

## ELICITACIÓN DE LOS MODELOS MENTALES CONSTRUIDOS POR LOS ESTUDIANTES MEDIANTE MAPAS CONCEPTUALES Y SU VALORACIÓN POR COMPARACIÓN CON MAPAS EXPERTOS

### (USING CONCEPT MAPS TO ELICIT MENTAL MODELS CONSTRUCTED BY STUDENTS AND THEIR ASSESSMENT BY COMPARING THEM TO EXPERT MAPS)

*Jesús M. Salinas I & Johanna B. Ayala Moreno*  
*Doctorado en Tecnologías Educativas, Universidad de las Islas Baleares, España*  
*Email: [johannabeatriz@gmail.com](mailto:johannabeatriz@gmail.com), [jesus.salinas@uib.es](mailto:jesus.salinas@uib.es)*

**Abstract.** According to Novak and Cañas, Conceptual Maps have proven to be valid valuations of cognitive structures, which allows the assessment of the Mental Models that students construct as a result of their learning experiences in the classroom. The results of empirical tests of a proposal of mediation in the ecology of the classroom for the efficient use of simulators are presented, with a group of ninth grade students in the technology class. It seeks to verify that the experiences provided by the simulators encourage students to challenge, build and test their Mental Models. After experimenting with the Robomind simulator, the tools of CmapTools are used to evaluate the Conceptual Maps that the students elaborate by comparison with an Expert Conceptual Map, in this way it is possible to demonstrate the level of progress in the conceptual change.

#### **Resumen.**

De acuerdo con Novak y Cañas, los Mapas Conceptuales han demostrado ser valoraciones válidas de las estructuras cognitivas, lo cual permite la valoración de los Modelos Mentales que los estudiantes construyen como resultado de sus experiencias de aprendizaje en el aula. Se presentan los resultados de pruebas empíricas de una propuesta de mediación en la ecología del aula para el uso eficiente de los simuladores, con un grupo de estudiantes de grado noveno en la clase de tecnología. Se busca comprobar que las experiencias provistas por los simuladores propician que los estudiantes desafíen, construyan y prueben sus Modelos Mentales. Después de experimentar con el simulador de Robomind, se usan las herramientas de CmapTools para valorar los Mapas Conceptuales que los estudiantes elaboran por comparación con un Mapa Conceptual Experto, de esta forma se logra evidenciar el nivel de avance en el cambio conceptual.

**Keywords:** concept mapping, mental models, conceptual change, simulator.

## **1 Marco de la Experiencia: Investigación en Tecnologías Educativas**

La experiencia de uso de Mapas Conceptuales, (MC en adelante), hace parte de la tesis doctoral “Uso de herramientas computacionales de simulación para la construcción de modelos mentales”, una propuesta que indaga sobre integración eficiente de los elementos tecnológicos, pedagógicos y organizacionales dentro de la ecología del aula para buscar la manera de obtener el mejor provecho en el uso de los simuladores como herramientas cognitivas, siendo este el llamado de la investigación en los nuevos escenarios educativos que estamos configurando (Salinas, 2016).

El problema de investigación parte de la necesidad de afrontar el verdadero reto de la educación en la era digital, entendido como el desarrollo de las habilidades y competencias de orden superior que les permitan a los estudiantes, no solo sobrevivir, sino también desarrollarse y triunfar en la sociedad del conocimiento (Cobo & Moravec, 2011), (Coll, 2004). Para efectos del estudio, se entiende que las experiencias provistas por los simuladores propician que los estudiantes desafíen, construyan y prueben sus MM, (MM, en adelante). En ese sentido se busca proponer la manera de superar las limitantes en su incorporación en el aula y favorecer la construcción de MM flexibles, necesarios para provocar el cambio conceptual como verdadero resultado de la educación. El estudio se desarrolla bajo el paradigma de la investigación cualitativa con el diseño metodológico de la Investigación Basada en el Diseño, IBD, que es flexible e interactiva y contempla cuatro fases: la investigación preliminar, la integración teórica, las pruebas empíricas y la fase de documentación y divulgación (De Benito & Salinas, 2016). La experiencia expuesta en este artículo hace referencia a la forma en que se usaron los MC en la primera interacción de la fase de pruebas empíricas.

## 2 Marco Teórico

El MC de la figura 1 presenta la relación entre los pilares del marco conceptual. Las herramientas computacionales para la simulación, reproducen situaciones y fenómenos con variables controladas en contextos muy parecidos a los reales, disminuyendo costos, tiempo y riesgos, pero, su mérito radica en el uso pedagógico y en la concepción de la simulación como metodología de enseñanza para entrenar al estudiante en la toma de decisiones y el desarrollo de competencias y habilidades específicas (Corvetto et al., 2013), (Kollöffel & De Jong, 2008), (Palés Argullós & Gomar Sancho, 2010), (Salinas & Ayala M., 2017).

