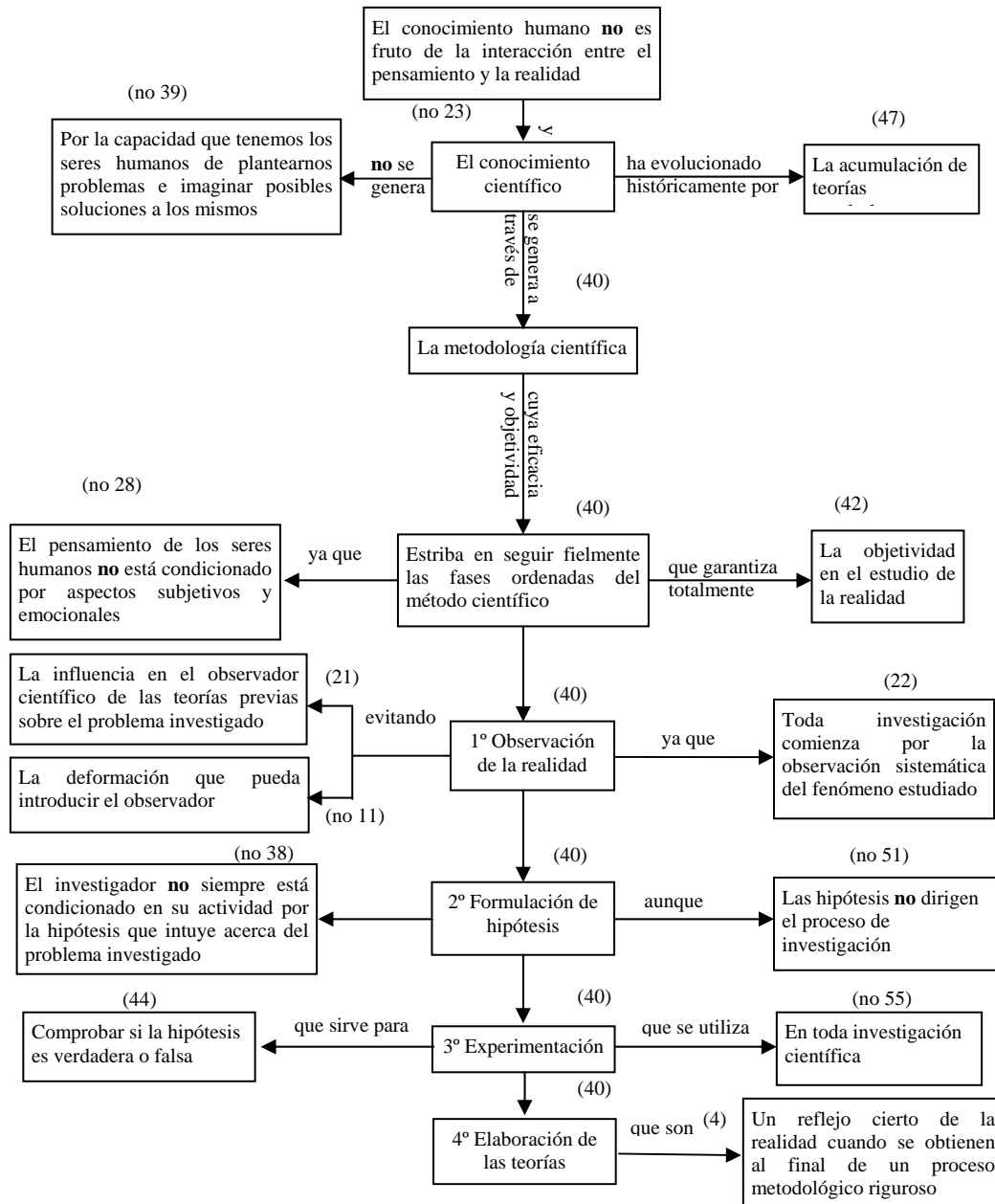


Figura 1. Mapa general del cuestionario INPECIP con la imagen tradicional de la ciencia.

En la construcción del mapa constructivista genérico del cuestionario sobre la imagen de la ciencia (figura 2) incluiríamos las proposiciones del modelo constructivista (11, 23, 28, 38, 39, 51 y 55) y las opuestas del modelo tradicional (no 4, no 21, no 22, no 40, no 42, no 44 y no 47).

