



Asesorías y Tutorías para la Investigación Científica en la Educación Puig-Salabarría S.C.
José María Pino Suárez 400-2 esq a Lerdo de Tejada, Toluca, Estado de México. 7223898473
 RFC: ATI120618V12

Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores.

<http://www.dilemascontemporaneoseducacionpoliticayvalores.com/>

Año: VII Número: Edición Especial Artículo no.:23 Período: Noviembre, 2019.

TÍTULO: Análisis de los modelos mentales como herramientas de enseñanza-aprendizaje.

AUTORES:

1. Máster. Ronald Alain Robledo Galeas.
2. Máster. Silvia Del Carmen Lozano Chaguay.
3. Máster. Sany Sofía Robledo Galeas.

RESUMEN: En el presente trabajo se propone el empleo de los mapas cognitivos difusos en la representación de los modelos mentales de los estudiantes. Se propone un procedimiento para la obtención de modelos mentales y su posterior análisis utilizando mapas cognitivos difusos. Se presenta un estudio de caso donde se ilustra la aplicabilidad de la propuesta y las ventajas de los mapas cognitivos en la comprensión de sistemas complejos. El trabajo finaliza con las conclusiones y recomendaciones de trabajos futuros.

PALABRAS CLAVES: modelos mentales, mapas cognitivos difusos, sistemas complejos.

TITLE: Analysis of mental models as learning teaching tools.

AUTHORS:

1. Máster. Ronald Alain Robledo Galeas.
2. Máster. Silvia Del Carmen Lozano Chaguay.
3. Máster. Sany Sofía Robledo Galeas.

ABSTRACT: This paper proposes the use of fuzzy cognitive maps in the representation of students' mental models. A procedure for obtaining mental models and their subsequent analysis using fuzzy cognitive maps is proposed. A case study is presented where the applicability of the proposal and the advantages of cognitive maps in the understanding of complex systems are illustrated. The paper ends with the conclusions and recommendations of future work.

KEY WORDS: mental models, fuzzy cognitive maps, complex systems.

INTRODUCCIÓN.

Los modelos mentales son representaciones internas de una realidad externa de cada individuo (Pérez, K. T. & Leyva, M., 2014; Pérez, K. T., Leyva, M., & Estrada, V., 2015). Esto quiere decir que, de la misma realidad externa, cada individuo puede tener variadas representaciones internas. Estas representaciones son modeladas frecuentemente mediante representaciones causales en presencia de incertidumbre (Teruel, P. K., Leyva, M. & Estrada, V., 2014).

Los modelos causales son herramientas cada vez más empleadas, para la comprensión y análisis de los sistemas complejos (Glykas, 2010; Sharif & Irani, 2006). Para considerar la causalidad desde un punto de vista computacional, se requiere la obtención de modelos causales imprecisos que tomen en consideración la incertidumbre (Puente, A., 2011). El razonamiento causal es útil en la toma de decisiones por ser natural y fácil de entender y ser convincente porque explica el por qué se llega a una conclusión particular (Hernández N. D., Leyva, M., & Cuza, B. G., 2013).

Los modelos mentales se emplean para analizar el pensamiento causal, se requiere la obtención de modelos imprecisos empleando grafos dirigidos (Puente, A., 2011). Los mapas cognitivos difusos (MCD) proveen esquemas más realistas para la representación del conocimiento brindando la posibilidad de representar ciclos y modelar la vaguedad (Zhi-Qiang, 2001).

Las conexiones en MCD son solo numéricas por lo tanto la relación de dos eventos debe ser lineal. Por su partes la neutrosofía puede manejar información indeterminada e inconsistente, mientras que los conjuntos difusos y los conjuntos difusos intuitivos no los describen de manera apropiada (González, R. et al., 2019). Los mapas cognitivos neutrosóficos (MCN) son una extensión de MCD donde se incluye la indeterminación (Kandasamy & Smarandache, 2003; Pérez, K. T. & Leyva, M., 2014). La concepción de los mapas cognitivos difusos no trata la relación indeterminada.

Mapas Cognitivos Difusos en la representación de modelos mentales.

