

LA EVALUACIÓN DE MAPAS CONCEPTUALES MULTIDIMENSIONALES DE MATEMÁTICAS: ASPECTOS METODOLÓGICOS

*M. Pedro Huerta, Universitat de València, España
Email: Manuel.P.Huerta@uv.es*

Resumen. En este trabajo mostraremos una investigación particular en la que exploramos la multidimensionalidad de los mapas conceptuales con la estructura probabilidad, en estudiantes para profesores de secundaria ya graduados. Mostraremos y analizaremos un caso, describiendo con detalle el objeto de la investigación y la metodología particular de investigación usada y algunos resultados derivados de una sucesión de mapas conceptuales de lápiz y papel construidos por uno de los participantes. La metodología descrita pretende aportar nuevos elementos al marco teórico que junto con otros trabajos anteriores estamos proponiendo para el uso de los mapas conceptuales en Educación Matemática.

1 Introducción

La visión multidimensional que tenemos de los mapas conceptuales de matemáticas o con contenido matemático (Huerta 2006) descansa en la noción de signo (Steinbring, 2006) y de sistema matemático de signos (Fillooy, 1999; Puig 2003), en adelante SMS, y la consideración de estratos en los SMS. En relación con los planos de representación en los que puede situarse un mapa conceptual de matemáticas (MCM) asociado a cada estrato de un determinado SMS, pueden clasificarse las distintas conexiones entre nodos (conceptos), bien en un plano bien entre planos de representación, creándose sub-mapas conceptuales en un plano y entre planos de representación (Huerta, 2006). Esta visión multidimensional de los MCM permite, pues, analizarlos realizando cortes en cualquier dirección de la representación, con el objeto de obtener información sobre la representación de la estructura cognitiva de un individuo que da cuenta de una estructura de conceptos matemáticos representada en formato de mapa conceptual.

La visión multidimensional de los MCM presenta nuevos retos de corte metodológico: métodos de obtención de mapas y métodos de análisis o evaluación. En este trabajo mostraremos una investigación particular en la que exploramos la multidimensionalidad en estudiantes para profesores de secundaria ya graduados. Mostraremos con detalle el objeto de la investigación así como la metodología particular de investigación usada y los resultados derivados de una sucesión de mapas conceptuales de lápiz y papel construidos por uno de los participantes. La metodología descrita pretende aportar entonces nuevos elementos al marco teórico que estamos proponiendo (Huerta, Granell y Galán, 2004; Huerta 2006).

2 La noción de multidimensionalidad

Un MCM multidimensional (un ejemplo en la Figura 1) está constituido por (signos para) conceptos y conexiones¹ entre (signos) conceptos situados en diferentes planos de representación. Cada uno de esos planos está asociado a un estrato de un SMS con el que puede pensarse en una estructura conceptual. En nuestro caso, esta estructura es la probabilidad. Consecuentemente, las conexiones entre signos en un MCM multidimensional se producen en y entre planos de representación de manera que es posible hablar de tipos de conexiones no solo en un plano de representación sino entre planos (Huerta, 2006). Este hecho permite analizar de forma más precisa una conexión directa, por ejemplo, si se ha establecido entre signos pertenecientes a un mismo plano de representación o distintos.

El MCM multidimensional de referencia o de experto (Figuras 1 a 3), caracterizado por un SMS y sus estratos, es, en nuestro caso, fruto tanto de una fenomenología didáctica (Freudenthal, 1983) como de un análisis fenomenológico (Puig, 1997) previo de la estructura conceptual en cuestión. En la figura 1 puede verse parte del SMS que hemos considerado y de sus estratos, reconocidos por la ubicación de los signos en sucesivos planos de representación.

¹ Usaremos el término conexión en un mapa conceptual para referirnos a una relación, ya sea explícita o implícita, entre dos nodos que contienen dos signos que refieren a sendos conceptos. Hablaremos de relaciones o proposiciones entre conceptos cuando dichas conexiones se transcriben o se consideren fuera del mapa conceptual.