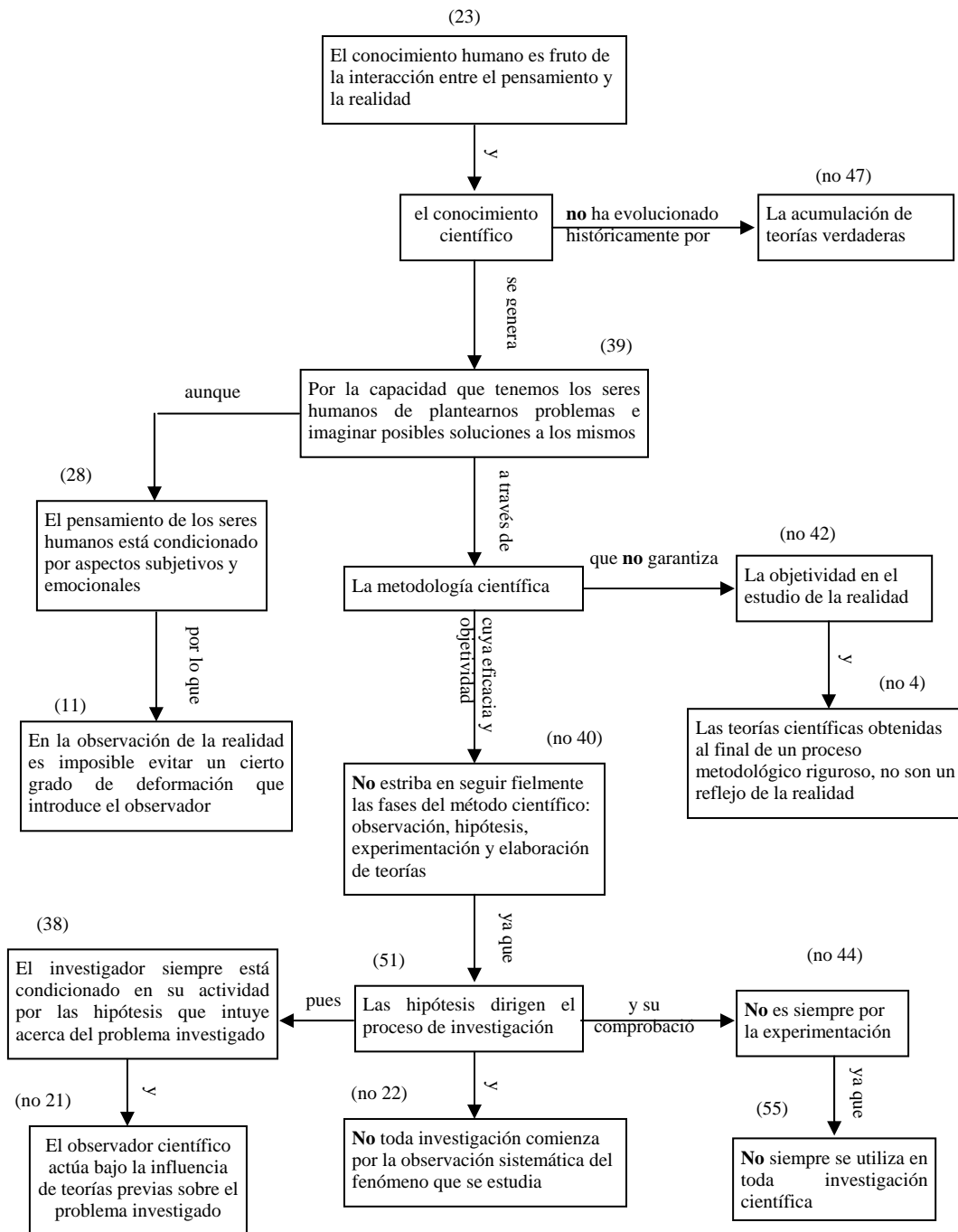


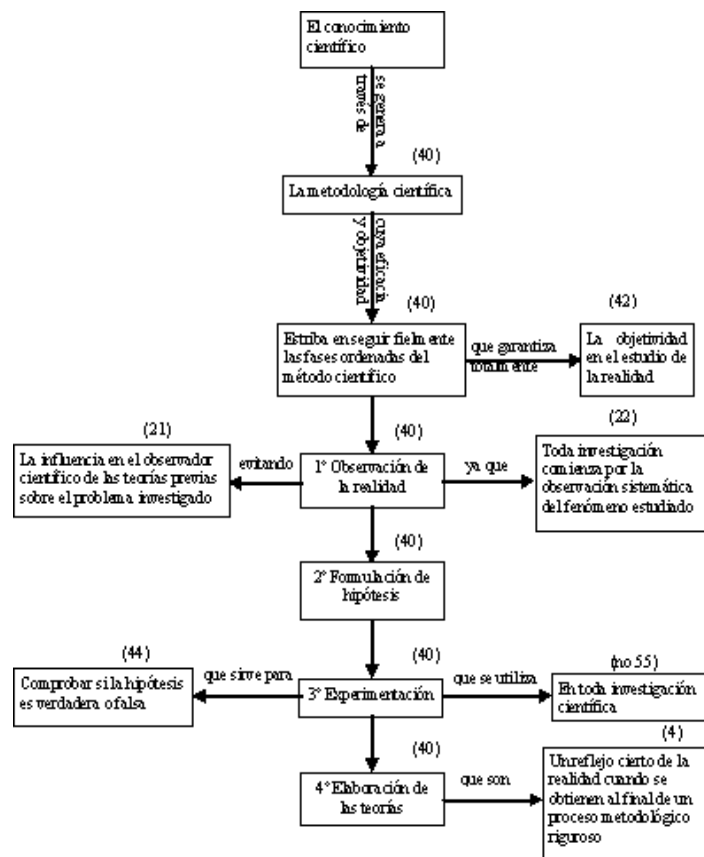
Figura 2. Mapa general del cuestionario INPECIP sobre la imagen constructivista de la ciencia.

Del mismo modo procederíamos para la construcción de los mapas correspondientes a las categorías "aprendizaje de las ciencias" y "enseñanza de las ciencias" (Ruiz et al., 2005). Estos mapas genéricos son los que nos van a servir de referencia para construir los mapas cognitivos específicos de cada profesor, como veremos a continuación.

### 3.- APLICACIÓN DE LOS MAPAS COGNITIVOS ELABORADOS A PARTIR DEL CUESTIONARIO INPECIP PARA DETERMINAR LA EVOLUCIÓN EN EL TIEMPO DE LAS CONCEPCIONES DE UNA PROFESORA DE BIOLOGÍA DE SECUNDARIA Y, COMPLEMENTADOS CON ENTREVISTAS, PARA ESTIMULAR LA REFLEXIÓN

Como ejemplo aplicamos los mapas cognitivos al caso de una profesora de biología de secundaria, actualmente con 17 años de experiencia en la enseñanza en esa misma materia y nivel educativo. Para construir los mapas personales de esta profesora, se adscriben sus respuestas al cuestionario al mapa correspondiente, en cada una de las tres categorías, eliminando las declaraciones no contestadas. Para el dibujo final de los mapas cognitivos personales se eliminan los huecos de modo que haya un enlace entre las declaraciones resultantes. A continuación describimos el proceso de construcción de los mapas cognitivos de esta profesora que contestó al cuestionario INPECIP en los años 1993 y 2002 (Ruiz et al., 2005).

En 1993 en la categoría imagen de la ciencia mostró su acuerdo con los ítems 4, 11, 21, 22, 28, 39, 40, 42, 44 y 51 y su desacuerdo con los ítems 47 y 55. El mapa que representa la tendencia tradicional de la profesora se elabora con los ítems 4, 21, 22, 40, 42, 44 y no 55 (mapa de la izquierda de la figura 3). El mapa que representa su tendencia constructivista se elabora con los ítem 11, 28, 39, 51 y no 47 (mapa de la derecha de la figura 3).