Actualmente ha surgido la necesidad de plantear la causalidad en términos de lógica difusa, ofreciendo esta un marco adecuado para tratar con la causalidad imperfecta. La teoría de los conjuntos difusos o borrosos fue introducida por Zadeh en el año 1965. Esta parte de la teoría clásica de conjuntos, añadiendo una función de pertenencia (Brio & Molina, 2001).

Una función de pertenencia o inclusión $\mu_a(t)$, indica el grado n en que la variable t está incluida en el concepto representado por la etiqueta A (Klir & Yuan, 1995). Para la definición de estas funciones de pertenencia se utilizan convenientemente ciertas familias, por coincidir con el significado lingüístico de las etiquetas más utilizadas. Las más frecuentes son triangular, trapezoidal y gaussiana (Figura 1.7).

Los MCD (Figura 1.6) son una técnica desarrollada por Kosko como una extensión de los mapas cognitivos (Kosko, 1986), permitiendo describir la fortaleza de la relación mediante el empleo de valores difusos en el intervalo $[-1,1]$. Constituyen una estructura de grafo difuso dirigido e incluyen la retroalimentación para representar causalidad (Ping, 2009a). La matriz de adyacencia se obtiene a partir de los valores asignados a los arcos (Figura 1).

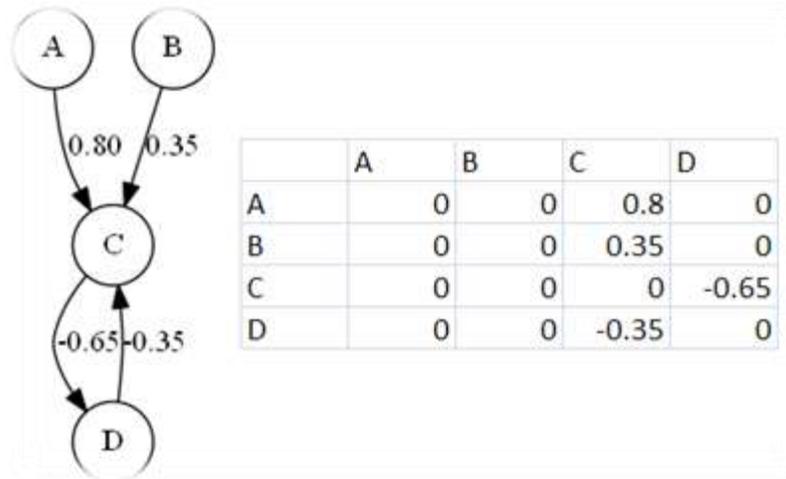


Figura 1. Mapa cognitivo difuso y su correspondiente matriz de adyacencia (Leyva, M., 2013).

En los MCD existen tres posibles tipos de relaciones causales entre conceptos: causalidad positiva, causalidad negativa o la no existencia de relaciones.

1. **Positiva** ($W_{ij} > 0$): Indica una causalidad positiva entre los conceptos C_i y C_j , es decir, el incremento (disminución) en el valor de C_i lleva al incremento (disminución) en el valor de C_j .
2. **Negativa** ($W_{ij} < 0$): Indica una causalidad negativa entre los conceptos C_i y C_j , es decir, el incremento (disminución) en el valor de C_i lleva la disminución (incremento) en el valor de C_j .
3. **No existencia de relaciones** ($W_{ij} = 0$): Indica la no existencia de relación causal entre C_i y C_j .

Por otra parte, el análisis dinámico se centra en el análisis de escenarios (Leyva, M., 2013). Permite al usuario realizar observaciones y conclusiones adicionales no disponibles mediante el simple análisis estático. Está basado en un modelo de ejecución que calcula los niveles de activación en iteraciones sucesivas de los distintos conceptos. Esta simulación requiere adicionalmente la definición de los valores iniciales para cada concepto en un vector inicial (Stach, Kurgan, & Pedrycz, 2010). (Leyva, M., Escobar, R. & Smarandache, F., 2018, pp. 22-23)

Cuando participa un conjunto de individuos (k), la matriz de adyacencia se formula a través de un operador de agregación, como por ejemplo la media aritmética. El método más simple consiste en encontrar la media aritmética de cada una de las conexiones para cada experto. Para k expertos, la matriz de adyacencia del MCB final (E) es obtenida como (Kosko, 1988):

$$E = \frac{(E_1 + E_2 + \dots + E_k)}{k} \quad (1)$$

Esta facilidad de agregación permite la creación de modelos mentales colectivos con relativa facilidad.

