

## UTILIZACIÓN DE MAPAS CONCEPTUALES PARA EL ESTUDIO DE LA ESTRUCTURA MOLECULAR Y ESPECTROSCOPÍA MEDIANTE UN CÍRCULO DE APRENDIZAJE

*M<sup>a</sup> Isabel Suero, Guadalupe Martínez, Ángel Luis Pérez & Pedro J. Pardo, Universidad de Extremadura, España*  
Email: [mmarbor@unex.es](mailto:mmarbor@unex.es), <http://grupoorion.unex.es>

**Abstract.** En este trabajo se presenta una experiencia didáctica innovadora que combina simultáneamente dos metodologías de aprendizaje, los mapas conceptuales y los círculos de aprendizaje, utilizando una técnica de trabajos cooperativos denominada rompecabezas o Jigsaw. La experiencia se ha llevado a cabo en el curso académico 2010/2011 con alumnos universitarios de la Facultad de Ciencias en la Universidad de Extremadura (España). El objetivo de fusionar distintas metodologías de enseñanza ha sido que los alumnos se impliquen de una manera más activa en su propio proceso de aprendizaje. Los resultados obtenidos en este trabajo, en las rúbricas de evaluación y en las encuestas de satisfacción, nos han permitido comprobar que el uso de estas metodologías combinadas en las aulas universitarias consolidan de una manera más robusta los conocimientos adquiridos por los alumnos, ya que han permitido a los estudiantes recibir una retroalimentación inmediata y positiva sobre los conceptos más relevantes en el tema de estudio, negociar los significados de los contenidos abarcados e integrar en sus estructuras cognitivas nuevas relaciones semánticas.

### 1 Introducción

#### 1.1 *El Círculo de Aprendizaje para la Construcción colaborativa del conocimiento*

El círculo de Aprendizaje se basa como fundamento teórico en la teoría constructivista del aprendizaje, para autores como Bybee (1997), el constructivismo es un modelo interactivo y dinámico de cómo aprenden los alumnos. En este contexto, el círculo de Aprendizaje es un entorno interactivo que permite construir, compartir y adquirir el conocimiento basándose en una estructura grupal participativa que puede llevarse a cabo entre alumnos de una misma aula o alumnos de distintos centros a través de plataformas de e-learning, tanto en contextos formales como informales. (Martínez, Pérez, Suero & Pardo, 2010)

El círculo de aprendizaje es una estructura para el trabajo colaborativo que comparte algunos rasgos con otros tipos de aprendizaje basados en grupos de alumnos, pero también difiere en determinados aspectos específicos. Por ejemplo, para Riel & Polin (2004), el círculo de aprendizaje es una comunidad de aprendizaje basada en la realización de distintas tareas, en contraste con otros autores que consideran que está basada en la práctica o en el conocimiento. De este modo, en lugar de una tarea de grupo compartida, los círculos de aprendizaje se centran en un conjunto de tareas más pequeñas, cada una de ellas dirigida por uno de los participantes del círculo.

La metodología de trabajo en un círculo de aprendizaje implica la construcción del conocimiento a través del desarrollo de las tareas individuales y grupales, potenciando actitudes tales como la confianza, reflexión y diálogo, con el objetivo de lograr una comprensión más profunda de los contenidos tratados, mediante el diseño de actividades de aprendizaje cooperativo para ampliar conocimientos y habilidades. En la etapa final del círculo de aprendizaje se elabora como resultado un informe que puede constar de un documento escrito, un resumen, las pautas para la resolución de los problemas propuestos o en nuestra experiencia en particular, mapas conceptuales.

En este tipo de metodología de aprendizaje, la tarea de dirigir, enseñar y aprender recae en todos y cada uno de los integrantes del círculo. De este modo, cada participante en un círculo de aprendizaje acepta su responsabilidad personal por el éxito del círculo. Cada miembro se compromete a liderar una actividad y especializarse en el contenido de la misma para ayudar al grupo a profundizar sus conocimientos en ese tema, y por tanto, todos los miembros del círculo participan en las actividades y tareas del resto de compañeros. Es decir, hay tanto líderes como participantes. De esta manera, el círculo de aprendizaje es una estrategia que permite a los participantes desarrollar sus habilidades para conseguir una construcción del conocimiento entre todos los alumnos integrantes del círculo. Para Scardamalia (2002), es esencial en un círculo de aprendizaje que exista una "responsabilidad colectiva cognitiva" para la construcción del conocimiento. En este contexto, el proceso de enseñanza en este modelo es un proceso de creación y reconstrucción de materiales y herramientas didácticas para compartirlas, discutir las y rediseñarlas entre los que integran el círculo, permitiendo un proceso de reconstrucción del conocimiento.