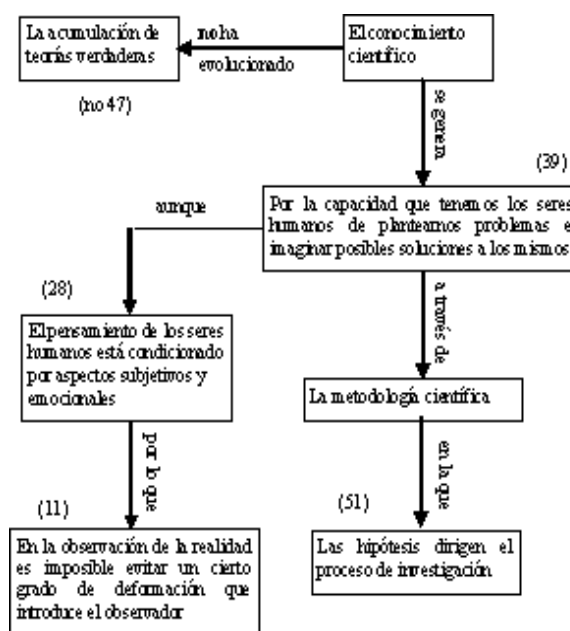


Figura 3. Mapas Cognitivos que representan la concepción de la profesora sobre la imagen de la ciencia en 1993.

Al visualizar ambos mapas, se puede obtener una imagen gráfica global de su concepción sobre la naturaleza del conocimiento científico. En el año 1993 su concepción sobre la naturaleza de la ciencia tiene rasgos de ambos modelos, aunque con una marcada tendencia positivista.

En el año 2002 la profesora mostró su acuerdo con los ítems 11, 28, 38, 39, 51 y 55 y su desacuerdo con los ítems 4, 21, 42 y 47. Estas respuestas están todas asociadas al modelo constructivista y determinan el mapa de la figura 4. En este año ninguna de las respuestas de la profesora estuvieron adscritas al modelo tradicional, por lo que no existe mapa cognitivo de esta tendencia.