Materiales y métodos.

La realización del estudio se desarrolló a través de un procedimiento para la obtención de modelos mentales los MCD como técnica de representación de este conocimiento. Donde su representación gráfica se puede apreciar en la Figura 2.



Figura 2. Modelo propuesto. **Fuente:** Elaboración propia.

Actividades correspondientes a los procesos:

1. *Seleccionar variables:* En esta actividad se seleccionan las variables que se desean incluir. Los expertos pueden ser seleccionados utilizando el método de coeficiente de competencia (López, F.

R., Vázquez. C. S., Gutiérrez, E. M. & Benet, R. M., 2015). Posteriormente se determinan los nodos que están representados por los conceptos y que serán representados en el mapa.

2. *Determinar las relaciones causales:* Se determinan las relaciones causales existentes entre los conceptos. En esta actividad, los estudiantes son consultados para determinar las relaciones causales existentes entre ellos. Se obtiene finalmente un valor difuso en el intervalo [-1,1].
3. *Obtener modelo mental:* Existen distintas propuestas para la obtención de modelos mentales en forma de MCD (Ping, 2009b; Salmeron, 2009). En el caso de los mapas cognitivos borrosos se sigue la propuesta de Leyva-Vázquez y colaboradores (Leyva, V. M., Rosado. R. R. & Febles, E. A, 2012).
4. *Analizar modelo mental:* En los modelos mentales difusos resulta importante analizar las características estáticas del modelo (Leyva, M. Y., Bello, R. L., & Espín, R. A. 2014). El análisis estático puede contribuir a determinar en qué aspectos del sistema incidir o en reducir la cantidad de criterios que se analizan.

En esta actividad se ordenan los nodos de acuerdo a su importancia en el modelo, tomando en consideración al valor obtenido a partir de la(s) medida(s) seleccionada(s). Adicionalmente se puede emplear sus resultados para visualizar el grafo difuso posibilitando un mejor análisis.

La medida de centralidad empleada, es la centralidad de grado ($C(v)$), se calcula a partir de la suma de su grado de entrada ($id(v)$) y grado de salida ($od(v)$), tal como se expresa en la fórmula siguiente:

$$C(v) = id(v) + od(v) \quad (2)$$

La centralidad en un grafo indica qué tan fuertemente está relacionado un nodo con otros a partir de sus conexiones directas.

Las variables se clasifican de acuerdo con las siguientes reglas:

- Las variables del transmisor tienen un grado de salida $od(v)$ positivo y cero grados de entrada, $id(v)$.
- Las variables receptoras tienen grado de entrada $id(v)$ positivo, y cero grados de salida, $od(v)$.
- Las variables ordinarias tienen un grado de entrada y de salida distinto de cero. Las variables ordinarias pueden ser más o menos variables receptoras o transmisoras, basadas en la proporción de sus grados y grados.

El modelo propuesto, puede ser empleado en disímiles situaciones prácticas, que conllevan la obtención y análisis de modelos mentales de los estudiantes.

Estudio de caso.

En el estudio se pidió representar una situación relacionada a problemas ecológicos relacionados con los humedales y la actividad de pesca como fuente de ingreso. En la tabla 1 se muestran los conceptos a modelar.

Tabla 1. Competencias analizadas.

Nodo	Descripción
c_1	Humedales
c_2	Peces
c_3	Contaminación del lago
c_4	Ingresos
c_5	Cumplimiento de la ley

Fuente: Elaboración propia.

Se obtuvo el modelo mental y se realizó el análisis empleando la herramienta *Mental Modeller* (Gray, Gray, Cox, & Henly-Shepard, 2013).