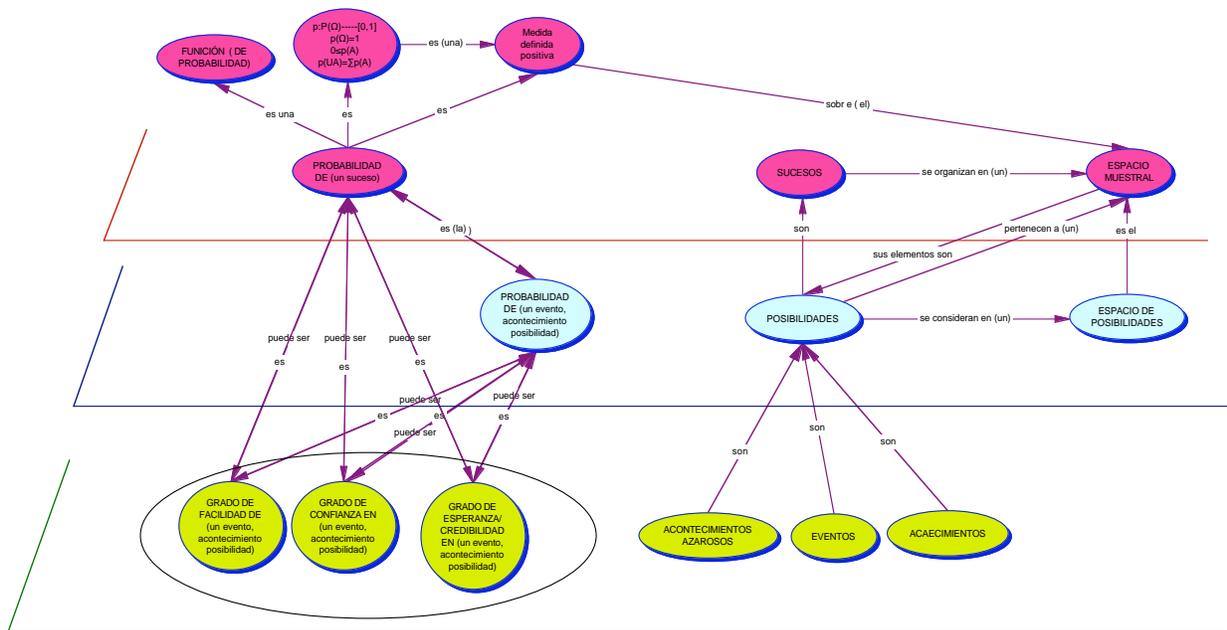
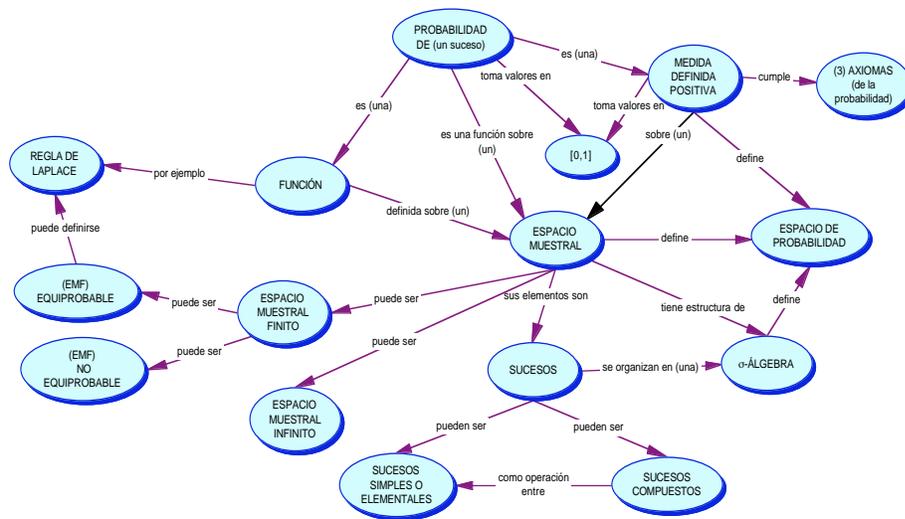


Figura 1: Mapa 1, ejemplo de representación multidimensional, aunque parcial, entre 3 planos de representación.

La consideración de la estructura matemática probabilidad es, en parte, casual. Sabemos de las vicisitudes por la que pasa habitualmente la enseñanza de la probabilidad en las escuelas primaria y secundaria, una enseñanza que puede calificarse, cuando se produce, como excesivamente formal y que usa, por tanto, un estrato más abstracto del SMS con el que se da cuenta de los problemas y de los aspectos teóricos implicados (Figura 2).



SUB-MAPA CONCEPTUAL DE PROBABILIDAD

2º NIVEL DE USO DE UN SMS.