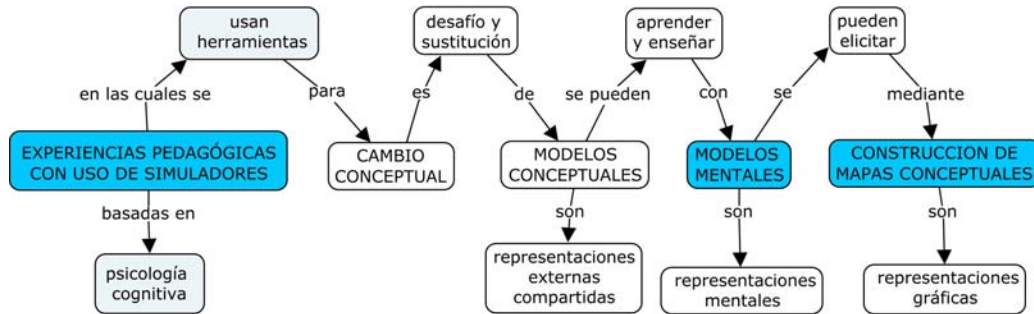


Figura 1. Mapa conceptual de la relación entre los componentes del marco teórico. Fuente: el autor.

Un ejemplo de este tipo de herramientas es Robomind, que es un micromundo de realidad virtual capaz de simular un robot de desplazamiento llamado “Robo”, con una consola de programación básica para controlar entradas de sensores de proximidad y movimientos en el plano bidimensional; ofrece una versión cliente de escritorio y un servicio en línea con una plataforma para el entrenamiento en pensamiento computacional y currículos particulares para primaria, secundaria, escuela en casa y estudiantes avanzados. El software es licenciado bajo las leyes de los Países Bajos, fue creado por un grupo de expertos en telecomunicaciones, desarrollo de software, inteligencia artificial y educación en tecnología. Ofrece una licencia gratuita de prueba de 30 días para la versión de escritorio y una decena cursos abiertos en línea soportados desde su plataforma de entrenamiento, (Kochakornjarupong, 2010).

El cambio conceptual puede ser el resultado de la instrucción o del descubrimiento y tiene lugar cuando el estudiante cambia su manera de entender los conceptos y, por ende, cambia sus propias ideas y conceptos científicos y naturales; es decir se da una transformación y ampliación de su estado de conocimientos. La forma más radical del cambio conceptual es el desafío y sustitución de los modelos conceptuales. Los modelos conceptuales son representaciones externas compartidas consistentes con el conocimiento científico, estos se pueden aprender y enseñar por medio de MM. Estos también soportan el razonamiento, la toma de decisiones, el comportamiento y los mecanismos de filtrado y almacenamiento de la información, cada individuo los construye a través del pensamiento análogo utilizando procesos cognitivos, por naturaleza como resultado de la biología o del aprendizaje, por descubrimiento o por recepción y en este proceso tiene un papel importante la lengua, como medio para la negociación de significado. Se construyen y ejecutan en la memoria de trabajo, se prueban constantemente y sólo si resultan funcionales se almacenan en la memoria a largo plazo (Gilar Corbi, 2003), (Jonassen, 2004), (Jones, Ross, Lynam, Perez, & Leitch, 2011), (Novak & Cañas, 2008) y (Moreira, Ileana, & Rodríguez, 2002).

Es clara la relación entre los MM y el cambio cognitivo, ahora la cuestión es ¿cómo valorarlos? Según Jonassen, hay pocos trabajos que estudien cómo valorar de manera efectiva el cambio conceptual, las herramientas existentes presuponen que el cambio conceptual puede valorarse comparando las estructuras cognitivas de los estudiantes. En ese orden de ideas, el reto está en lograr elicitación de esas estructuras cognitivas. Algunos de los métodos que podrían usarse son: el análisis de los protocolos de interacción de los estudiantes a la hora de resolver o explicar un problema, entrevistas estructuradas, mapas conceptuales que producen los estudiantes, los experimentos diseñados por los estudiantes, modelos de sistemas que producen los estudiantes (Jonassen, 2004).

Los MC han demostrado ser valoraciones válidas de las estructuras cognitivas y su manejo en el aula se puede hacer de manera independiente y simultánea por parte de los estudiantes. Adicionalmente existen herramientas como

CmapTools que hacen eficientes tanto la construcción como la valoración de los MC (Novak & Cañas, 2008) (Salinas & Ayala M., 2017).

### 3 Descripción de la Experiencia

Como primera medida, con el objetivo de contextualizar el uso que se dio a los MC en el aula, es importante presentar la propuesta de mediación desarrollada. Esta tiene en cuenta 5 elementos que se interrelacionan en la ecología del aula: las características del contexto, el momento, los elementos instruccionales del simulador, los roles y los mecanismos de verificación.