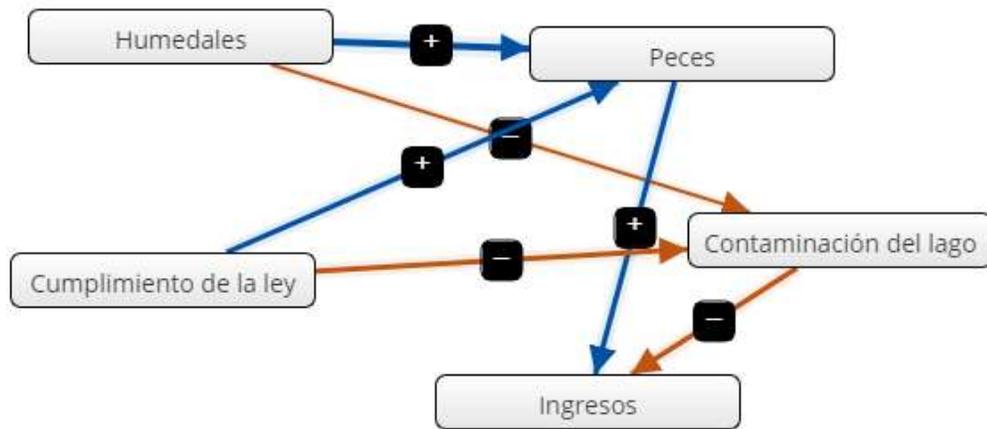


Figura 3. Modelo mental obtenido. **Fuente:** Elaboración propia.

A continuación, se muestra en la Tabla 2, la matriz de adyacencia obtenida.

Tabla 2. Matriz de adyacencia.

	Humedales	Peces	Contaminación del lago	Ingresos	Cumplimiento de la ley
Humedales		0.9	-0.33		
Peces				0.75	
Contaminación del lago				-0.8	
Ingresos					
Cumplimiento de la ley		0.67	-0.62		

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestran los resultados y principales medidas obtenidas en el análisis estático.

Tabla 2. Resultados del análisis estático.

Component	Indegree	Outdegree	Centrality
Humedales	0	1.23	1.23
Peces	1.57	0.75	2.3200000000000003
Contaminación del lago	0.95	0.8	1.75
Ingresos	1.55	0	1.55
Cumplimiento de la ley	0	1.29	1.29

Fuente: Elaboración propia

Como resultado del análisis se determina el siguiente orden de importancia para los nodos analizadas de acuerdo con la centralidad.

$$c_2 > c_3 > c_4 > c_5 > c_1 \quad (3)$$

En este estudiante los elementos más importantes resultaron los Peces, seguido de la Contaminación del Lago y los Ingresos.

En el presente estudio, se evidencia como los MCD constituyen una técnica útil en la representación de los modelos mentales. Una de las ventajas que presentan los modelos obtenidos con esta técnica, es la facilidad para ser interpretada, lo que posibilita que los estudiantes puedan interpretar y socializar los modelos causales obtenidos sin dificultad.

CONCLUSIONES.

Los modelos mentales son representaciones internas de la realidad externa de cada estudiante. Esto significa que, de la misma realidad externa, cada individuo puede tener variadas representaciones. Estos modelos mentales requieren visualización y análisis para determinar cuáles son los elementos fundamentales, es por ello que resultan útil.

En este trabajo se mostró el modelo de relación en las competencias, ilustrando las ventajas de los mapas cognitivos difusos en la representación de modelos mentales, a través de un estudio de casos, para la contribución al proceso docente educativo.