Teniendo en cuenta las características del proceso de enseñanza basado en los círculos de aprendizaje, el objetivo por el que nuestro grupo de investigación ha realizado este tipo de experiencias ha sido facilitar el intercambio estructurado de la información para transformarla en conocimiento, tratando de mirar desde la perspectiva de los demás, es decir, partir de la estructura cognitiva previa de cada alumno y a raíz de ella, proporcionar nuevos conocimientos basados en nuevas estructuras conceptuales a partir de una retroalimentación positiva del conocimiento.

## *1.2 Los mapas conceptuales como herramientas base en los círculos de Aprendizaje*

Algunos autores han mostrado la eficacia de los mapas conceptuales como herramientas didácticas cognitivas (Cifuentes & Hsieh, 2003; Kwon & Cifuentes, 2007) tanto si son construidos de manera individualizada por los alumnos como si se construyen de manera colaborativa donde son aún más eficaces (Kwon & Cifuentes, 2009; Haugwitz, Nesbit & Sandman, 2010). Concretamente, nuestro grupo de investigación tiene una amplia experiencia en trabajar con mapas conceptuales en la práctica docente, por lo que desde hace algunos años venimos adoptando esta herramienta didáctica como metodología de trabajo para la enseñanza de la Física. (Pérez, Suero, Montanero & Pardo, 2001; Pérez, Suero, Pardo & Montanero, 2006; Pérez, Suero, Montanero, Pardo & Montanero, 2009; Pérez, Martínez, Suero & Pardo, 2010).

En la experiencia que presentamos en esta ocasión, hemos unido la potencialidad didáctica de los mapas conceptuales con la metodología de los círculos de aprendizaje, utilizando los mapas conceptuales como las herramientas base de los círculos de aprendizaje. Los mapas conceptuales han sido realizados con el programa CmapTools (Cañas et al. 2004) para facilitar la construcción del conocimiento en los alumnos, debido a las características dinámicas, cognitivas y tecnológicas de este software, pues permite una reconstrucción colaborativa de los mapas conceptuales que se han ido elaborando en la técnica grupal, promoviendo un proceso cognitivo colectivo entre todos los alumnos participantes.

Cada miembro del círculo es el creador de una de las actividades de aprendizaje del círculo, que están basadas en los mapas conceptuales. Cada uno de estos mapas conceptuales elaborados se utiliza en el trabajo grupal para llevar a cabo una construcción significativa del conocimiento a través de la reelaboración de los mapas individuales y de la cohesión de los mismos para dar lugar a un mapa final y a una exposición grupal que reúna las proposiciones y estructuras semánticas reconstruidas que aparecen en los mapas consensuados por los integrantes del círculo de aprendizaje. Este resultado final del trabajo grupal es lo que en un círculo de aprendizaje estándar se conoce como informe del proyecto, y que para algunos autores como Bereiter (2004) se denominan “artefactos conceptuales”. El diseño del informe final, o en nuestra experiencia del mapa final, es un esfuerzo de colaboración y organización de cada uno de los alumnos participantes en el círculo de aprendizaje, y es la imagen visual de la estructura cognitiva que tiene la parte del grupo de trabajo que participa en la elaboración del mismo. Por otro lado, la utilización del Cmaptools como soporte tecnológico para el desarrollo de los mapas conceptuales hace que sea más fácil, para los grupos de trabajo, la integración de textos, gráficos, enlaces web y animaciones en los distintos mapas conceptuales, haciendo más sencillo el diseño, modificación de proposiciones, enlaces cruzados, adición de recursos y reelaboración de los mismos para la construcción grupal de conocimiento tanto de manera asincrónica como sincrónica.

Una de las ventajas del círculo de aprendizaje frente al trabajo individual es el diálogo abierto entre los distintos miembros del círculo. Esta discusión presencial, que es llevada a cabo en el aula, sobre los contenidos tratados es fundamental para la construcción del conocimiento, pues cada alumno expone y defiende ante el resto de compañeros las proposiciones que componen su respectivo mapa conceptual, permitiendo establecer un debate crítico y constructivo sobre las estructuras semánticas incluidas en los mapas. En este contexto, es posible que el alumno modifique la estructura cognitiva original de su mapa conceptual si el resto de compañeros le hacen ver que hay una estructura semántica más idónea para los conceptos trabajados.

Por otro lado, como cada alumno es a la vez líder y participante en el círculo de aprendizaje, es necesario que los compañeros estén dispuestos a colaborar con ellos en el mapa conceptual que originalmente tienen asignado. Y de manera recíproca, tendrán que organizar el proceso de reconstrucción del mapa a través de las posibilidades colaborativas que ofrece CmapTools. Con esta metodología se garantiza la posibilidad de producir cambios conceptuales en las estructuras cognitivas de los alumnos, pudiendo erradicar posibles preconcepciones erróneas que a priori tuvieran sobre determinados contenidos (Suero, Pérez, Montanero, Pardo & Montanero, 2009).