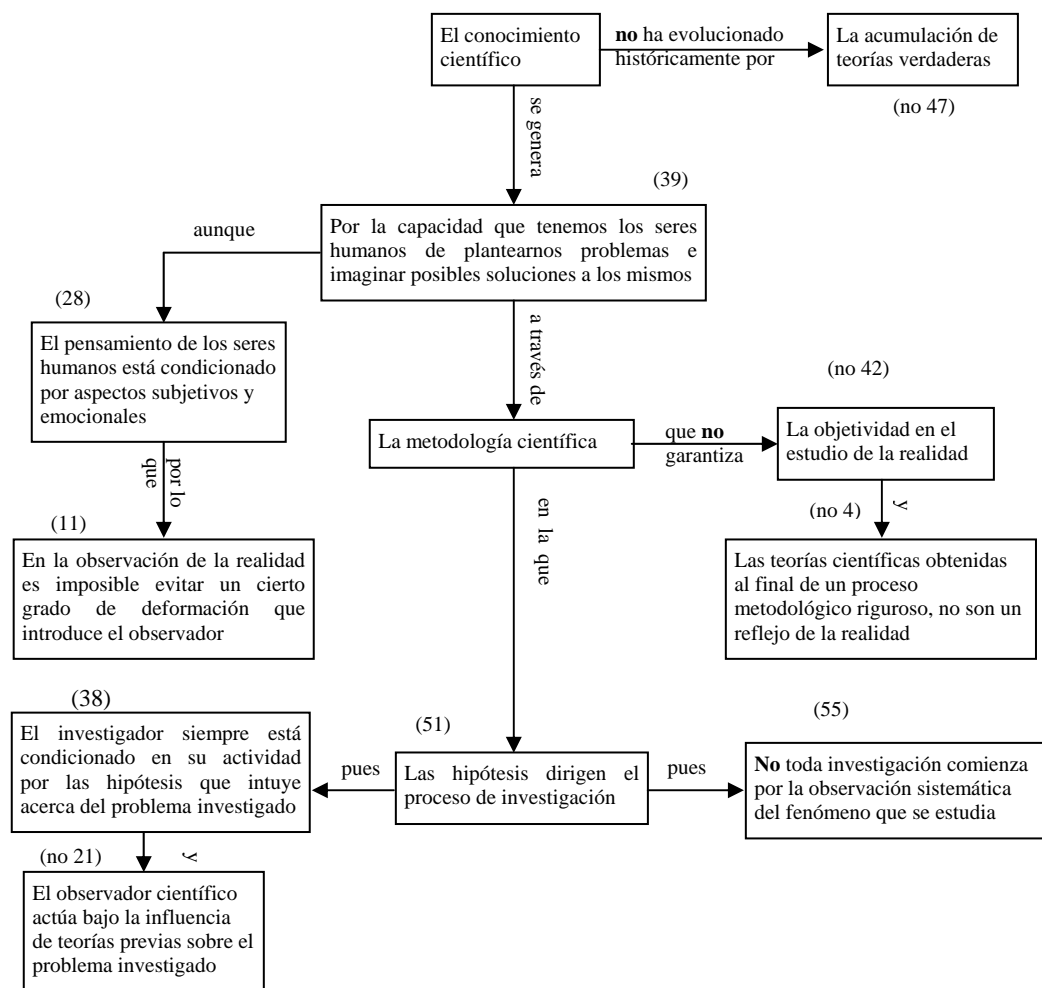


Figura 4. Mapa Cognitivo que representa la tendencia constructivista de la profesora sobre la imagen de la ciencia en 2002.

En los nueve años transcurridos se observa una notable evolución de las concepciones de esta profesora sobre la naturaleza de la ciencia, del modelo positivista hacia otro más acorde con la nueva filosofía de la ciencia.

El mismo procedimiento seguiríamos para la elaboración de sus mapas sobre el aprendizaje de las ciencias y la enseñanza de las ciencias (Ruiz et al., 2005).

Consideramos que la entrevista es un método complementario que ayuda a estimular la reflexión, por ello a esta profesora se le realizó una entrevista semiestructurada sobre sus propios mapas cognitivos, en la que se indagaba sobre sus respuestas, los cambios en las mismas entre 1993 y 2002 y las causas que podían haber provocado los cambios (Da Silva et al., 2007).

En la entrevista, la profesora va explicando en cada ítem sus cambios sobre la imagen de la ciencia, tal como que reflejan los mapas de 1993 a 2002. Considera que se ha producido un considerable cambio en los aspectos que condicionan el pensamiento humano. Confirma que en 1993 no creía que el pensamiento científico estuviera condicionado por aspectos subjetivos y emocionales; mientras en 2002 existen muchos condicionantes. A continuación incluimos como muestra algunas de sus respuestas a la entrevista, y de su reflexión final sobre sus

resultados.

Actualmente considero que el desarrollo del trabajo científico y el cambio de teorías está enormemente condicionado por aspectos sociales (38.1), religiosos (38.2), tecnológicos (38.3), los relacionados con la propia formación (38.4) e, igualmente, el proceso de aprendizaje de los alumnos.

Creo que el científico no afronta su trabajo libre de cualquier tipo de prejuicio, opinión o emoción sino que, a la vez que múltiples aspectos más o menos subjetivos lo individualizan como investigador, debe buscar información que contextualice el trabajo que va a emprender (20.1).

Del mismo modo, en 1993 consideraba que el método científico debía de ser aséptico y objetivo, seguir determinados pasos y no estar influenciado por nada, ni tener en cuenta teorías anteriores que pudieran afectar el desarrollo del proceso.

Me ha resultado extraño admitir que tenía determinadas concepciones sobre el método científico en el 93. Por ejemplo, que las teorías científicas obtenidas al final de un proceso metodológicamente riguroso son un reflejo cierto de la realidad (31.1) o que la ciencia sólo avanza a partir de teorías verdaderas (32.1).

Mi pensamiento sobre el método científico ha cambiado. Ahora, equivocada o no, considero que el trabajo científico debe ser disciplinado, pero no necesariamente ordenado en los pasos tradicionalmente considerados por el empirismo (21.1). La antigua e incuestionable necesidad de experimentar que, bajo mi punto de vista, permitía dar veracidad a una hipótesis se ha transformado en un recurso necesario en determinados proyectos científicos e imposible de realizar en otros sin que ello menoscabe su validez (30.1).

Inicialmente no era consciente de que su pensamiento sobre la ciencia era fuertemente positivista, porque no se había parado a reflexionar sobre el mismo y porque estaba impregnada de la idea implícita de la ciencia, fuertemente empirista, transmitida durante su formación inicial. Esta concepción se va transformando como consecuencia de su enseñanza.