Se presentó, además, un modelo para la obtención de modelos mentales. La aplicación a nuevas áreas y el empleo de métricas de redes complejas que contribuyan a evaluar el conocimiento sistémico de los estudiantes es otra de las futuras áreas de trabajo. Se desarrollarán se incluirá el análisis dinámico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Brio, B. M., & Molina, A. S. (2001). Redes Neuronales y Sistemas Borosos. Segunda Edición. ed: Alfaomega.
2. García, T. C. S., Burgos, B. A. A., Paredes, F. D. R. C., & Carpio, J. P. R. (2019). La Internacionalización de la Educación Superior, desde la perspectiva educacional, cinco retos y una necesaria reflexión sobre el sentido del proceso. Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores. Año: VI, Número: Edición Especial, Artículo no.:4, Período: Junio, 2019. https://dilemascontemporaneoseduccionpoliticayvalores.com/_files/200005025-9d9119e8f0/EE%2019.06.04%20La%20Internacionalizaci%C3%B3n%20de%20la%20Educaci%C3%B3n%20Superior..pdf
3. Glykas, M. (2010). Fuzzy Cognitive Maps: Advances in Theory, Methodologies, Tools and Applications: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
4. González, R., Oviedo, M. D., Leyva, M., Estupiñán, J., Sganderla, J. A. & Smarandache, F. (2019). Pestel analysis based on neutrosophic cognitive maps and neutrosophic numbers for the sinos river basin management. Neutrosophic Sets & Systems, Vol. 26, pp.105-113. Recuperado de: <http://fs.unm.edu/NSS/SinosRiverBasin.pdf>

5. Gray, S. A., Gray, S., Cox, L. J. & Henly, S. S. (2013). Mental modeler: a fuzzy-logic cognitive mapping modeling tool for adaptive environmental management. Paper presented at the System Sciences (HICSS), 2013 46th Hawaii International Conference on System Sciences. pp.965-973.
6. Hernández N. D., Leyva, M., & Cuza, B. G. (2013). Modelos causales para la Gestión de Riesgos. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 7 (4), pp.58-74.
7. Kandasamy, W. B., & Smarandache, F. (2003). Fuzzy cognitive maps and neutrosophic cognitive maps. Xiquan Phoenix. Recuperado de: <http://fs.unm.edu/NCMs.pdf>
8. Klir, G. J. & Yuan, B. (1995). *Fuzzy sets and fuzzy logic: Theory and Application*. Prentice Hall PTR. Recuperado de: <http://www.b-farhadinia.ir/bfarhadiadmin/file/stdfile/Klir.pdf>
9. Kosko, B. (1986). Fuzzy cognitive maps. *International Journal of Man-Machine Studies*.
10. Kosko, B. (1988). Hidden patterns in combined and adaptive knowledge networks. *International Journal of Approximate Reasoning*, 2(4), pp.377-393.
11. Lara, J., Andalira, G., Morán, R. S., Jordán, A. E. & Ramos, J. P. (2018). Estrategias didácticas aplicadas en la formación de competencias. *Estudiantes-Ingeniería Comercial-FAFI-Universidad Técnica de Bahahoyo. Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*. Año: VI, Número: Edición Especial, Artículo no.: 8, Período: Julio, 2018.
https://dilemascontemporaneoseduccionpoliticayvalores.com/_files/200003885-5b1bc5c185/EE%2018.7.08%20Estrategias%20did%C3%A1cticas%20aplicadas%20en%20la%20formaci%C3%B3n%20de....pdf
12. Leyva, M. (2013). *Modelo de Ayuda a la Toma de Decisiones Basado en Mapas Cognitivos Difusos*. (Doctorado en Ciencias Técnicas), Universidad de las Ciencias Informáticas, La Habana. Recuperado de:
https://www.researchgate.net/publication/263221297_MODELO_DE_AYUDA_A_LA_TOMA_DE_DECISIONES_BASADO_EN_MAPAS_COGNITIVOS_DIFUSOS

