

USO DE MAPAS CONCEPTUALES EN CURSOS CON CONDICIÓN DE ISLA CONCEPTUAL: EXPERIENCIA EN PROGRAMAS DE INGENIERÍA

Cristian Julián Díaz Álvarez,
Universidad Central, Bogotá (Colombia).

Resumen

La representación intensiva de contenidos programáticos con la herramienta de mapa conceptual, junto con el trabajo de laboratorio y de inmersión en campo, se convirtieron en un paquete de medidas que lograron disminuir la deserción estudiantil durante el desarrollo de la asignatura de gestión integral de la calidad del aire, que tradicionalmente presenta dificultades por su condición de “isla conceptual” dentro del plan de estudios de ingeniería ambiental por sus singularidades y endemismos temáticos y por su exigente nivel de abstracción. Luego de cuatro cohortes encaminadas y evaluadas con la herramienta de mapa conceptual, los estudiantes han logrado mejores resultados, el ambiente de trabajo dentro del curso se ha renovado y la mortandad académica se redujo considerablemente. Ahora el curso de gestión integral de la calidad del aire es un referente para otras asignaturas del programa de Ingeniería Ambiental en la Universidad Central, Bogotá (Colombia).

Palabras clave: Mapa conceptual, evaluación

Abstract

The intensive representation of academic contents with conceptual maps, along with laboratory and field work, became a package of measures to reduce the student desertion during the development of the integrated air quality management course; it traditionally presents difficulties by his condition of “conceptual island” inside the environmental engineering curriculum by his thematic singularities and abstraction demanding level. After four cohortes directed and evaluated with the tool of conceptual map, the students have obtained better academic results, the work class environment has improved and the academic losses was reduced. The Integrated Air Quality Management course is now a referent for other courses of Environmental Engineering program in the Central University, Bogotá (Colombia)

Keywords: Conceptual map, evaluation

Introducción

Particularmente en los programas de pregrado de ingeniería ambiental las asignaturas relacionadas con temas de contaminación atmosférica quedan aisladas de la estructura super conceptual del plan de estudios, convirtiéndose en “islas conceptuales”. Esta categoría obedece a que sus contenidos y elementos conceptuales no logran vincularse con los de asignaturas anteriores, requisito, correquisito y posteriores, produciendo singularidades y endemismos temáticos que dificultan la comprensión y el reconocimiento de las redes conceptuales en el plan de estudio, algo importante en el mapeo de currículos (Jacobs, 2004) y en la construcción de redes dinámicas (Barker, 2002).

La condición de “isla conceptual” se debe principalmente a: a) los memes de los programas de saneamiento básico e ingeniería civil en los actuales programas de ingeniería ambiental, b) los lineamientos de política en la definición de áreas prioritarias de estudio en el programa académico, c) las técnicas de mapeo curricular al momento de diseñar el plan de estudios, d) la escasa profundidad del estudio de fluidos compresibles en los cursos de mecánica de fluidos, e) la dificultad inherente de la fisicoquímica atmosférica, f) la categoría otorgada a la asignatura como espacio académico teórico, y adicionalmente, a que los temas que se desarrollan requieren espacios de trabajo para abordar cuatro dimensiones (incluida el tiempo) que difícilmente se pueden representar en un tablero de un salón de clases. De esta manera, gestión integral de la calidad del aire - la materia estudio de caso - se convierte para el estudiante en un curso indeseable, una barrera conceptual y un obstáculo para el avance en el plan de estudios; y para el docente, en un reto pedagógico.

Por otro lado, la singularidad del cuerpo estudiantil de la Universidad Central requiere una docencia creativa, innovadora y flexible, puesto que la mayoría de sus jóvenes, aparte de responder en promedio entre 16 y 20 créditos por periodo académico, deben conseguir o conservar sus trabajos, mantener una familia y recrearse. Todo un desafío en momentos en que la calidad y credibilidad de los procesos educativos y sus resultados son una exigencia cada vez mayor de la institución y la sociedad.

Es por esto que en los programas curriculares de ingeniería ambiental e ingeniería en recursos hídricos y gestión ambiental de la Universidad Central, el desarrollo clásico del curso objeto de estudio dificultó el proceso de enseñanza – aprendizaje durante cuatro cohortes. Además, provocó en los estudiantes una resistencia a la asignatura, una escasa participación y creatividad, así como un insuficiente trabajo independiente (algo sumamente importante en el sistema de créditos académicos); lo que a mitad del programa calendario de cada curso se tradujo en deserción y mortandad académica con porcentajes de pérdida que alcanzaron un máximo de 53%, con promedios de calificación por curso de tres punto cero (3.0), reflejando un mínimo en el cumplimiento de los objetivos de la asignatura.

De manera contradictoria, la evaluación del curso por parte de los estudiantes daba un concepto favorable a la labor docente y a la metodología implementada, mientras crecía la preocupación del profesor titular de la asignatura, del director de carrera y de la facultad de ingeniería con relación a los resultados obtenidos.