Figura 2: Mapa 2, mapa de referencia en un plano de representación más abstracto.

Pero también hay un uso social de la probabilidad que produce, a su vez, aprendizajes espontáneos de conceptos relacionados y de los cuales hemos dado cuenta en el mapa conceptual en el mapa de la figura 3, en el que los conceptos se expresan en un estrato más concreto del SMS considerado.

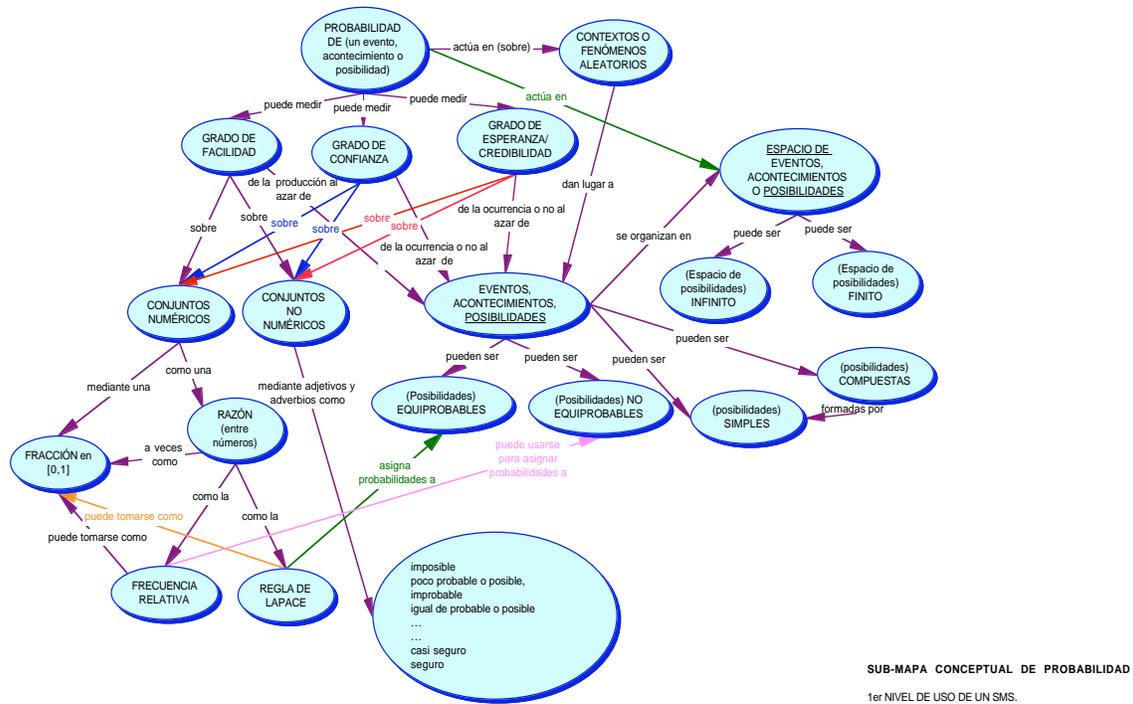


Figura 3: Mapa 3, mapa de referencia en un plano de representación más concreto.

3 Objeto de la Investigación

En esta investigación se pretende explorar la capacidad de los participantes de construir MCM multidimensionales en los supuestos siguientes: a) cuando los signos que se han de relacionar pertenecen a un estrato del SMS y b) cuando los signos que se han de relacionar pertenecen a estratos diferentes.

Teniendo presente pues los elementos teóricos propuestos en otros trabajos (Huerta, Granell y Galán, 2004; Huerta, 2006) y los párrafos precedentes, los objetivos de investigación pueden resumirse en los siguientes:

1. Analizar qué conceptos (representados por signos) se conectan con qué otros conceptos y de qué manera se conectan, cuando:
 - Las conexiones se establecen entre conceptos situados en cada uno de los dos planos de representación definidos por el mapa de referencia,
 - Las conexiones se establecen entre dos conceptos tomados cada uno en planos de representación diferentes.
2. Estudiar el proceso de construcción de los mapas conceptuales cuando se aportan sucesivamente los conceptos y los signos que refieren a esos conceptos, en un proceso continuo.