13. Leyva, M. Y., Bello, R. L., & Espín, R. A. (2014). Compensatory fuzzy logic for intelligent social network analysis. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 8 (4), pp.74-85. recuperado de: <http://scielo.sld.cu/pdf/rcci/v8n4/rcci04414.pdf>
14. Leyva, M. V., Escoba, R. J. & Smarandache, F. (2018). Modelos mentales y mapas cognitivos neutrosóficos. *Neutrosophic Computing and Machine Learning*. University of New Mexico. Vol. 1, pp.22-30. rcuperado de: <http://fs.unm.edu/NCML/NCML-01-2018.pdf>
15. Leyva, V. M., Rosado. R. R. & Febles, E. A. (2012). Modelado y análisis de los factores críticos de éxito de los proyectos de software mediante mapas cognitivos difusos. *Ciencias de la Información*, La Habana. 43(2), pp.41-46. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/1814/181423798006.pdf>
16. López, F., R., Vázquez. C. S., Gutiérrez, E. M. & Benet, R. M. (2015). El Método Delphi. Experiencia práctica en la determinación de los elementos de cursos a distancia. Paper presented at the V Congreso Internacional de Telemática y Telecomunicaciones.
17. Pérez, K. T. & Leyva, M. (2014). Neutrosophic logic for mental model elicitation and analysis. *Neutrosophic Sets and Systems*, Vol. 2, pp.31-33. Recuperado de: <https://zenodo.org/record/571559#.XZ4kBEZKiM8>
18. Pérez, K. T., Leyva, M. M. & Estrada, V. (2015). Mental models consensus process using fuzzy cognitive maps and computing with words. *Ingeniería y Universidad de Bogota.*, 19 (1), pp.173-188. Recuperado de: <file:///C:/Users/1/Downloads/7463-Article%20Text-45812-1-10-20150512.pdf>
19. Teruel, P. K., Leyva, M. & Estrada, V. (2014). Proceso de consenso en modelos mentales y aplicación al desarrollo de software ágil en bioinformática. *Revista Cubana de Información en Ciencias de la Salud*, 25(3), pp.317-331. Recuperado de: https://www.redalyc.org/pdf/3776/Resumenes/Resumen_377645758006_1.pdf

20. Ping, C. W. (2009a). A Methodology for Constructing Causal Knowledge Model from Fuzzy Cognitive Map to Bayesian Belief Network. (PhD Thesis), Chonnam National University.
21. Ping, C. W. (2009b). A Methodology for Constructing Causal Knowledge Model from Fuzzy Cognitive Map to Bayesian Belief Network. (PhD Thesis), Chonnam National University.
22. Puente A. (2011). Causality in Science. *Revisa de Investigacion Pensamiento Matemático*. 1 (12). Recuperado de: <file:///C:/Users/1/Downloads/Dialnet-CausalityInScience-3744334.pdf>
23. Salmeron, J. L. (2009). Augmented fuzzy cognitive maps for modelling LMS critical success factors. *Knowledge-Based Systems*, 22 (4), pp.275-278.
24. Sharif, A. M. & Irani, Z. (2006). Applying a fuzzy-morphological approach to complexity within management decision making. Emerald Group Publishing Limited. 44 (7), pp.930-961. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/49401091_Applying_a_Fuzzy-Morphological_approach_to_complexity_within_management_decision-making
25. Stach, W., Kurgan, L. & Pedrycz, W. (2010). Expert-Based and Computational Methods for Developing Fuzzy Cognitive Maps. Springer-Verlag. pp.23-41. Recuperado de: <http://biomine.cs.vcu.edu/papers/chapterMethodsFCM2010.pdf>
26. Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8 (3), pp.338-353. doi: 10.1016/s0019-9958(65)90241-x
27. Zhi-Qiang, L. (2001). Causation, bayesian networks, and cognitive maps. *Intelligent System Lab. (ISL)*. 27 (4), pp.552-566. Recuperado de: <file:///C:/Users/1/Downloads/Causation,Bayesian%20Networks,and%20Cognitive%20Maps.pdf>

DATOS DE LOS AUTORES.

1. **Ronald Alain Robledo Galeas.** Magister en Docencia y Currículo. Docente de la Universidad Técnica de Babahoyo – Ecuador. E-mail: rrobledo@utb.edu.ec

2. Silvia del Carmen Lozano Chaguay. Magister en Docencia y Currículo. Docente de la Universidad Técnica de Babahoyo – Ecuador.

3. Sany Sofía Robledo Galeas. Magister en Docencia y Currículo. Docente de la Universidad Técnica de Babahoyo – Ecuador.

RECIBIDO: 4 de octubre del 2019.

APROBADO: 14 de octubre del 2019.