Cuando terminas la carrera y hasta llegar a ese momento e incluso en los primeros años de trabajo no te paras a pensar en las cuestiones anteriormente comentadas (23.2) y sólo después, con la reflexión sobre tu propia práctica docente, empiezas a tomar conciencia de la evolución que, en ocasiones, sin darte cuenta has experimentado (23.1; 23.4; 33.1).

En mi opinión, tras los estudios de Bachillerato y la enseñanza obligatoria quedamos impregnados, al menos yo, de una idea sistematizada e inflexible sobre el método científico que no se aclara durante los estudios universitarios y que, en mi caso, se ha ido modificando a lo largo de los últimos catorce años de práctica en el aula (21.1).

A medida que la profesora llevaba a cabo el análisis de la entrevista iba señalando notables paralelismos entre la evolución de sus concepciones sobre la ciencia y los cambios en su pensamiento sobre el desarrollo de la práctica educativa y muy especialmente sobre la existencia de ideas alternativas en los alumnos.

Quizás, la mayor analogía hace referencia a los aspectos subjetivos que condicionan tanto el inicio de una investigación científica como el inicio de cualquier tipo de aprendizaje. Progresivamente la idea del alumno como "página en blanco" en la que escribir o el investigador rigurosamente objetivo, libres de cualquier tipo de prejuicio, ha dado paso a otra más realista: personas que se enfrentan a sus respectivos retos con experiencias anteriores determinadas por aspectos sociales, religiosos, educacionales... Es posible que de aquí parta la conciencia de la existencia de las ideas previas en los alumnos (Reflexión final).

En 1993 mi cuestionario revelaba un pensamiento relacionado con el avance científico cimentado a partir de teorías verdaderas, con una marcada tendencia positivista sobre la imagen de la ciencia, probablemente ligado al aprendizaje escolar basado en los triunfos del alumno. En la actualidad creo tanto en el valor de teorías equivocadas o incompletas para el desarrollo del conocimiento científico como en la importancia de utilizar los errores de los alumnos en la construcción de sus conocimientos (Reflexión final).

Al analizar las causas y obstáculos a los cambios en la concepción sobre la naturaleza de la ciencia, hace referencia sobre todo a su formación inicial. También considera un obstáculo la imagen de la ciencia que transmiten los libros de texto y no haber recibido formación didáctica durante su formación inicial

Mis reflexiones en relación con los cambios experimentados en mi pensamiento sobre la ciencia en los últimos diez años se refieren a los siguientes aspectos: en primer lugar me parece negativo el hecho de que, en este caso, un biólogo no pueda estudiar durante la carrera ninguna asignatura relacionada con la didáctica de las ciencias aunque fuera con carácter de optatividad (34.5; 34.6; 34.7).

En segundo lugar, tengo la idea de que durante la carrera no se favorece el cambio de algunas concepciones sobre la ciencia como, por ejemplo, el método científico (15.1, 26.1). Quizás porque el estereotipo que se desarrolla durante los estudios de bachillerato (15.2) y en la facultad ya se da por hecho este conocimiento (28.2).

Por otra parte, entiendo que los libros de texto no contribuyen gran cosa a aclarar estas concepciones (25.1) y durante la carrera y cuando inicias la etapa profesional no te haces estos planteamientos sobre los libros de texto (23.3), realmente "no te paras a pensar" (33.2). En cualquier caso, en los primeros años de universidad el debate se hace complicado por el número de alumnos sobre todo (28.1).

Por último, añadir la influencia que atribuyo a la formación permanente en el proceso de cambio que entiendo que debe ser más flexible (34.2) y que debe reunir a profesionales cualificados e interesados para que se desarrollen más cursos de especialización y se impulsen algunos ya existentes (34.4).

#### 4.- ELABORACIÓN DE MAPAS COGNITIVOS A PARTIR DE ENTREVISTAS.

Para la construcción de los mapas cognitivos de un profesor a través de la entrevista, se codifica cada frase que suponga una unidad de información, posteriormente se clasifican en categorías y se relacionan gráficamente en forma de mapa cognitivo (Mellado, 1996; 1997; 1998; Mellado et al., 2008).