4 Método

4.1 El conjunto de conceptos proporcionados

En la Tabla 1 pueden verse los conceptos que se les proporcionó a los estudiantes organizados por fases. Tomados como conjunto, dichos conceptos constituyen un subconjunto de los conceptos que contiene el mapa de referencia, por lo que, razonablemente, el mapa conceptual que puede construirse con ellos es un sub-mapa del mapa de referencia.

Los conceptos (en mapas 2 y 3) pueden agruparse por la estructura parcial a la que responden. Así, siendo breves en esta descripción, hay un conjunto de conceptos que pretenden dar cuenta de la probabilidad como una medida; otro que da cuenta de cómo se mide y del resultado de dicha medida; y un tercero que da cuenta del

contexto en el que se mide, sobre qué se mide y cómo se organiza el qué. Además de estas agrupaciones, también se distinguen por niveles de uso de los signos con los que se expresan. Por otra parte, la forma aleatoria en la que se les presentó los conceptos a los participantes en la investigación no sugerían ni agrupamientos ni subestructuras y la forma parcelada y sucesiva en la que se iban presentando respondía claramente a la posibilidad de observar el cambio conceptual y la multidimensionalidad según se iban incorporando los conceptos al mapa conceptual que iba construyéndose.

4.2 Procedimiento para la obtención de los mapas conceptuales

El procedimiento de obtención de los mapas conceptuales de los participantes puede verse en la Tabla 1, organizada por conceptos, niveles o estratos del SMS, las tareas y el grado de dirigibilidad de la misma (Ruiz-Primo, 2000), según las distintas fases del proceso.

Fase (tiempo aprox.)	Conceptos	Nivel/estrato del SMS	Tarea	Grado de dirigibilidad de la Tarea
Inicial	-----	-----	Construir un mapa conceptual	Mínimo, tanto en conceptos como en relaciones y estructura
1 (45')	Probabilidad de, Grado de, Fenómenos o contextos aleatorios, Posibilidad, Fracción, Razón, Casi Seguro, Imposible, Improbable, Seguro	Primer nivel de representación /estrato concreto	Construir un mapa conceptual con esos conceptos. Pueden aportarse otros no listados.	Bajo en conceptos y mínimo en relaciones y estructura del mapa
2 (45')	Espacio de Posibilidades, Posibilidades equiprobables, Posibilidades no equiprobables, Frecuencia relativa, Regla de Laplace.	Primer nivel de representación /estrato concreto.	Incluir en el mapa los conceptos listados, estableciendo nuevas relaciones entre todos los conceptos	Bajo en conceptos y mínimo en relaciones y estructura del mapa
3 (45')	[0,1], Axiomas, Función, Medida definida positiva, Probabilidad de, Espacio muestral, suceso	Segundo nivel de representación /estrato más abstracto	Construir un mapa con estos conceptos /Incluir en el mapa estos conceptos	Bajo en conceptos y mínimo en relaciones y estructura del mapa
4 (45')	Espacio de probabilidad, Espacio Muestral Finito, Espacio Muestral Finito Equiprobable, Espacio Muestral Finito No Equiprobable, Espacio Muestral Infinito, Suceso, Suceso Compuesto, Suceso Imposible, Suceso Seguro, Suceso Simple o Elemental, Regla de Laplace.	Segundo nivel de representación /estrato más abstracto	Incluir en el mapa los conceptos listados, estableciendo nuevas relaciones entre todos los conceptos.	Bajo en conceptos y mínimo en relaciones y estructura del mapa
5 (Hasta finalizar)	Todos los conceptos listados	Dos planos de representación/ los dos estratos del SMS	Construir un Mapa Conceptual con todos los conceptos aportados	Bajo en conceptos y mínimo en relaciones y estructura del mapa.

Tabla 1. Descripción del procedimiento de investigación por fases, conceptos y tareas.

El proceso comenzó solicitando a los participantes que elaborasen, sin ninguna instrucción previa, un mapa conceptual sobre el concepto de probabilidad (fase inicial). Acabada la tarea, se recogieron los mapas producidos, codificándolos apropiadamente para posteriores análisis. Este mapa inicial no se devolvió a los participantes en la investigación, pero sí se hizo con los sucesivos mapas que iban a construirse a continuación, pues con ello se quería comparar la competencia inicial del participante tanto con la estructura conceptual como en la elaboración de un mapa conceptual.