### 1.3 El trabajo Cooperativo y la técnica del Rompecabezas o Jigsaw

La novedad del trabajo que se presenta es la combinación de técnicas colaborativas y cooperativas para la elaboración de modelos de conocimiento basados en mapas conceptuales. La idea de incluir técnicas de aprendizaje cooperativo viene justificada porque algunos autores consideran que este tipo de metodologías mejoran la calidad de las estrategias de aprendizaje, desarrollan estrategias de procesamiento de la información, favorecen el pensamiento crítico y constructivo, y la capacidad de comunicación y expresión (León, 2007). Para este autor, además de las consecuencias positivas a nivel cognitivo, el aprendizaje cooperativo produce resultados de gran interés pedagógico: motivación intrínseca, actitudes positivas hacia la materia, autoestima, apoyo social, cohesión grupal, participación etc.

Autores como Echeita (1995) o Johnson y Johnson (1989) consideran que hay tres requisitos básicos para lograr un aprendizaje cooperativo. El primero remite a la existencia de una tarea grupal, de un objetivo que los alumnos que trabajan conjuntamente deben alcanzar como grupo. El segundo implica la resolución de esa tarea o problema que requiere la contribución de todos y cada uno de los componentes del grupo. El tercero se refiere a los recursos del grupo tanto desde el punto de vista de la regulación de las relaciones interpersonales, como en lo relativo al desarrollo y ejecución de la tarea. Teniendo en cuenta estas características, en el trabajo que presentamos se presenta una experiencia didáctica innovadora que combina simultáneamente en la metodología de aprendizaje, los mapas conceptuales y los círculos de aprendizaje, a través de la utilización de la técnica de trabajos cooperativos denominada rompecabezas o Jigsaw.

## 2 Metodología y desarrollo de la Investigación

La técnica de aprendizaje cooperativo que se ha propuesto tiene como objetivo adquirir los conocimientos fundamentales sobre algunos contenidos del temario de estructura molecular y espectroscopía. Esta técnica se ha llevado a cabo con alumnos de segundo ciclo de la Facultad de Ciencias en la Universidad de Extremadura (España) en 7 sesiones de 2 horas durante el curso académico 2010/2011. Se realizó con los alumnos una técnica grupal que combinaba las técnicas del “rompecabezas” y la de “mapas conceptuales colaborativos” utilizando la metodología de un círculo de aprendizaje.

La técnica del Rompecabezas o Jigsaw consiste en dividir el material académico en tantas partes o fragmentos como miembros tiene el equipo. De este modo, cada alumno recibe un trozo del tema sobre el que tendrá que trabajar. A continuación, los alumnos de los diferentes grupos que tienen el mismo fragmento se reúnen en "grupos de expertos", donde se discute y se profundiza en la información de cada parte. Por último, cada estudiante vuelve a su grupo y enseña al resto de compañeros lo que ha aprendido. Entre todos intentan resolver dudas, aclarar, preguntar, explicar... con el objetivo de aprender todo el material.

Durante la realización de la experiencia, el papel del profesor ha sido:

- Planificar y organizar la actividad: Prepara el tema, formar los grupos, explicar las técnicas, entregar el material y la bibliografía a utilizar.
- Realizar el seguimiento de la actividad: Resolver las dudas, animar a los estudiantes a participar, conseguir que se alcancen los objetivos propuestos para el estudio del tema.
- Evaluar los contenidos y el dominio de los mismos alcanzado por los alumnos.
- Evaluar la Participación y el Proceso llevado a cabo.

El desarrollo de la actividad ha consistido en:

### Fase 1: Formación de grupos

Los alumnos que han formado parte de la experiencia se dividieron aleatoriamente en 4 grupos de 4 alumnos. Se denotó a los grupos por A, B, C, D y a los alumnos que los constituían por 1, 2, 3, 4.

Cada grupo de alumnos recibió la información relativa a los contenidos sobre los que iban a trabajar, de modo que todos los grupos (A, B, C y D) recibieron el contenido desglosado a modo de rompecabezas en cuatro temas:

- Tema 1: Introducción a la Espectroscopía
- Tema 2: Radiación electromagnética
- Tema 3: Espectros Atómicos
- Tema 4: Espectroscopía de UV-VIS.
  - La figura 1 muestra cómo se llevó a cabo la distribución de los alumnos en los grupos de trabajo según los distintos temas asignados.

|          | Tema 1    | Tema 2    | Tema 3    | Tema 4    |
|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Equipo A | Alumno A1 | Alumno A2 | Alumno A3 | Alumno A4 |
| Equipo B | Alumno B1 | Alumno B2 | Alumno B3 | Alumno B4 |
| Equipo C | Alumno C1 | Alumno C2 | Alumno C3 | Alumno C4 |
| Equipo D | Alumno D1 | Alumno D2 | Alumno D3 | Alumno D4 |