Plan de mejoramiento

La respuesta del docente, con el debido aval de la administración académica, fue implantar los siguientes cambios en el desarrollo del curso: a) representación intensiva de los contenidos a través de estructuras gráficas como los mapas conceptuales y mentales, b) incremento del componente de laboratorio, c) trabajo de inmersión en campo, y d) modificación de la estrategia e instrumentos de evaluación. Medidas que fueron trabajadas en paralelo y cada una de ellas por medio de aproximaciones sucesivas.

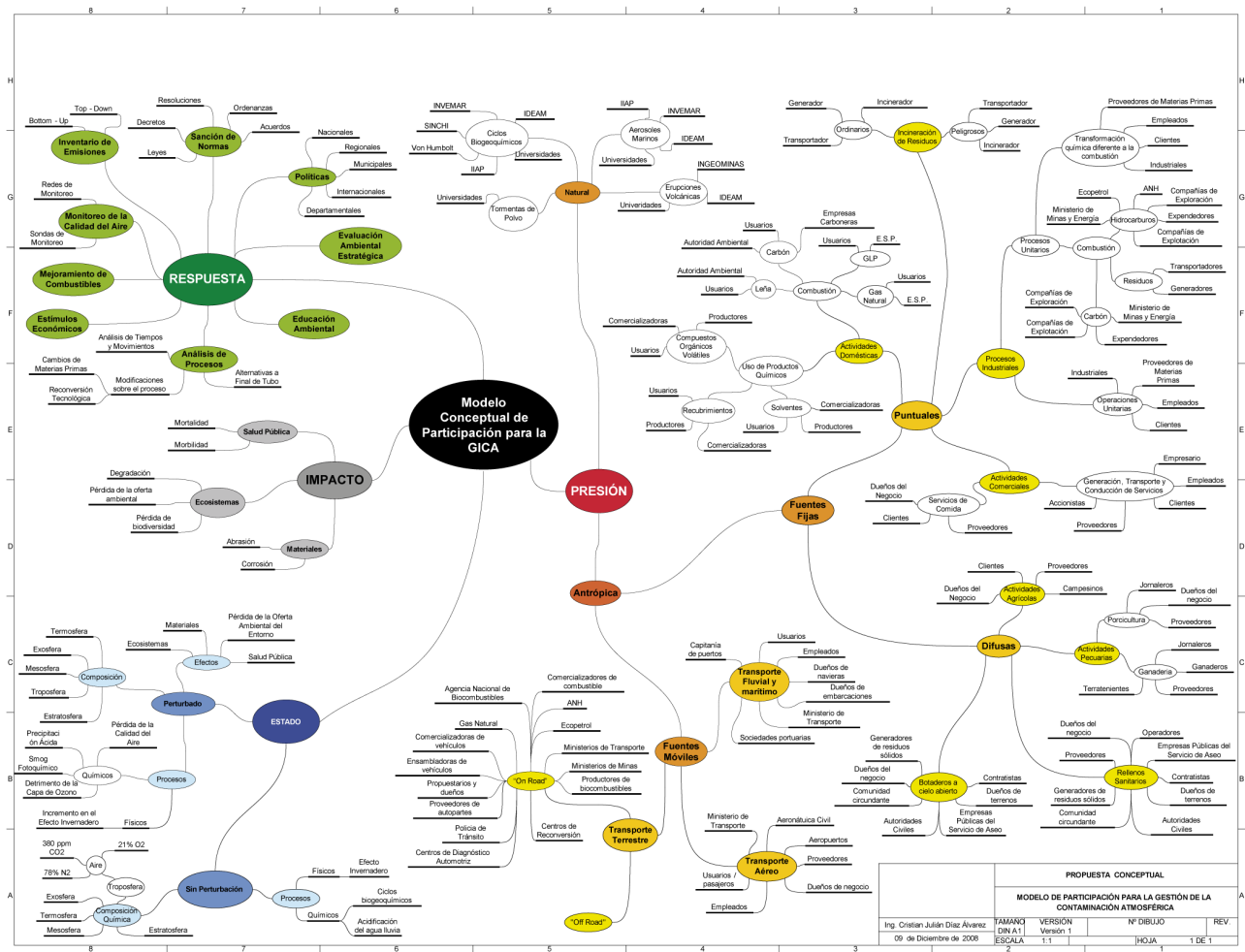
El uso de mapas conceptuales se pensó como una estrategia de consolidación de los contenidos básicos de la asignatura, que implicaba una posición activa del estudiante en la construcción del conocimiento. Por tal motivo, esta forma de representar el conocimiento se constituyó en “*una herramienta de trabajo para la confrontación y el análisis de las formas de pensar entre estudiantes, entre estudiantes y profesor; y entre el grupo y la información suministrada*” (Pérez & Gallego; 2001: 25). Que evidentemente permitió

identificar y cotejar los niveles de preparación, estudio, comprensión y argumentación de los conceptos en la mayoría de los estudiantes, y adicionalmente permitió una vista clara del avance del curso en cada una de las sesiones de clase (Campos, 2005:27).