Para validar los presaberes, al inicio de la experiencia; antes de empezar a utilizar el simulador, se presentó a los estudiantes el listado de los 37 conceptos que se buscaba incorporar al mapa y se les propuso el reto construir con estos términos un mapa conceptual. La mayoría de “términos” eran desconocidos para ellos, así que se les motivó a incluir en el MC sólo aquellos términos que les fueran familiares de algún modo, aunque no pudieran explicar con claridad su significado, e intentaran relacionarlos con líneas aunque no encontraran el conector exacto que pudiera explicar la relación. Este ejercicio se realizó dibujando el MC en papel. Se tomó como muestra uno de los grupos con un total de 30 estudiantes, haciendo conteo manual de los conceptos que lograron incorporar, adicionalmente algunos estudiantes digitalizaron sus mapas iniciales en CmapTools.

Una vez realizadas las sesiones de clase con el simulador de *Robomind*, con la metodología de mediación propuesta, se pidió a los estudiantes que realizaran una versión final del MC aplicando lo que lograron aprender durante la práctica. Se analizaron 86 MC en total, 19 correspondientes a la versión inicial y 67 a la versión final, elaborados por una muestra de 67 estudiantes. Para ello, se contemplaron dos alternativas, que permiten contar la cantidad de conceptos, enlaces y proposiciones en comparación con un MCE. Una es la herramienta de comparación de CmapTools para comparar uno a uno y otra es extensión *CmapAnalysis* que proporciona métricas de un paquete de mapas. Aunque la segunda opción permite personalizar y detallar más los metadatos y métricas a analizar de los MC, se seleccionó primera, teniendo en cuenta que el número de mapas a analizar era manejable y que al hacerlo uno a uno se complementaba el conteo automático con un análisis cualitativo por parte del docente. El MCE tiene 36 proposiciones, 51 conectores y 37 conceptos. La herramienta de comparación utiliza estos parámetros para comparar, además de determinar los textos completos o parciales en los conceptos, y arroja un informe del porcentaje de similitud en cada uno de ellos. Se compararon 1 a 1 los MC finales elaborados por los estudiantes con el MCE.

En la primera versión del MC, los estudiantes lograron utilizar en promedio 15 de los 37 conceptos presentados, entre el 20% y el 80% de los conceptos tenían algún significado para ellos. En su primer mapa los estudiantes intentaron dar un orden lógico y jerárquico a los conceptos, en algunos se observó que integraron un número reducido de conceptos, sin embargo los relacionaron intuitivamente con cierta lógica, demostrando unos pre-conceptos básicos sobre la programación de robots. Los mapas iniciales se compararon con los finales y se encontró que, en promedio, la muestra seleccionada mejoró en un 6% la similitud de sus proposiciones con el MCE, en un 9% las conexiones y un 19 % los conceptos. En lo que corresponde al análisis de los MC finales, el criterio en el que los estudiantes más lograron aproximarse al MCE fue en la integración de conceptos, mientras que el aspecto que más se les dificultó fue la conformación de proposiciones similares a las del MCE, lo cual resulta coherente con el propósito de la experiencia, que buscaba llevar a los estudiantes a un primer acercamiento a la programación de robots, por lo cual puede considerarse que el nivel de comprensión del tema es satisfactorio.

En una primera etapa del cambio cognitivo, el estudiante da significado a los nuevos conceptos, por lo tanto se infiere que si logra incorporarlos en su MC demuestra un nivel inicial en el cambio cognitivo que se busca. Los estudiantes lograron incorporar un promedio de 23,5 conceptos, en contraste del promedio de 15 conceptos iniciales, de un total de 37 conceptos empleados en el MCE. Esto nos dice, que después de la experiencia con el simulador, los estudiantes lograron dar significado a un mayor número de conceptos.

Otro de los criterios de comparación es el número de conectores. El software cuenta el número de líneas de conexión de entrada y salida de cada concepto. Entonces, las conexiones están asociadas a los conceptos. Por lo tanto se podría decir que el criterio de comparación “conexiones” es dependiente de los conceptos (de texto completo o parcial) similares detectados por el software. Resultados de la comparación, muestra que cerca de la

mitad de los estudiantes lograron establecer del 0 al 10% de conexiones similares al MCE; y sólo cuatro estudiantes lograron aproximarse a las conexiones en un porcentaje entre el 50 y 80%.

Pero, en definitiva, el criterio más exigente de la comparación que hace CmapTools es el porcentaje de similitud en las proposiciones. Los resultados muestran que la gran mayoría de los estudiantes alcanzaron a un 10 % de similitud. Y es que para que el software detecte la similitud de una proposición, deben coincidir los conceptos, las conexiones y los enlaces. En este punto, se insiste en dilucidar que el propósito de la experiencia no era llevar a los estudiantes a un nivel de expertos.