Por ejemplo en el caso de un profesor principiante de Física, al que denominamos David, la pregunta 58 de la entrevista se clasifica 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

En nuestro caso los mapas cognitivos son construidos inicialmente por los investigadores, y posteriormente son evaluados y corregidos por el propio profesor. A continuación mostramos algunos de los mapas de David sobre la naturaleza de la ciencia.

Este profesor considera que las teorías científicas reflejan sólo nuestro conocimiento de la realidad, no la realidad misma. Aunque lo fundamental es la prueba experimental, cree que el progreso del conocimiento científico es un proceso complejo al que se llega por una interacción entre pensamiento y realidad y en el que también intervienen factores extracientíficos:

“Hay factores extracientíficos que hacen que se acepte una teoría y no se acepte otra” (D-58)

Considera que 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:

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

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

David tiene también rasgos de la metodología de Lakatos 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. Considera básica la prueba experimental, y 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 Occan 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” (D-62)

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

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

En la figura 5 se muestra la secuencia del mapa cognitivo de David sobre el cambio científico, elaborado a partir de la entrevista. Los números corresponden a los códigos simplificados asignados a cada respuesta en la entrevista.

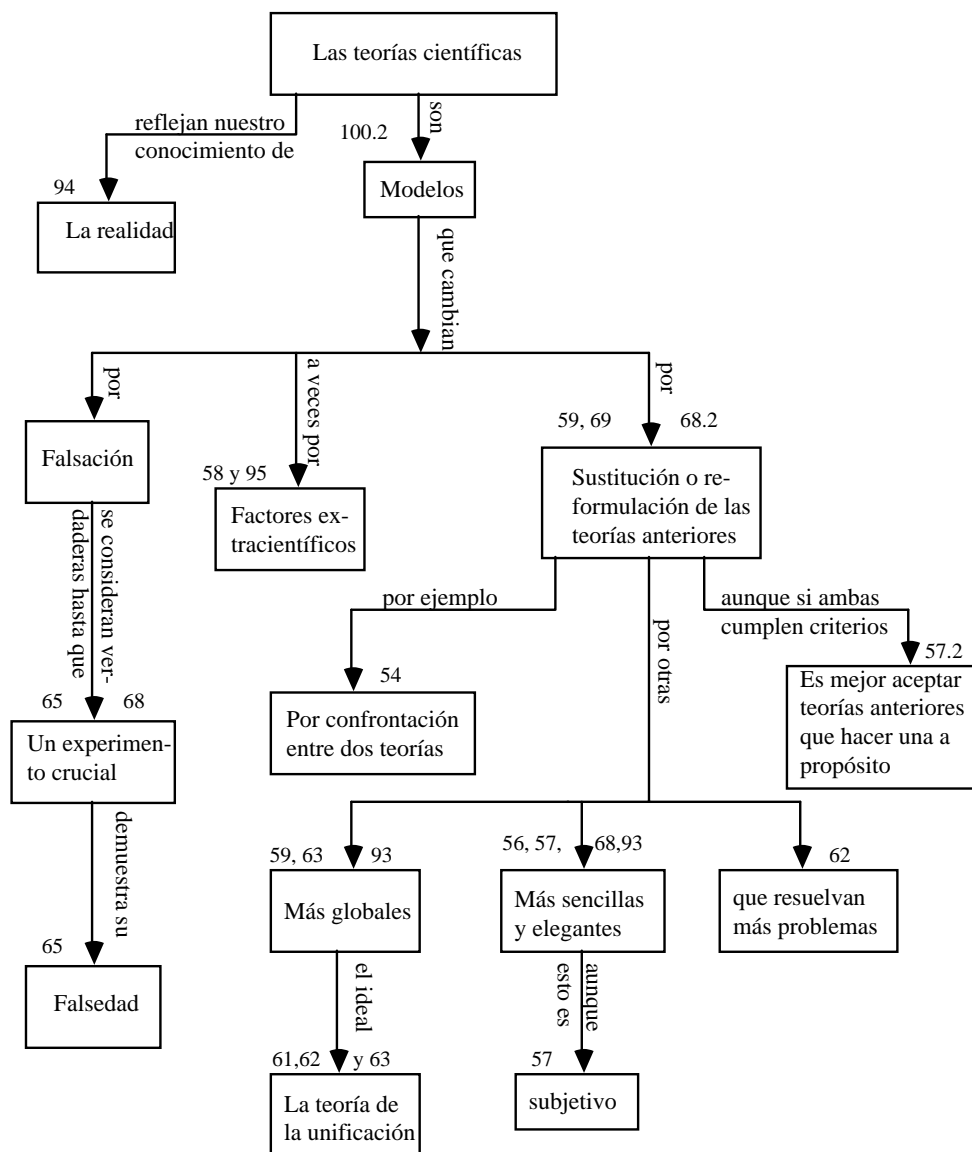


Figura 5: Mapa cognitivo de David sobre el cambio científico, elaborado a partir de la entrevista.

Los mapas cognitivos elaborados a partir de cuestionarios y/o de entrevistas los hemos aplicado también para la comparación de las concepciones y la práctica de aula del profesorado de ciencias experimentales (Mellado, 1996, 1997, 1998).

## **5.- 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:

Los mapas cognitivos elaborados a partir de los datos obtenidos de los cuestionarios dicotómicos son un procedimiento gráfico sencillo de análisis. La representación gráfica da una visión global y no fragmentada de las concepciones de cada profesor, considerado individualmente, sobre los distintos aspectos analizados.

Sin embargo los cuestionarios dan resultados simplificados que es necesario completar con otros métodos, bien combinándolos con entrevistas posteriores sobre los mapas, o realizando entrevistas semiestructuradas sobre las que posteriormente se construyen nuevos mapas.