Para lograr un aprendizaje significativo, cuyo principio básico definido por Ausubel & Novak, et al. (1978), reside en “que las ideas expresadas

simbólicamente van relacionadas de modo no arbitrario... de manera sustancial con lo que el alumno ya sabe”; fue necesario iniciar cada uno de los cursos con una prueba de conocimientos para averiguar lo que los estudiantes, como individuos y como grupo, sabían y dominaban para así proceder con la propuesta de construcción colectiva. El eje central para el desarrollo conceptual se definió con base en el aprendizaje basado en problemas.

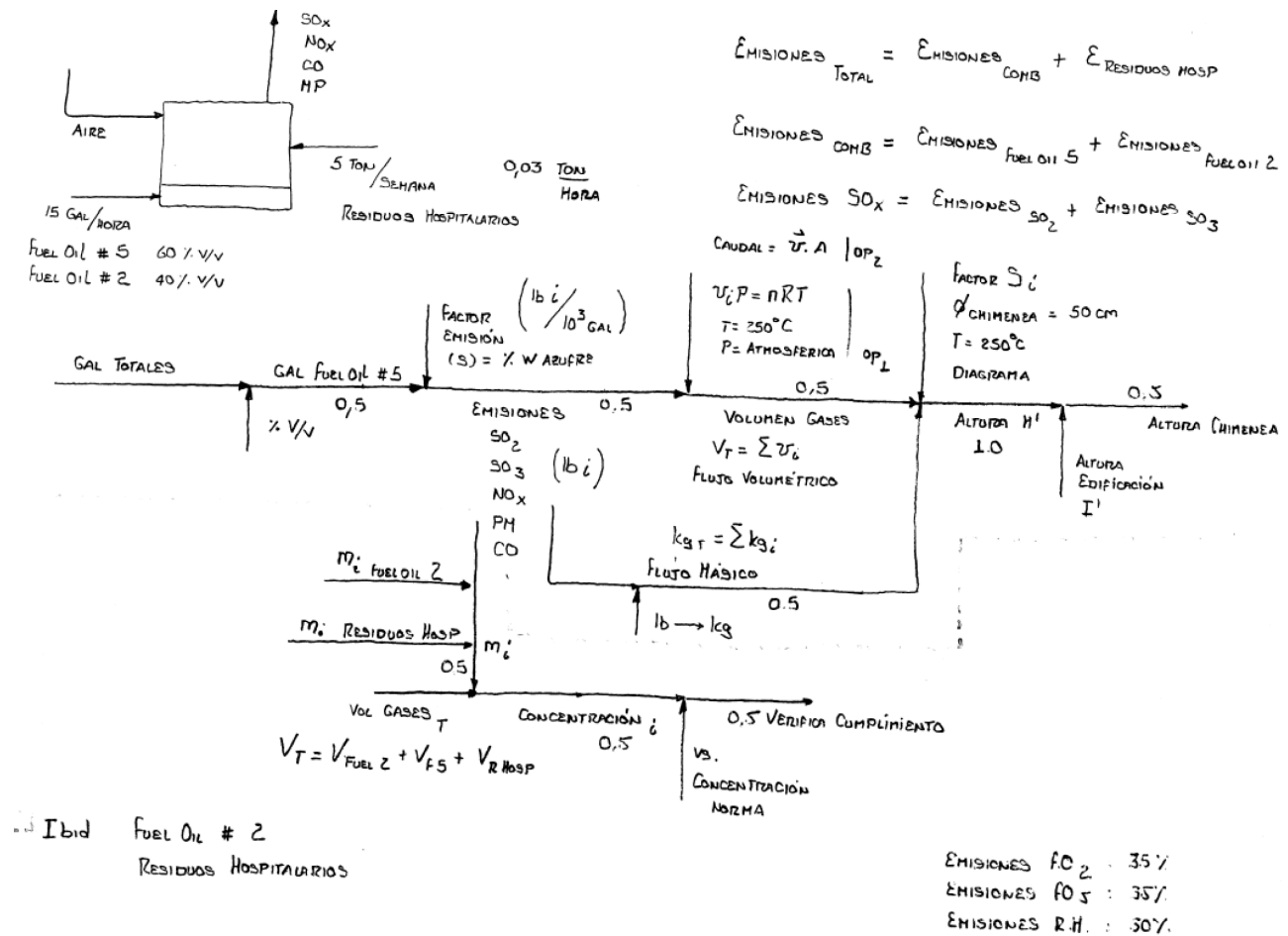
Figura 1. Ejemplo de mapa para evidenciar el modelo de presión – estado – impacto - respuesta en la gestión integral de la calidad del aire (construcción del autor con referencia al libro de Wayne Davis, 2000).