**Figura 1.** Distribución de los alumnos en los grupos de trabajo según los distintos temas asignados.

### Fase 2: Elaboración Individual de Mapas conceptuales con Cmaptools

Antes de la primera reunión grupal, cada alumno elaboró de manera individualizada un mapa conceptual sobre uno de los temas, así, el alumno nº 1 de los grupos A, B, C y D elaboró un mapa conceptual sobre el tema 1, el alumno nº 2 de los grupos A, B, C y D elaboró un mapa conceptual sobre el tema 2, el alumnos nº de 3 de los grupos A, B, C y D elaboró un mapa conceptual sobre el tema 3 y el alumno nº 4 de los grupos A, B, C y D elaboró un mapa conceptual sobre el tema 4.

### Fase 3: Formación de Grupos de Expertos: Elaboración de Mapas Conceptuales Colaborativos

Los alumnos que habían realizado de manera individual los mapas conceptuales sobre un tema se reunieron en grupos para profundizar y discutir sobre el tema que tenían asignado. De este modo se constituyeron 4 grupos de expertos, constituidos por los alumnos de la siguiente manera: El grupo de expertos numero 1 estaba formado por los alumnos asignados por 1, el grupo de expertos número 2 por los alumnos asignados por 2 etc. Cada grupo de expertos se reunió para elaborar un mapa conceptual de manera colaborativa basándose en los mapas individuales aportados por sus componentes. De esta manera, se obtuvo un mapa conceptual consensado sobre el tema designado a cada uno de ellos. En esta fase, cada alumno pudo comparar su mapa individual con el mapa elaborado por el equipo de expertos de modo que pudo identificar sus errores conceptuales, sus enlaces entre conceptos y negociar los significados y las nuevas estructuras semánticas que aparecieron en los mapas elaborados colaborativamente. La figura 2 muestra la distribución de los alumnos para la formación de los grupos de expertos.



**Figura 2.** Distribución de los alumnos para la formación de los grupos de expertos

### Fase 4: Los expertos vuelven a sus respectivos grupos

En esta fase, los expertos volvían a sus respectivos grupos y cada alumno explicaba al resto del grupo el mapa consensado sobre el tema que había trabajado. Cada uno de los grupos (A, B, C y D) debía elaborar un mapa completo y general sobre todos los temas a partir de los mapas de cada experto, estableciendo relaciones cruzadas entre todos ellos y reunificando aquellos conceptos comunes entre los distintos mapas individuales consensados por los expertos.

### Fase 5: Reparto del material: Resolución de problemas

Se repartieron 4 enunciados de problemas sencillos sobre los diferentes temas. Cada grupo (A, B, C, D) debía resolver los 4 problemas simples y proponer el enunciado de un problema más complejo que englobase contenidos de todos los temas.

### Fase 6: Segunda sesión de expertos.

Cada grupos de expertos (1, 2, 3, y 4) resolvió uno de los problemas (el relacionado con el tema del cual elaboraron el mapa en la sesión anterior). Una vez encontrada la solución volvieron a sus respectivos grupos (A, B, C y D) para realizar una exposición sobre la resolución del problema. De este modo, cada grupo (A, B, C y D) obtuvo las soluciones a los cuatro problemas elaboradas por los grupos de expertos (1, 2, 3 y 4).

### Fase 7: Trabajo y Exposición Grupal

Por último, cada grupo (A, B, C y D) propuso al siguiente (el A al B, el B al C, el C al D y el D al A) el problema global que habían planteado. Una vez resuelto cada grupo (eligió a un portavoz) y expuso al resto de grupos (a los 16 alumnos) el planteamiento y la resolución del problema junto con el mapa conceptual global elaborado. Una vez realizadas las 4 exposiciones, toda la clase (por votación y mediante consenso) eligió el mapa conceptual que consideró más completo y mejor estructurado.

### Fase 8: Evaluación de la actividad:

Para la evaluación de la actividad desarrollada se tuvo en cuenta la:

- *Evaluación de los mapas individuales realizados al inicio de la actividad por cada alumno:* Esta evaluación la realizó el profesor y se apoyó en los comentarios del resto de alumnos que componían cada grupo de expertos.
- *Evaluación de los mapas consensuados por los expertos:* Cada mapa consensuado se evaluó por el resto de grupos de expertos, así, el grupo de expertos 1 evaluó los mapas del grupo de expertos 2, 3 y 4.
- *Evaluación de los problemas por los expertos:* Cada problema fue corregido por un grupo de expertos diferente al que ha dado la solución original, de este modo, el problema asignado al grupo 1 lo corrigió el grupo 2, el asignado al grupo 2 lo corrige el grupo 3 ... etc.
- *Evaluación Global:* La realizó el profesor atendiendo a las exposiciones de cada grupo A, B, C y D sobre el mapa conceptual global realizado y el problema general resuelto.
- *Evaluación de la metodología llevada a cabo:* Se llevo a cabo una encuesta de satisfacción en la que los alumnos mostraron su opinión sobre la metodología de enseñanza que se había utilizado.