La observación de la multidimensionalidad se llevó a cabo solicitando de los participantes la elaboración de mapas con conceptos representables en más de un plano. Así, se inició el proceso proporcionándoles un primer conjunto de 15 conceptos pertenecientes al Mapa 3 (Figura 3), divididos en dos fases, la primera con 10 conceptos y la segunda con 5. El objeto de estas dos fases, que también se repetirá en las siguientes, fue observar la capacidad de los participantes de construir mapas conceptuales con esos 10 conceptos y si la inclusión de 5 nuevos conceptos permitía establecer nuevas conexiones con los conceptos antiguos, manteniendo las conexiones existentes o modificándolas. Cada vez que se incorporaban nuevos conceptos el estudiante debía establecer conexiones con los ya existentes, de manera que, como los conceptos nuevos pertenecen a un plano de representación diferente, ahora esas conexiones darían información sobre las estructuras conceptuales representadas en un plano y entre planos, es decir, sobre la multidimensionalidad de las conexiones.

Terminada cada fase, se fotocopiaron los mapas de los estudiantes y se codificaron para poder analizar con posterioridad la evolución de los mismos. Se devolvían los mapas originales y se proporcionaban, a continuación, un nuevo grupo de conceptos, solicitando que éstos se incorporasen al mapa en construcción. Se dio, cada vez, el tiempo necesario para que se completara la tarea de manera que los participantes pudieran construir todas las conexiones que fueran capaces de representar. El proceso total de trabajo duró un tiempo no inferior a 3 horas, sin contabilizar en él el tiempo que algunos estudiantes dedicaron a la elaboración del mapa final, trabajo que se realizó fuera de la clase.

4.3 Los estudiantes

El contexto particular en el que se desarrolló esta investigación exigió que los participantes debían de ser alumnos universitarios. En nuestro caso, fueron alumnos del Curso de Aptitud Pedagógica en Matemáticas, curso de postgrado de 3 créditos (30 horas lectivas) sobre didáctica de las matemáticas ofrecido por la Universitat de València. Estos estudiantes no necesitaron de una enseñanza previa sobre probabilidad pero sí sobre mapas conceptuales, enseñanza que se desarrolló de un modo convencional.

En total participaron en la investigación 16 estudiantes. Cada uno de éstos elaboró un mínimo de 4 mapas y un máximo de 6, entre los que se cuentan el inicial y el final. Por diferentes motivos, solamente 6 estudiantes elaboraron el 6º mapa que pretendía ser el mapa conceptual de los mapas conceptuales. El papel de los investigadores durante la sesión fue el de gestionar el proceso que se ha detallado. El tiempo que cada estudiante dedicó a la elaboración de su mapa nunca fue un obstáculo para el trabajo global ya que los tiempos que se describen anteriormente nada más son aproximados y de ninguna manera se les consideró valores de una variable de investigación.

4.4 Recogida y organización de los datos

Hemos dicho en otras ocasiones (por ejemplo en Huerta, Granell y Galán, 2004) que, desde nuestro punto de vista, los datos proporcionados por los MCM individuales requieren un tratamiento cualitativo antes que cuantitativo, si lo que nos interesa son los procesos de significación en el uso de los conceptos para el establecimiento de proposiciones matemáticas que doten de significado a los conceptos representados en el mapa conceptual. No obstante, el tratamiento cuantitativo tiene su interés para la observación de la capacidad de la estructura cognitiva de un estudiante que está construyendo un mapa conceptual de matemáticas con un determinado “tamaño”, cuando el tamaño está descrito por los datos numéricos obtenidos.

La información proporcionada por los mapas conceptuales de los alumnos se tradujo a datos de naturaleza muy variada que hemos organizado en dos tipos de tablas. En unas (Tabla 2), el énfasis se puso en el recuento de los conceptos usados, distribuyendo los datos según una clasificación en pertinentes o no pertinentes a la estructura conceptual que se está representando; de primer o segundo nivel, si nos fijamos en la pertinencia del concepto y su ubicación en el plano de representación considerado en el mapa de referencia y si se proporcionan en la primera o segunda parte del proceso. También, en conceptuales (C) o no conceptuales (noC) si la no pertinencia del concepto usado tiene carácter conceptual o no. Además, se recoge también los datos macroscópicos referentes a las conexiones cuyo número total se distribuye en conexiones mencionadas (M) o no mencionadas (NoM), en función de si el usuario del mapa no sólo conecta signos sino que, además, establece claramente la conexión con una etiqueta, lo que permitirá reconocer cierto grado de competencia en la elaboración del MCM. Dichas conexiones se organizan atendiendo a su consideración de directas (D), indirectas, cruzadas (C), explícitas o implícitas (I), etc.,