La representación gráfica del contenido temático también se empleó en la resolución de ejercicios matemáticos de dimensionamiento de la problemática ambiental, en los que principalmente se buscó que el estudiante verificara la importancia

de los conceptos y les hallara relaciones mediante la comprensión de sus propiedades intrínsecas y emergentes, mediante un registro continuo y riguroso de la estructura y de los resultados del cálculo (ver figura 2).

Figura 2. Ejemplo de representación gráfica para la resolución de problemas de cálculo de emisiones, lograda conjuntamente en el aula de clase con los estudiantes de la cohorte 2008-I.



Durante el transcurso de cada uno de los cursos mejorados de Gestión Integral de la Calidad del Aire, el uso de los mapas conceptuales permitió “mantener un equilibrio entre una charla fresca y espontánea... y una presentación clara y bien estructurada” (Buzan, 1996: 247) de los contenidos de la asignatura por parte del docente. De igual manera, la experiencia adquirida en el curso ha permitido el uso de esta herramienta en las propuestas de evaluación dentro de los espacios académicos.

Prueba de entendimiento

A parte de las pruebas regulares de un curso de ingeniería como los parciales, los informes de laboratorio y de trabajo de campo y los controles de lectura, se incluyó, como parte del examen final, el

desarrollo de un mapa conceptual que evidenciara el entendimiento y apropiación de los contenidos asociados a la gestión integral de la calidad del aire. Con esta estrategia, más que saber el nivel de experticia en el manejo de fórmulas de dimensionamiento de equipos o de conocimiento literal de los contenidos, se indagó la claridad y profundidad alcanzada con relación al curso; tal como lo plantea Tony Buzan (1996:148): “saber si el estudiante tiene o no una visión general del tema... conocer sus principales puntos fuertes y débiles... los puntos en los que se ha roto la cadena de asociaciones”. De esta manera, los mapas conceptuales han presentado una interesante radiografía de los conceptos (y sus relaciones) que apropiaron los estudiantes durante cuatro cohortes. Así mismo, permitieron determinar el grado de linealidad de su trabajo durante los cursos (ver figura 3).

Figura 3a. Ejemplo de mapa conceptual desarrollado por el otrora estudiante Fabián Cañón en el periodo 2007-2. (Nótese el grado de linealidad en el desarrollo)

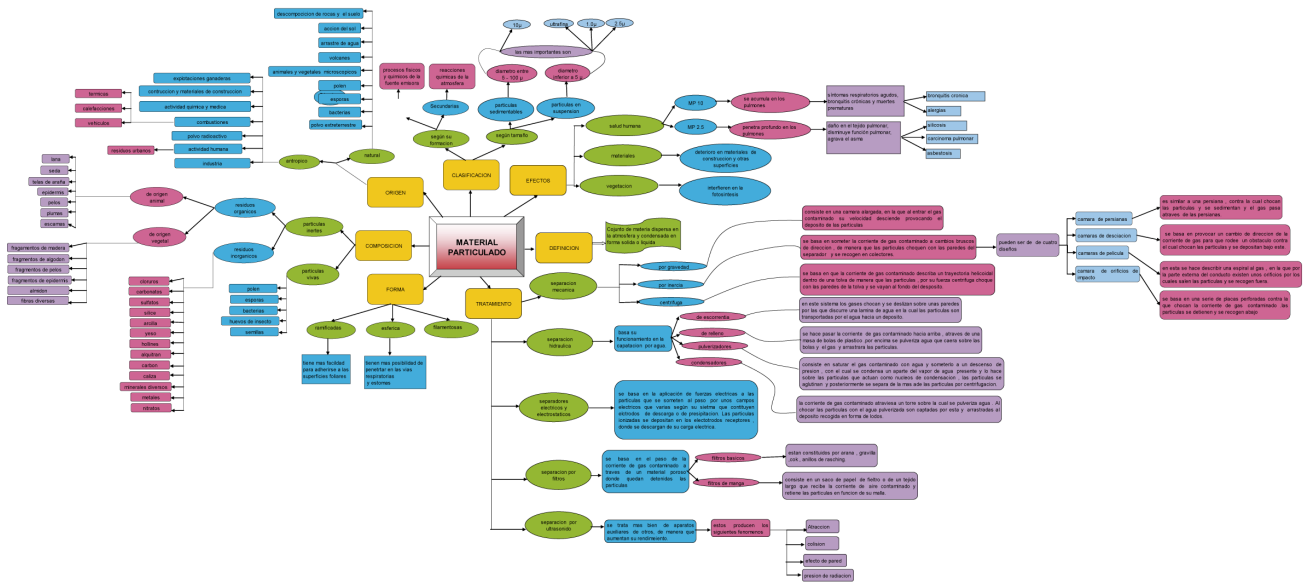
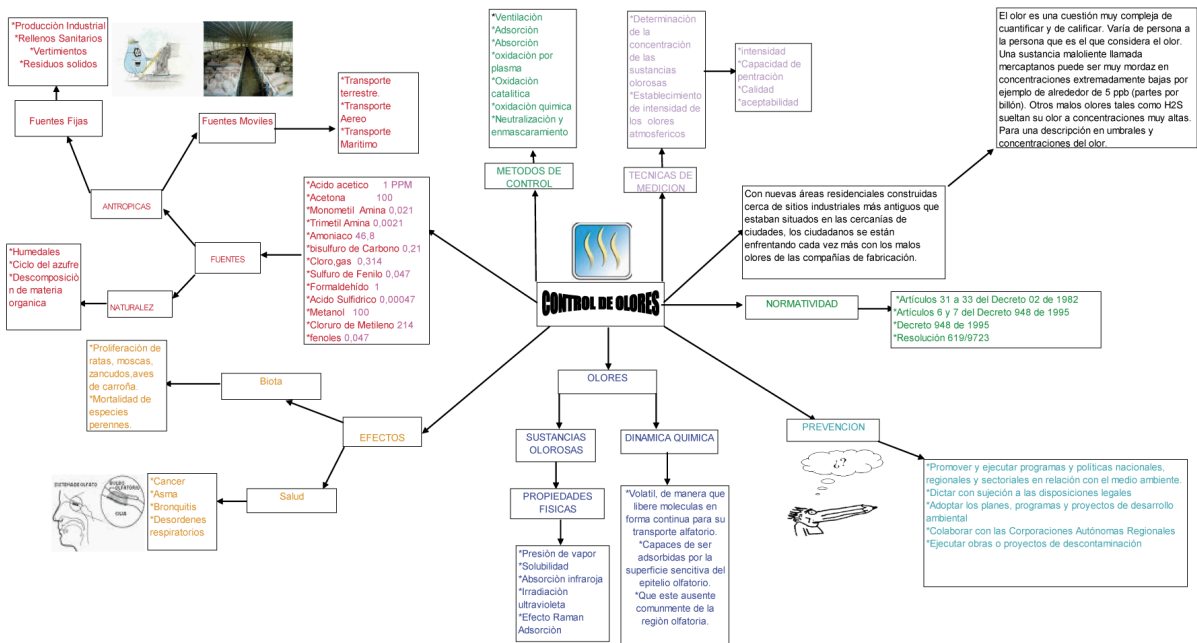