En las Figura 3 y 4 se presentan algunos de los Mapas Conceptuales realizados por los alumnos, el resto mapas se encuentran alojados en nuestro sitio Cmap “Universidad de Extremadura(España)” dentro de la carpeta “Comunicaciones a Congresos”. También se puede acceder a ella a través de la dirección web: <http://grupoorion.unex.es:8001/servlet/SBReadResourceServlet?viewhtml> donde pueden ser utilizados de manera interactiva mediante la aplicación informática CmapTools.

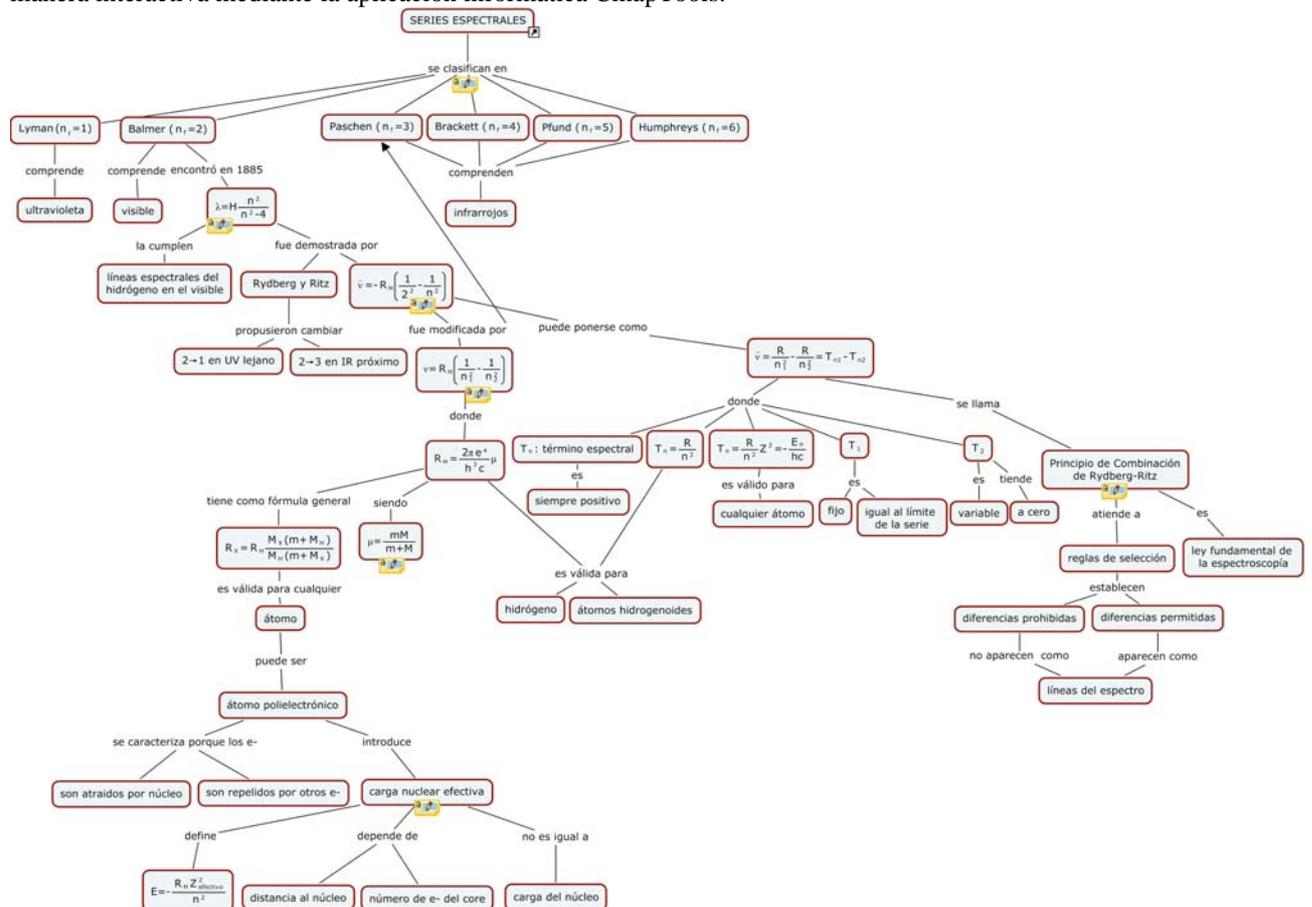


Figura 3. Mapa Conceptual sobre Series Espectrales (MCA3)