Los mapas elaborados de las entrevistas son más complejos de elaborar, pero también dan una visión más compleja y exacta de las concepciones de los profesores.

Los mapas pueden ser utilizados en la investigación como un instrumento metodológico para distintos propósitos: para comparar y debatir concepciones de distintos profesores, para mostrar la evolución en el tiempo de las concepciones de un profesor, para comparar las concepciones y la práctica, etc.

El análisis de los mapas cognitivos propios, por parte de los propios profesores participantes en las investigaciones, favorecen la reflexión y la metacognición, con lo que esta metodología es reconocida por ellos mismos como una herramienta de intervención en su desarrollo profesional.

## **6.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Cañas, A. J., Novak, J. D. y González, F. M. (2004). *Concept maps: Theory, Methodology, Technology*. Pamplona: Dirección de Publicaciones de la Universidad Pública de Navarra.

Da Silva, C., Mellado, V., Ruiz, C. y Porlán, R. (2007). Evolution of the conceptions of a secondary education biology teacher: Longitudinal analysis using cognitive maps. *Science Education*, 91(3), 461-491.

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 & Education*, 6(4), 331-354.

Mellado, V. (1998). The classroom practice of preservice teachers and their conceptions of teaching and learning science. *Science Education*, 82(2), 197-214.

Mellado, V., Bermejo, M. L., Blanco, L. J. y Ruiz, C. (2008). The classroom Practice of a Prospective Secondary Biology Teacher and his Conceptions of the Nature of Science and of Teaching and Learning Science. *Internacional Journal of Science and Mathematics Education*, 6(1), 37-62.

Mellado, V., Peme-Aranega, C., Redondo, C. y Bermejo, M. L. (2002). Los mapas cognitivos en el análisis gráfico de las concepciones del profesorado. *Campo Abierto*, 22, 37-58.

Novak, J.D. (1998). *Conocimiento y aprendizaje. Los mapas conceptuales como herramientas facilitadoras para escuelas y empresas*. Madrid: Alianza Ed.

Porlán, R. (1989). *Teoría del conocimiento, teoría de la enseñanza y desarrollo profesional. Las concepciones epistemológicas de los profesores*. Tesis Doctoral inédita. Sevilla.

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.

Ruiz, C., Porlán, R., da Silva, C. y Mellado, V. (2005). Construcción de mapas cognitivos a partir del cuestionario INPECIP. Aplicación al estudio de la evolución de las concepciones de una profesora de secundaria entre 1993 y 2002. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 5(1). En <http://www.saum.uvigo.es/reec>.