Figura 3b. Ejemplo de mapa conceptual desarrollado por los otrora estudiantes Edwin Benitez y Fabián Caicedo en el periodo 2007-2. (Nótese el grado de linealidad en el desarrollo)



Estructura de evaluación

Con el objeto de lograr una valoración cuantitativa de los desarrollos gráficos de los estudiantes y obtener una calificación por su trabajo y desempeño, se auscultaron las propuestas de Bartels

(1995), Pérez & Gallego (2001) y Hogan (1996) con el objeto de verificar los criterios básicos en la construcción de mapas conceptuales, para así consolidar un esquema propio de evaluación acorde con la singularidad de la asignatura y los estudiantes que a ella asisten.

Tabla 1. Propuestas y criterios auscultados para la evaluación de estructuras gráficas para la representación del conocimiento.

Bobby Bartels	Pérez y Gallego	Cristine Hogan
<ul style="list-style-type: none"> • Conceptos y Terminología (4 criterios) • Conocimiento de las relaciones entre conceptos (4 criterios) • Habilidad para comunicar conceptos a través del mapa conceptual (4 criterios) 	<ul style="list-style-type: none"> • Número de jerarquizaciones entre los conceptos • Conexiones válidas entre los conceptos • Conexiones cruzadas • Ejemplos clarificadores 	<ul style="list-style-type: none"> • Contenido (amplitud y profundidad) • Ideas propias que abarca • Estrategias de cartografía mental (símbolos, colores y flechas)

De esta revisión bibliográfica se identificaron principalmente los siguientes elementos para la valoración cuantitativa de los mapas: concepto, relaciones, profundidad, interpretación, cartografía y linealidad; los cuales permitieron la configuración de un esquema de

evaluación (ver tabla 2) y una estructura de cálculo propia para la valoración del trabajo que estuviera acorde con las Políticas Institucionales referentes al proceso de enseñanza y de aprendizaje, a la docencia y a los procesos de evaluación.

Tabla 2. Esquema de valoración cuantitativa de los mapas conceptuales (propuesta del autor).