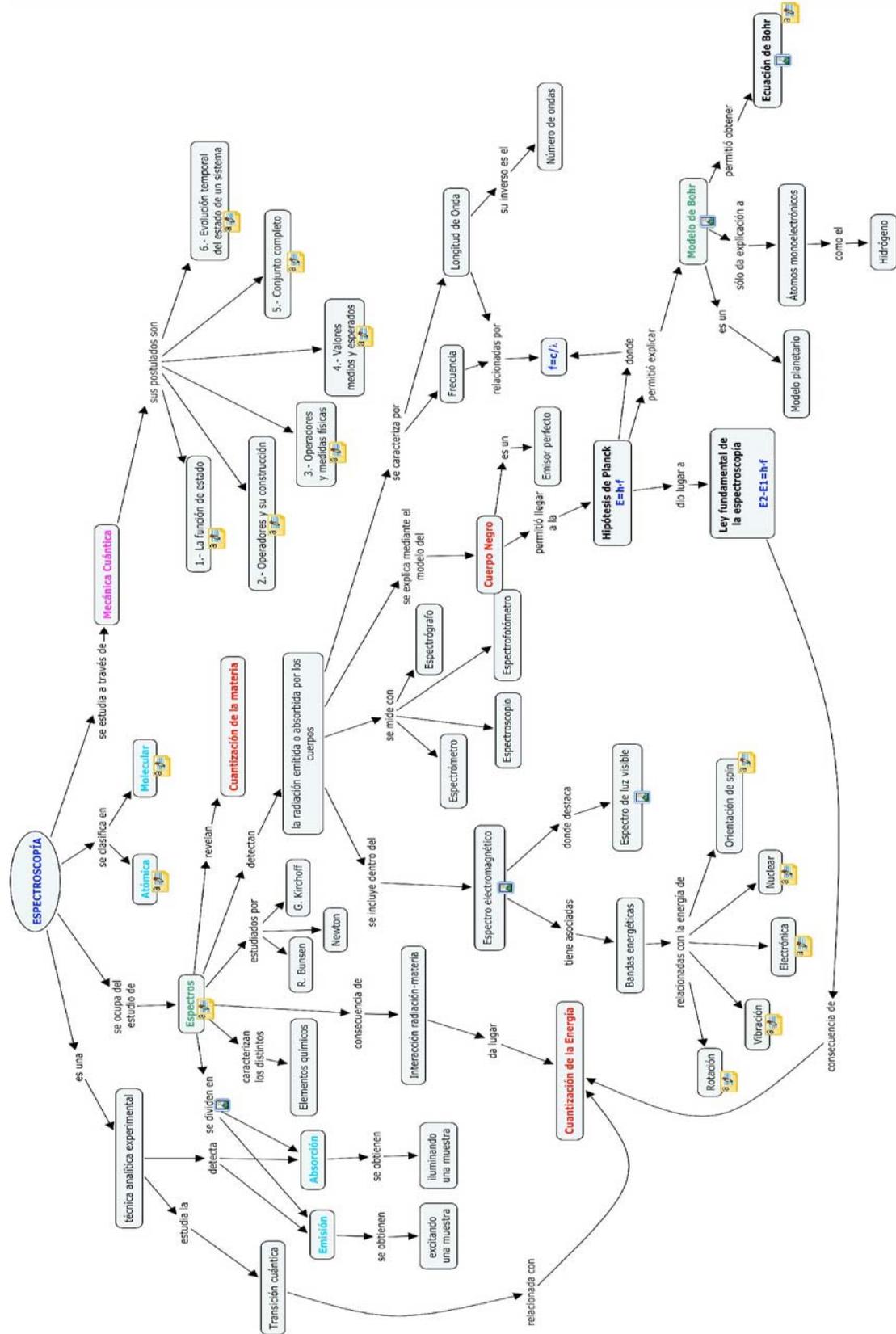


Figura 4. Mapa Conceptual sobre Introducción a la Espectroscopía (MCB1)