aunque el análisis más minucioso de ellas se realiza mediante otro tipo de tablas (Tabla 3). En éstas, el énfasis de los datos numéricos se refieren a las conexiones representadas, atendiendo a la clasificación que de ellas hicimos en otro trabajo (Huerta, 2006). Estos datos permiten observar y analizar la capacidad de los estudiantes de establecer conexiones, tanto en un plano de representación como entre planos, distinguiendo esta capacidad en función de los tipos de conexiones. Esto nos permite ahora estudiar el grado de competencia en la elaboración del MCM, grado de competencia que puede asociarse no solo a la herramienta sino también a la capacidad de uso de los conceptos (signos) expresados en más de un estrato del SMS con el fin de establecer conexiones multidimensionales y de sus tipos.

4.5 *Análisis de los datos. Objeto del análisis.*

Designemos por M_{ij} un mapa conceptual construido por un participante cualquiera. Por (i, j) indiquemos el nivel o plano de representación i y el instante del proceso de obtención j . Completado el proceso, están a nuestra disposición una serie de mapas conceptuales por participante sujetos a análisis posteriores. Los análisis que son entonces pertinentes tienen que ver con:

- Análisis del mapa M_{ij}
- Análisis del mapa M_{ij} en relación con el mapa $M_{i, (j-1)}$
- Si $i > 1$, entonces análisis del mapa $M_{(i+1), j}$ en relación con el mapa M_{ij} .

El análisis de cada uno de los mapas M_{ij} tiene por objetivo analizar una estructura conceptual parcial representada por ese mapa. Este tipo de análisis es el que se corresponde con el tipo de estudio tradicional, esto es, el análisis de un mapa conceptual en un instante o en un momento dado. Pero, iniciado el proceso que describimos aquí, para cada nivel de representación i se analizan los sucesivos mapas M_{ij} para cada j en relación con los mapas $M_{i(j-1)}$, cumpliéndose entonces un doble objetivo: analizar el efecto que produce la incorporación de un nuevo conjunto de conceptos, identificados de nivel i en el mapa de referencia, en la estructura conceptual representada por el mapa M_{ij-1} , en el instante del proceso justo anterior y si este efecto supone un cambio conceptual en el participante y en qué sentido. Si el mapa de referencia considera más de un nivel de representación y el proceso investiga la capacidad de los participantes en la representación en más de un plano, entonces el análisis del mapa $M_{(i+1), j}$ en relación con el mapa M_{ij} , tiene por objeto analizar, entre otros, procesos de abstracción y concreción o ejemplificación de los conceptos representados en los mapas conceptuales en niveles de representación diferentes.

5 **Resultados en un ejemplo.**

En la Tabla 2 puede verse el número de conceptos usados por uno de los participantes, licenciado en Matemáticas, en su serie de mapas conceptuales construidos. Pero, tanto como los datos numéricos anteriores, son de interés también los aspectos cualitativos derivados de ellos. Así, son analizables, entre otros, bajo las preguntas qué y por qué: a) Conceptos usados y conceptos no usados; b) Conceptos que permanecen y conceptos que no permanecen; c) Conceptos usados que transforman su función dentro del mapa en la serie de mapas y d) Conceptos no listados que le son necesarios para dar sentido a la estructura representada.

A modo de ejemplo de lo que hemos mencionado antes, el participante, que estamos describiendo mediante la tabla 2, no usa en sus representaciones los conceptos proporcionados **Posibilidad** y **Razón**. En su lugar usa, respectivamente, **suceso aleatorio** y **fracción**. Del mapa inicial, el que llamamos mapa M_0 , permanece invariante una pequeña estructura formada por el concepto **Espacio de sucesos** y su clasificación en **Discreto** y **Continuo**, resultando así que la representación de la estructura probabilidad girará en torno a esta clasificación del espacio de sucesos.