Categorías	Código	Criterio	Explicación
Claridad conceptual y terminológica	α	$\alpha = 2$ $\alpha = 1$ $\alpha = 0$	Muestra un entendimiento del concepto y utiliza los términos adecuados Comete errores en la terminología y muestra vacíos en los conceptos No muestra ningún conocimiento en torno al concepto
Relaciones entre conceptos	β	Si $\beta \leq 3$; $\beta = 2$ $\beta (4;7)$; $\beta = 1$ $\beta > 7$; $\beta = 0$	Demuestra un conocimiento de las relaciones existentes entre los conceptos Realiza conexiones erradas que afectan el entendimiento del súper concepto Realiza muchas conexiones erradas que limitan el establecimiento de conexiones lógicas entre conceptos
Nivel de profundidad	γ	Si $\gamma \geq 6$; $\gamma = 2$ $\gamma (4;5)$; $\gamma = 1$ $\gamma \leq 3$; $\gamma = 0$	Construye un mapa conceptual completo El mapa conceptual presenta los conceptos básicos El mapa conceptual es deficiente en extensión
Interpretación	δ	$\delta = 2$ $\delta = 1$ $\delta = 0$	El mapa es fácil de interpretar El mapa es difícil de interpretar No es un mapa conceptual
Cartografía	σ	$\sigma = 2$ $\sigma = 1$ $\sigma = 0$	El mapa conceptual presenta gráficos, en colores y hace uso de un formato estándar de ingeniería El mapa conceptual presenta gráficos, en colores, pero no hace uso de un formato estándar de ingeniería No hay estética alguna
Linealidad	ϵ	$\epsilon = - 2$ $\epsilon = - 1$ $\epsilon = 0$	El mapa se presenta linealmente, en forma de diagrama de flujo, presenta una amplia transcripción textual de frases y párrafos No hay linealidad aparente, pero si hay transcripción de frases y párrafos El mapa es dendrítico

Con base en los anteriores criterios, la calificación del trabajo del estudiante se obtiene con base en la siguiente relación matemática:

$$\text{Calificación} = \left[\frac{\alpha + \beta + \gamma + \delta + \sigma}{2} \right] - \epsilon$$

Resultados

Luego de cuatro cohortes, moderadas y evaluadas con la herramienta de mapa conceptual, se ha detectado que la capacidad de argumentación y toma de decisiones por parte de los estudiantes ha mejorado sustancialmente, esto se evidencia en la actualidad porque logran mantener discusiones técnicas que se asemejan a los escenarios reales en los que se proponen alternativas de prevención y control de la contaminación atmosférica. Adicionalmente, el clima académico ha mejorado con y entre los estudiantes, lo que ha facilitado la construcción colectiva de los contenidos del curso.

Para el docente, se ha facilitado la preparación y actualización del programa calendario del

curso, de las notas de clase y de las conferencias, permitiendo una disminución en el volumen de documentos de trabajo y una flexibilidad y adaptabilidad a nuevos conceptos. En términos generales, la nueva estrategia de trabajo ha logrado lo siguiente:

- Mejora en los resultados académicos de los estudiantes, reflejados en una disminución en el porcentaje de pérdida, pasando de un 37 % en el 2005-1 a un 0% en el 2008-2.
- Progreso en el desempeño académico individual de los estudiantes, logrando mejores calificaciones finales en el curso. De tal manera, se pasó de tener calificaciones mínimas por estudiante de 1.4 (incumplimiento total de los objetivos del curso) a 3.0 (mínimos exigidos). Así mismo, la calificación promedio por curso se elevó al valor de 3.3, representando un cumplimiento de los principales objetivos de la asignatura. El principal logro para los periodos 2008-1 y 2008-2 fue el de tener un ciento por ciento de superación de los objetivos mínimos del curso para todos los estudiantes.

Gráfico 1. Comportamiento del porcentaje de pérdida de la asignatura GICA antes y después de implementar la estrategia de trabajo.