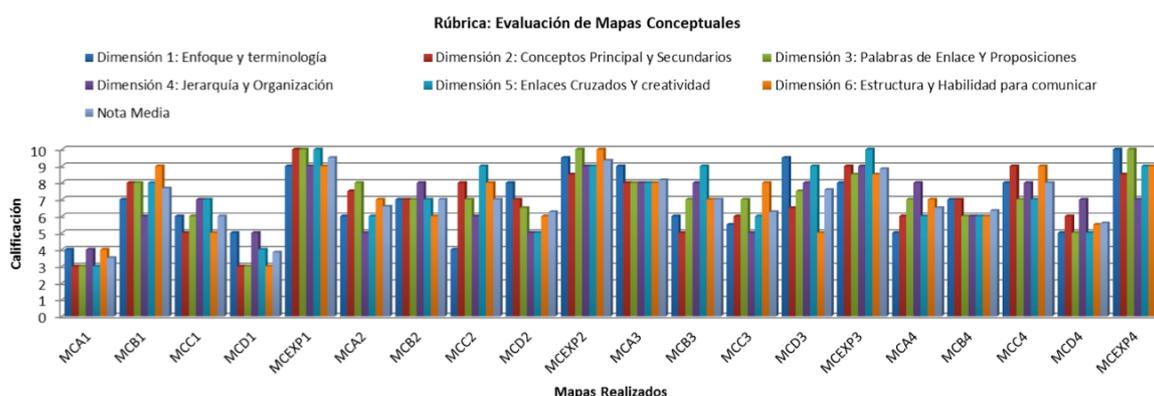
### 3 Resultados y Conclusiones

La evaluación de los mapas conceptuales descrita en la fase 8 del apartado anterior, se llevó a cabo mediante una rúbrica (Domínguez, 2010). La rúbrica es una matriz de valoración en la que se establecen los criterios e indicadores con unas escalas para determinar la calidad de la actividad a evaluar. El objetivo de utilizar este instrumento de evaluación, fue ofrecer al profesor y a los alumnos una herramienta que facilitase la interpretación y la valoración de los mapas conceptuales, tanto los elaborados individualmente por los alumnos, como los elaborados de manera colaborativa por los grupos de expertos. Las dimensiones a evaluar fueron las que se muestran en la tabla 1:

|   |   |  |
|---|---|--|
| Dimensión 1:<br><b>Enfoque y Terminología</b>   | Dimensión 2:<br><b>Conceptos Principal y Secundario</b> | Dimensión 3:<br><b>Palabras de enlace y Proposiciones</b>    |
| Dimensión 4:<br><b>Jerarquía y Organización</b> | Dimensión 5:<br><b>Enlaces Cruzados y Creatividad</b>   | Dimensión 6:<br><b>Estructura y Habilidad para comunicar</b> |

**Tabla 1:** Dimensiones de la rúbrica utilizada para evaluar los mapas conceptuales.

La rúbrica completa con el criterio de valoración explicado puede descargarse en la página web <http://grupoorion.unex.es>. En la figura 5 se representan gráficamente las calificaciones obtenidas en la evaluación de los mapas individuales y de los grupos de experto tras la aplicación de la rúbrica de evaluación.



**Figura 5.** Calificaciones obtenidas en la evaluación de los mapas conceptuales individuales y de los grupos de experto.

En el histograma de la figura 5 podemos apreciar que, en todas las dimensiones que componen la rúbrica, existe una diferencia positiva entre las valoraciones de los mapas realizados por los grupos de experto (MCEXP1, MCEXP2, MCEXP3 y MCEXP4) frente a las de los mapas individuales de la misma temática. Puede observarse por ejemplo, que la dimensión 1 del MCEXP1 tiene una valoración de 9 puntos y la dimensión 1 del MCA1 tiene una valoración de 4, luego hay una diferencia de 5 puntos a favor del mapa de experto. Calculando las calificaciones promedias, en los mapas de experto hay un incremento medio frente a los mapas individuales de 4,25 puntos para el tema1, de 2,6 puntos para el tema 2, de 1,25 puntos para el tema 3 y de 2,4 puntos para el tema 4. Este resultado, que supone un incremento medio del 26,25%, es estadísticamente significativo y refuerza la hipótesis de que el aprendizaje colaborativo y los trabajos grupales cooperativos dan un valor añadido al aprendizaje, potenciando que se produzcan aprendizajes más significativos tras la reconstrucción grupal de los conocimientos individuales.

Por otro lado, se llevó a cabo una encuesta de satisfacción en la que los alumnos podían mostrar su opinión sobre la metodología seguida en esta experiencia. La información recogida en estas encuestas se puede resumir en que el Círculo de aprendizaje basado en mapas conceptuales, proporcionó no sólo un ambiente más dinámico y ameno en el aula, sino que además, se consiguió un aprendizaje más eficiente, a raíz de la retroalimentación inmediata y positiva que tuvo lugar en las sesiones de los grupos de expertos. En dichas sesiones, los mapas individuales se discutieron y re-elaboraron entre todos los miembros del círculo, consolidando de una manera más robusta los conocimientos adquiridos por los alumnos sobre los conceptos más relevantes en el tema de estudio, lo que permitió negociar los significados de los contenidos abarcados e integrar las nuevas relaciones semánticas en sus estructuras cognitivas.

### 4 Agradecimientos

Gracias al Gobierno de Extremadura por su ayuda GR10102, parcialmente financiada por FEDER.