#### 4 Conclusiones

En la sociedad del conocimiento el propósito de los procesos de enseñanza – aprendizaje debería ser el cambio conceptual, este puede propiciarse con la construcción de Modelos Mentales, por lo tanto resulta pertinente propiciar a los estudiantes experiencias que les permitan validar la eficiencia de sus MM. Los simuladores permiten este tipo de experiencias, involucrando al estudiante en un rol protagónico con un compromiso serio en su proceso de construcción de nuevos saberes.

Los Mapas Conceptuales se constituyen como una técnica de elicitación para hacer explícitos los Modelos Mentales que los estudiantes construyen a través de las experiencias con los simuladores. Estos pueden ser valorados por comparación con un mapa conceptual experto MCE, respecto a sus conceptos, enlaces y proposiciones, mediante la herramienta que para ello proporciona CmapTools.

Los Mapas Conceptuales que el estudiante elabora evidencian su avance en el cambio conceptual. Un primer nivel se manifiesta al incorporar nuevos conceptos a los MC, lo cual sugiere que les está dando significado dentro de su estructura cognitiva. En segunda instancia, el uso de enlaces refleja que el estudiante se acerca a los modelos científicos en la forma en que relaciona los nuevos conceptos. Finalmente, cuando las proposiciones de los MC del estudiante coinciden con las del MCE, puede verificarse que se consiguió el cambio conceptual que buscaba la experiencia de aprendizaje.

#### Referencias

- Cobo, J. C., & Moravec, J. W. (2011). Aprendizaje invisible. Hacia una nueva ecología de la educación. Razón y palabra, ISSN-e 1605-4806, N°. 77, 2, 2011 (Ejemplar dedicado a: El otro calentamiento global). [Proyecto Internet del Tecnológico de Monterrey, Campus Estado de México]. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3829327>
- Coll, C. (2004). Psicología de la educación y prácticas educativas mediadas por las tecnologías de la información y la comunicación. Una mirada constructivista. *Sinéctica, Revista Electrónica de Educación*, (25), 1–24. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=99815899016>
- Corvetto, M., Bravo, M. P., Montaña, R., Utili, F., Escudero, E., Boza, C., ... Dagnino, J. (2013). Simulación en educación médica: una sinopsis Simulation in medical education: a synopsis. *Artículo de Revisión Rev Med Chile*, 141, 70–79. Retrieved from <http://www.scielo.cl/pdf/rmc/v141n1/art10.pdf>
- De Benito, B., & Salinas, J. (2016). La Investigación Basada en Diseño en Tecnología Educativa Design-Based Research in Educational Technology. *Revista Interuniversitaria de Investigación En Tecnología Educativa*, (0), 2529–9638. <http://doi.org/10.6018/riite/2016/260631>
- Jonassen, D. (2004). Procesos de aprendizaje mediante las TIC. In *Del docente presencial al docente virtual*. (Editorial UOC). Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=253717>
- Kochakornjarupong, D. (2010). A Web-based System Design for Enhancing Learning Problem Solving in Artificial Intelligence. In *The Seventh International Conference on eLearning for Knowledge-Based Society*. Retrieved from [http://www.robomind.net/downloads/publications/A Web-based System Design for Enhancing Learning Problem Solving in Artificial Intelligence - 42\\_Full\\_Online\\_AI\\_PBS\\_V18\\_Duenpen.pdf](http://www.robomind.net/downloads/publications/A%20Web-based%20System%20Design%20for%20Enhancing%20Learning%20Problem%20Solving%20in%20Artificial%20Intelligence%20-%2042_Full_Online_AI_PBS_V18_Duenpen.pdf)

- Kollöffel, B., & De Jong, T. (2008). *Conceptual understanding of electrical circuits in secondary vocational engineering education: Combining traditional instruction with inquiry learning in a virtual lab*. Retrieved from <http://users.edte.utwente.nl/jong/kolloffeldejongJEE.pdf>
- Novak, J. D., & Cañas, A. J. (2008). The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct Them. Technical Report IHMC CmapTools 2006-01, Pensacola, FL: Institute for Human and Machine Cognition. Available at: <http://cmap.ihmc.us/docs/theory-of-concept-maps>
- Palés Argullós, J. L., & Gomar Sancho, C. (2010). El uso de las simulaciones en educación médica. *Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 11(2), 147–169. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=201014893008>
- Salinas, J. (2016). La investigación ante los desafíos de los escenarios de aprendizaje futuros. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 32. <http://doi.org/10.6018/red/50/13>
- Salinas, J., & Ayala M., J. B. (2017). Uso de simuladores en el aula para favorecer la construcción de modelos mentales. In *EDUTEC\_2017*. Santiago, Chile. Retrieved from <http://edutec2017.cl/index.php/programacion/descarga-libro-resumenes.html>