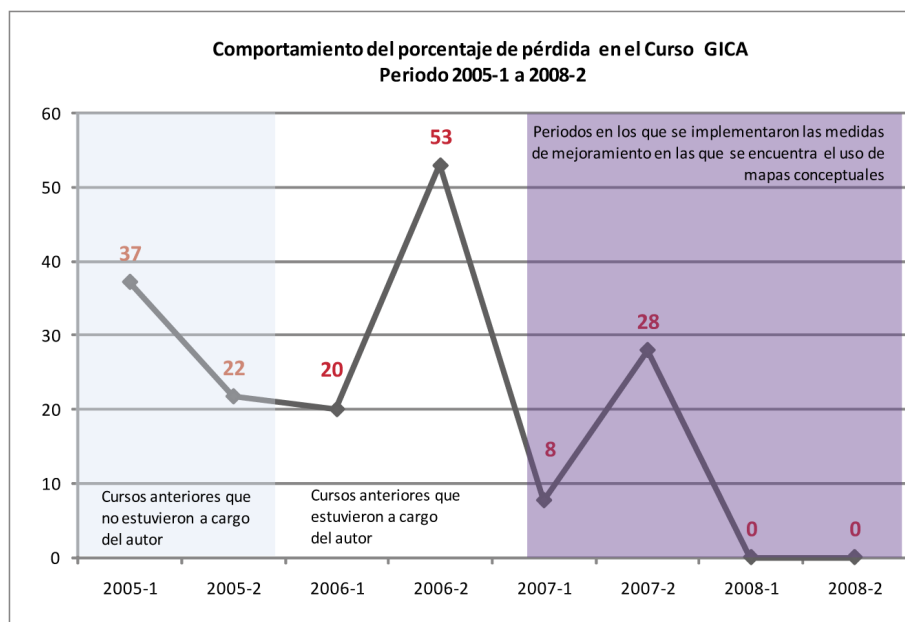
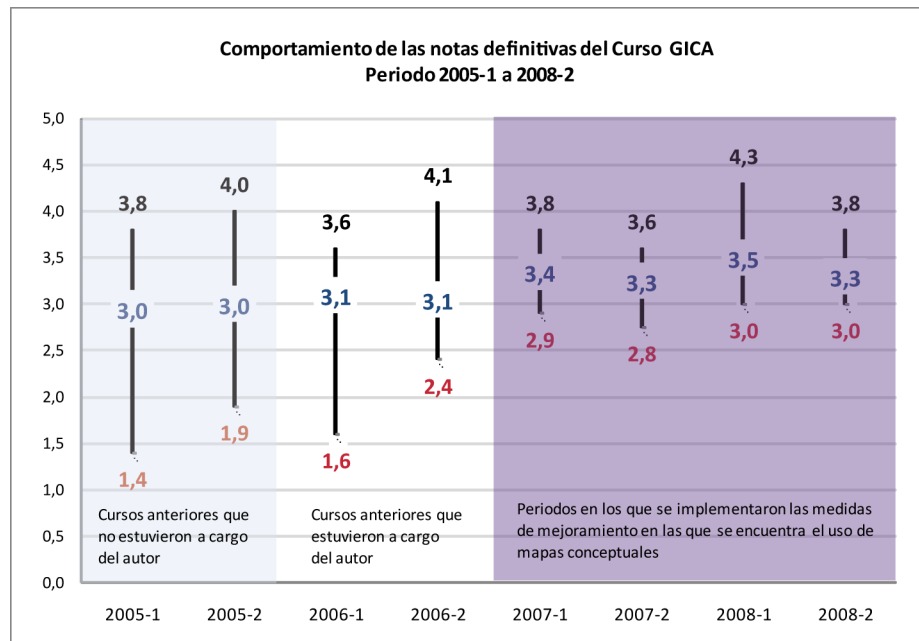


Gráfico 2. Variación de las calificaciones mínimas, máximas y media por curso antes y después de implantar la estrategia de trabajo.



c) La evaluación del curso por parte de los estudiantes, docentes y la dirección de carrera mejoró, lo que permitió definir referentes para otras asignaturas del programa de Ingeniería Ambiental e Ingeniería en Recursos Hídricos.

(laboratorio e inmersión en campo) se ha dificultado por el hecho de que todavía son percibidas como extraordinarias y de aplicación específica al análisis de textos. Aún así, los mapas conceptuales han ayudado a mejorar el nivel de comprensión de los conceptos de la asignatura y el diseño de sistemas de evaluación permanente.

Percepción del estudiante

La representación del conocimiento a través de mapas conceptuales se concibe por parte de la mayoría del estudiantado como una actividad que facilita la identificación de temas y conceptos clave en el curso de gestión integral de la calidad del aire. Adicionalmente, consideran que esta herramienta ayuda a consolidar criterio y capacidad de argumentación para el ejercicio profesional.

Sin embargo, aún con los resultados obtenidos, continua la persistencia de pensamiento lineal en el desarrollo de mapas conceptuales en un porcentaje significativo de la población estudiantil (30% aproximadamente). Por otro lado, el establecimiento y desarrollo de estas estructuras gráficas en las otras estrategias de mejoramiento de la asignatura

Actividades para el futuro

Teniendo en cuenta que el ejercicio docente se constituye en una mediación en los procesos de enseñanza y de aprendizaje en los espacios académicos, se desea implementar en el corto plazo (un año) la metodología de “Mind Mining” de la Universidad de Münster, Alemania; inicialmente en lo relacionado con las estrategias de comunicación de grupo y en la consolidación de la función de moderador por parte del docente y sus técnicas de interacción como líder de grupo de trabajo, especialmente en escucha activa, formulación de preguntas, rediseño de redes de asociación y síntesis ejecutiva. De igual manera, se propenderá por consolidar el uso de mapas conceptuales en las estrategias de mejoramiento de laboratorio e inmersión en campo.

Agradecimientos

Esta investigación de campo fue realizada gracias a la colaboración de la comunidad académica del Departamento de Ingeniería Ambiental de la Universidad Central, especialmente de los estudiantes de los programas de Ingeniería Ambiental e Ingeniería en Recursos Hídricos de las cohortes del curso de Gestión Integral de la Calidad del Aire

2005-1 a 2008-2, y al Ingeniero Leonardo Calle – Director del Departamento.