## 5 Referencias

- Bybee, R.W. (1997). *Achieving scientific literacy: From purposes to practices*. Portsmouth, NH: Heinemann.
- Bereiter, C. (2004). Education and mind in the knowledge age. *British Journal of Educational Psychology*, 74, 127–138. Wiley Online Library.
- Cañas, A. J., Ford, K. M., Coffey, J., Reichherzer, T., Carff, R., Shamma, D., & Breedy, M. (2000). Herramientas para Construir y Compartir Modelos de Conocimiento basados en Mapas Conceptuales. *Revista de Informática Educativa*, 13(2), 145-158.
- Cañas, A. J., Hill, G., Carff, R., Suri, N., Lott, J., Eskridge, T., et al. (2004). CmapTools: A Knowledge Modeling and Sharing Environment. En A. J. Cañas, J. D. Novak & F. M. González (Eds.), *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology. Proceedings of the First International Conference on Concept Mapping* (Vol. I, pp. 125-133). Pamplona, España: Universidad Pública de Navarra.
- Cifuentes, L., & Hsieh, Y.C. (2003). Visualization for construction of meaning during study time: A quantitative analysis. *International Journal of Instructional Media*. Vol. 30 issue 3. 263-273.
- Domínguez, L.S. (2010). Rúbrica y puntaje del mapa conceptual. Una propuesta para la evaluación de mapas conceptuales en Educación Superior. (Tesis de Maestría). México
- Echeita, G. (1995). El aprendizaje cooperativo. Un análisis psicosocial de sus ventajas respecto a otras estructuras de aprendizaje. En P. Fernández y A. Melero (Comps), *La interacción social en contextos educativos*. Madrid: Siglo XXI.
- Haugwitz, M., Nesbit, J.C., & Sandmann, A. (2010). Cognitive ability and the instructional efficacy of collaborative concept mapping. *Learning and Individual*.
- Kwon, S.Y., & Cifuentes, L. (2007). Using computers to individually-generate vs. Collaboratively-generate concept maps. *The Journal of Educational Technology and Society*, 10(4), 269–280.
- Johnson, D.W., Johnson, R., Holubec, E. & Roy, P. (1984). *Circles of learning. cooperation in the classroom*. Alexandria, VA. Association for Supervision and Curriculum Development.
- Jonassen, D.H. (2000) *Computers as mindtools for schools: Engaging critical thinking*. Prentice Hall
- Kwon, S.Y., & Cifuentes, L. (2009). The comparative effect of individually-constructed vs. Collaboratively-constructed computer-based concept maps. *Computers & Education* 52: 365–375.
- Leon del Barco (2007) Elementos mediadores en la eficacia del aprendizaje cooperativo: Entrenamiento previo en habilidades sociales y dinámica de grupos. *Anales de psicología*, 22(1), 105-112
- Martínez, G., Pérez, A.L., Suero, M.I., & Pardo, P.J. (2010). Los círculos de aprendizaje como actividad colaborativa a través de la plataforma Moodle. Experiencia en el Máster universitario en Formación del Profesorado de Educación Secundaria de la Universidad de Extremadura (España). *The First International Conference on ICT and Education*.
- Pérez, A.L., Suero, M.I., Montanero, M. & Pardo, P.J. (2001). Three-dimensional conceptual maps: an illustration for the logical structure of the content of optics. *International Conference Physics Teacher Education Beyond 2000. Selected Contributions*. R. Pinto & S Suriñach. ISBN 2-84299-312-8; pp.603-604. Editorial Elsevier Francia.
- Pérez, A.L., Suero, M.I.; Pardo, P.J. & Montanero, M. (2006) Utilización de Cmaps para mejorar los conocimientos relativos a la luz mediante su reconstrucción colaborativa. En A. J. Cañas & J. D. Novak (Eds.), *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology. Proceedings of the Second International Conference on Concept Mapping*. San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- Pérez, A.L. Martínez, G. Suero M.I. & Pardo P.J. (2010). “Determinación experimental del incremento de aprendizaje obtenido mediante la utilización de Mapas Conceptuales y CmapTools. Comparación de la cantidad de aprendizaje sobre las Fibras Ópticas conseguido utilizando Mapas Conceptuales y sin utilizarlos” En J. Sánchez, A. J. Cañas, J. D. Novak (Eds.), *Concept Maps: Making Learning Meaningful, Proc. of the Fourth Int. Conference on Concept Mapping*, Viña del Mar, Chile: Universidad de Chile.
- Riel, M. & Polin, L. (2004) *Learning Communities: Common Ground and Critical Differences in Designing Technical Support*. In Barab, S. A., Kling, R., & Gray, J. (Eds.). *Designing for Virtual Communities in the Service of Learning*. Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Scardamalia, M. (2002). Collective cognitive responsibility for the advancement of knowledge. In B. Smith (Eds.), *Liberal education in a knowledge society* (pp. 76-98). Chicago: Open Court.