Uno de los conceptos listados de 1er nivel y en la primera fase, **grado de confianza**, se usa como etiqueta —y no como nodo— para establecer una conexión mencionada que le permite clasificar los sucesos en **Seguro**, **Casi seguro**, **Improbable** e **Imposible**. Usar el concepto de grado de confianza (y no de facilidad, credibilidad o esperanza) para clasificar los sucesos y no relacionarlo conceptualmente con el de probabilidad, indica que este participante tiene una posición subjetiva para asignar la probabilidad a dichos sucesos. Un análisis más detallado de esto último nos hace pensar que existen relaciones implícitas cuando representa en el mapa, por ejemplo, **suceso seguro** y se conecta con **p=1**, ya que expresa una relación entre lo que se mide, $p(\text{suceso seguro})$, y el resultado de esa medida (1), siendo el grado de confianza la base con la que se realiza esa asignación.

Nodos	Conceptos Pertinentes				Conceptos no Pertinentes			Conexiones							
	1er Nivel	2º Nivel	No listados	Total	C	NoC	Total	M	NoM	T	D	C	I		
21	4	3	8	15	4	2	6	2	21	23	15	5	3		
Nodos	Conceptos Pertinentes					Conceptos no Pertinentes			Conexiones						
	1er Nivel		2º Nivel		NL	Total	C	NoC	Total	M	No M	Total	D	C	I
15	8	1	1	0	6	16	0	0	0	1	15	16	9	6	1
19	6	4	2	1	10	23	0	0	0	3	18	21	12	7	4
25	5	4	7	0	12	28	0	1	1	7	25	32	16	7	3
28	5	4	7	9	9	34	0	1	1	15	32	47	20	16	3
21,75	6	3,25	4,25	2,5	9,25	25,25	0	0,5	0,5	6,5	22,5	29	14,25	9	2,75

Tabla 2. Análisis cuantitativo de la serie de 5 mapas conceptuales de uno de los participantes en la investigación.

El concepto de probabilidad evoluciona desde su relación con fracción (no como razón), pasando por su relación con la frecuencia relativa y la regla de Laplace, estableciéndose una serie de conexiones implícitas entre estos tres conceptos: probabilidad, frecuencia relativa y regla de Laplace. Mientras esto ocurre el concepto de fracción desaparece también. Cuando se introducen aspectos relacionados con la definición formal de probabilidad, se producen dos sub-mapas no relacionados entre sí, al menos explícitamente. De una parte, se mantienen los conceptos anteriores constituyendo una pequeña estructura y de otra se crea una nueva, aparentemente independiente, con los conceptos medida, función, axiomas etc. No estamos seguros de que el participante relacionase, tampoco implícitamente, ambos sub-mapas.

Si el énfasis, hasta ahora, lo hemos puesto en los conceptos y su función dentro del mapa, también las conexiones y sus tipos tienen especial interés en los procesos de significación. En la tabla 3 pueden verse la distribución del número de conexiones según las distintas clases de conexiones identificadas y su evolución a lo largo del proceso. Como era de esperar, ninguna de las conexiones establecidas se clasificó como indirecta. Establecer este tipo de conexiones no parece que sea tan natural como lo pueda ser establecer las conexiones directas o cruzadas, independientemente del plano de representación. Esto puede decirse, al menos, en el contexto particular en el que se ha investigado. Este hecho permite hacernos una idea de hasta qué punto los sub-mapas que integran el mapa global representan realmente sub-estructuras conceptuales, ya que las conexiones indirectas, por su parte, aportan al mapa algo más que simplemente una cadena de conceptos distribuidos de alguna manera y conectados directamente según están dispuestos en la cadena. Mientras que éstas dan lugar a proposiciones que podemos llamar naturales, aquéllas dan lugar a proposiciones que contienen al menos a otras dos deducibles de sendas conexiones directas. Por otro lado, las conexiones cruzadas aportan proposiciones entre conceptos situados en sub-mapas distintos, lo que ciertamente da lugar, junto con las otras, a una verdadera estructura conceptual.

	Conexiones totales				Directas				Indirectas				Cruzadas				Implícitas			
	1.1	1.2	2.1	2.2	1.1	1.2	2.1	2.2	1.1	1.2	2.1	2.2	1.1	1.2	2.1	2.2	1.1	1.2	2.1	2.2
Del plano i al plano j																				
1→1	0	2	2	2	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
1→2	6	6	5	5	1	1	1	1	0	0	0	0	4	4	4	4	1	1	0	0
2→1	6	7	7	6	5	4	4	4	0	0	0	0	1	3	3	2	0	0	0	0
2→2	6	10	14	26	3	6	10	14	0	0	0	0	1	2	2	10	2	2	2	2
Totales	18	25	28	39	9	12	16	20	0	0	0	0	6	10	9	16	3	4	3	3

Tabla 3. Análisis cuantitativo de las conexiones establecidas en una serie de 4 mapas conceptuales.