Especialmente quiero agradecer el apoyo académico y conceptual del profesor Pablo Leyva PhD, Vicerrector Académico de la Universidad Central (periodo 2006 - 2009) y del profesor Lorenzo Panizzo de la Universidad Nacional de Colombia.

Referencias

- AFO – Innovation Office (2009). Idea-Mining Workshop. Westfälische Wilhelms – Universität Münster. Noviembre de 2009. 48 horas. Disponible en: http://www.uni-muenster.de/AFO/en/ideen_mining_downloads.html
- Ausubel D. & Novak J. (1978) Educational Psychology: a cognitive view. New York. EE.UU.
- Barker P. & Anderson H. & Chen X. (2002). Cognitive Structure of Scientific Revolutions. New York. EE.UU. Cambridge University Press.
- Buzan T. (1996). El libro de los mapas mentales: cómo utilizar al máximo las capacidades de la mente. Barcelona, España. Ediciones Urano.
- Campos A. (2005). Mapas conceptuales, mapas mentales y otras formas de representación del conocimiento. Bogotá D.C., Colombia. Cooperativa Editorial Magisterio.
- Davis W. (2000). Air pollution engineering manual. New York, United States of America.: Jhon Wiley and Sons.
- Hernández V. (2007). Mapas Conceptuales: La gestión del conocimiento en la didáctica. México, México. Alfaomega Grupo Editor.
- Jacobs H. (2004). Getting Results With Curriculum Mapping. New York, EE.UU. Association for Supervision and Curriculum Development
- Novak J. & Cañas A. (2006). The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct Them (Technical Report No. IHMC CmapTools 2006-01). Pensacola, Florida.: Florida Institute for Human and Machine Cognition. Disponible en: <http://cmap.ihmc.us/Publications/ResearchPapers/TheoryCmaps/TheoryUnderlyingConceptMaps.htm>.
- Partners Health Care (2007). Wired to win, the movie: surviving The Tour de France: Activity Guide. Massachusetts. USA. National Science Foundation.
- Pérez R. & Gallego R (2001). Corrientes Constructivistas: de los mapas conceptuales a la teoría de la transformación intelectual. Bogotá, Colombia. Cooperativa Editorial Magisterio.
- Pérez R. (2006). Mapas conceptuales y aprendizaje de matemáticas. En: Concept Maps: Theory, Methodology, Technology. Second International Conference on Concept Mapping. Cañas A & Novak J. (Eds.). San José, Costa Rica.
- Universidad Central (2001). Proyecto Educativo Institucional. Bogotá D.C., Colombia. Departamento de Comunicación y Publicaciones de la Universidad Central.
- Universidad Central (2005). Acuerdo No. 06 de 2005 - Reglamento Estudiantil de la Universidad Central. Bogotá D.C., Colombia. Departamento de Comunicación y Publicaciones de la Universidad Central.
- Universidad Central (2005). Acuerdo No. 14 de 2005 - Reglamento del Personal Académico de la Universidad Central. Bogotá D.C., Colombia. Departamento de Comunicación y Publicaciones de la Universidad Central.
- Universidad Central (2008). Acuerdo No. 7 de 2008 - Reglamento de los procesos de evaluación académica en los programas de pregrado de la Universidad Central. Bogotá D.C., Colombia. Departamento de Comunicación y Publicaciones de la Universidad Central.

Sobre el autor

Cristian Julián Díaz Álvarez

Ingeniero químico con ocho (8) años de experiencia profesional en proyectos de prevención y control de la contaminación, y seis (6) años de experiencia docente en programas de Pregrado y Posgrado en temas de calidad del aire, análisis de riesgos, procesos y la Producción Más Limpia. Especialista en Manejo Integrado del Medio Ambiente (Universidad de los Andes). Candidato a Máster en Medio Ambiente y Desarrollo. Docente de tiempo completo del Departamento de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central. Tel Oficina: (571) 323 9868 Ext. 226, Correo: cdiaza2@ucentral.edu.co Dirección: Carrera 5a # 21 – 38 Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Ambiental

Algunos artículos:

- Díaz C. (2007). Aproximación conceptual a los costos de implementación de programas para la prevención y control de la contaminación. En: Revista Vigilancia Científica y Tecnológica Octubre de 2007. Universidad Central, pp 20 – 27.
- Díaz C. & Antolinez A. & García H. (2004). Estimativo de Precusores y Comportamiento de la Precipitación Ácida - Húmeda y Seca – en el Norte de Bogotá D.C. En: Revista Meteorología Colombiana. Universidad Nacional de Colombia. Marzo de 2004, pp 37 – 42.
- Díaz C. (2003). ¿Cómo Colaborar en la Preservación de la Obra de Dios? En: Revista Nuestra Huella. Sociedad Del Divino Salvador. Mayo 2003, pp 8 – 9

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.