6 Conclusiones

La metodología de obtención de los mapas conceptuales de los participantes que hemos presentado no solo permite explorar un mapa conceptual en un instante dado sino que permite, además, analizar la evolución de la representación de sus estructuras cognitivas mediante una serie de mapas conceptuales. Los análisis puntuales y comparados de dichos mapas permiten explorar en los estudiantes la multidimensionalidad de la representación y obtener conclusiones sobre el aprendizaje de una determinada estructura conceptual, cuando ésta se expresa mediante signos que pueden situarse en más de un estrato del sistema matemático de signos en el que es posible su representación.

Aunque siempre hemos abogado por los análisis cualitativos de los mapas conceptuales, con esta metodología de investigación es posible considerar un buen número de datos cuantitativos que pueden dar cuenta, esta vez, del tamaño de la estructura cognitiva del participante. Estos datos cuantitativos determinan, de una parte, el volumen de conceptos con los que el participante es capaz de armar una estructura cuando los representa como nodos en el mapa conceptual; de otra, la capacidad de establecer relaciones o proposiciones entre esos conceptos mediante la cantidad y la clasificación de las conexiones establecidas en los mapas; además de la complejidad de la estructura representada tanto por el número de conceptos —nodos— y su ubicación en diferentes planos de representación como por las conexiones entre ellos. Tamaño de la estructura cognitiva del participante que está así relacionada con el volumen de conceptos y de relaciones y con la complejidad en el uso de los signos para la representación de los conceptos, generalmente como nodos, y las conexiones entre nodos.

El aprendizaje se interpreta cualitativamente mejor si se considera la multidimensionalidad en los MCM. Esta interpretación está basada, por ejemplo, en una visión del aprendizaje de las matemáticas que contempla a los signos situados en un plano de representación superior (Mapa 2) como medios de organización de los fenómenos descritos por los signos situados en un plano de representación inferior (Mapa 3).

Lo que aquí hemos ofrecido como ejemplo debería estar sujeto a nuevas investigaciones con otras estructuras conceptuales y otros participantes. El objetivo de este conjunto de investigaciones debería ser aportar a la comunidad de investigadores en Educación Matemática una herramienta que teniendo su origen en otros campos su potencial en el nuestro está por precisar. Potencial del que hemos referido aquí un ejemplo y que está en relación con los datos que puede aportar y que tiene como finalidad aportar elementos para construir un marco teórico que permita (re)considerar la evaluación de los estudiante mediante mapas conceptuales de matemáticas o con contenido matemático.

7 Referencias

- Fillooy, E., 1999, *Aspectos teóricos del Algebra Educativa*. Grupo Editorial Iberoamericana: México D.F.
- Freudenthal, H., 1983, *Didactical Phenomenology of Mathematical Structures*. Dordrecht, Reidel.
- Huerta, M. P., 2006, Las conexiones entre conceptos en un mapa conceptual multidimensional de matemáticas. (Documento no publicado).
- Huerta, M.P.; Galán, E., Granell, R, 2004, *Concept Maps in Mathematics Education: A Possible Framework for Students' Assessment*, en <http://www.icme-organisers.dk/tsg27>
- Puig, L., 1997, Análisis fenomenológico, en Rico, L. (coord.), 1997, *La Educación Matemática en la Enseñanza Secundaria*, Cuadernos de formación del profesorado, nº 12, ICE Universitat de Barcelona, pp. 61-94. (Horsori: Barcelona).
- Puig, L., 2003, Signos, Textos y Sistemas Matemáticos de Signos, en Filloy, E. (ed), *Matemática Educativa: Aspectos de la Investigación Actual*. Fondo de Cultura Económica / CINVESTAV: México D.F., pp. 174-186.
- Ruiz-Primo, M., 2000, El uso de mapas conceptuales como instrumentos de evaluación del aprovechamiento en ciencias: lo que sabemos hasta ahora. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, vol. 2, (1). Read on November 30, 2001 at <http://redie.ens.uabc.mx/vol2no1/contenido-ruizpri.html>.
- Steinbring, H., 2006, What Makes a Sign a Mathematical Sign? – An Epistemological Perspective on Mathematical Interaction, *Educational Studies in Mathematics* (on line).