



Innovation in research and engineering education:  
key factors for global competitiveness

Innovación en investigación y educación en ingeniería:  
factores claves para la competitividad global

# MAPAS MENTALES Y ESTILOS DE APRENDIZAJE: APORTES A LA ENSEÑANZA / APRENDIZAJE EN UN ESPACIO FORMATIVO EN INGENIERÍA

Cristian Julián Díaz Álvarez

Universidad Central  
Bogotá, Colombia

## Resumen

El uso intensivo de formas gráficas de representación del conocimiento, y la aplicación sistemática del cuestionario CHAEA para la identificación de los estilos de aprendizaje de los estudiantes, han permitido que el espacio formativo *Gestión Integral de la Calidad del Aire* haya reducido su tasa de fracaso académico en los últimos cinco años. Las acciones innovadoras en este curso - con condición de isla conceptual- han permitido el aumento en la capacidad de argumentación y toma de decisiones por parte de los educandos, el mejoramiento del clima académico, un incremento en la construcción colectiva de los contenidos temáticos, y la simplificación en la preparación y actualización del plan de desarrollo de la asignatura; permitiendo así una disminución en el volumen de documentos de trabajo y una flexibilidad y adaptabilidad a nuevos conceptos. Toda la estrategia se ha concentrado en generar un beneficio adicional en el proceso de enseñanza y de aprendizaje de los futuros Ingenieros Ambientales de la Universidad Central.

**Palabras clave:** Innovación; mapas mentales; estilos de aprendizaje

## Abstract

*The intensive use of graphic forms of knowledge representation, and the systematic application of CHAEA questionnaire for identification of students learning styles, has permitted that Air Quality Management course has reduced its rate of academic failure in the past five years. The innovative actions in this academic space - with conceptual island condition- have resulted in an increase of learners reasoning and decision-making capacity, the improvement of academic climate, the enhance of thematic content collective construction and, the simplification of academic development plan preparation and updating. All of this allows the reduction of working papers volume and an enormous flexibility and adaptability to new concepts. The entire strategy has been focused on generating an additional benefit in teaching and learning process for the upcoming Environmental Engineers of Universidad Central.*

**Keywords:** *Innovation; mind maps; learning styles*

## Introducción

El ejercicio docente hoy en día debe reconocer que la aprehensión del mundo que el estudiante hace, a través de un espacio formativo, se subordina principalmente a la forma como él lo interpreta y representa en su mente (Morerira Et al, 2002). Así mismo, que la forma como el profesor expone sus ideas depende de las propias estructuras mentales asociadas con las teorías científicas que domina y la experiencia profesional adquirida.

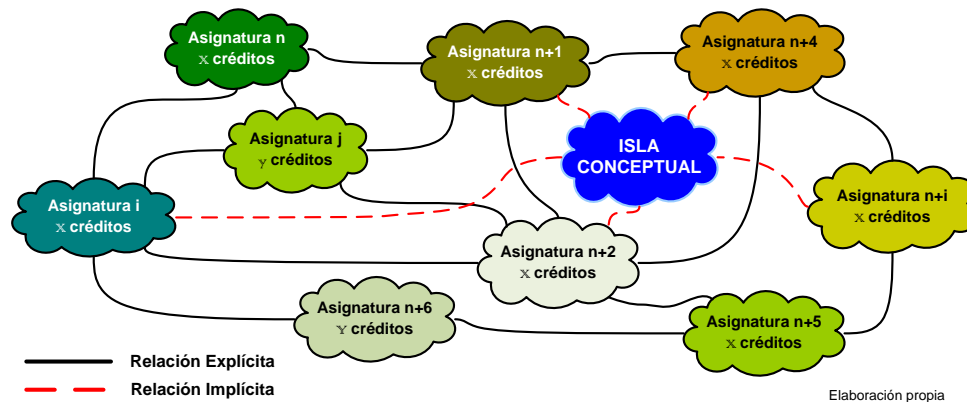
Esta realidad evidencia que el proceso de enseñanza y de aprendizaje es una confluencia, conciliación y estructuración de modelos mentales, bajo una intrincada lógica de un marco conceptual propio de cada asignatura y del respectivo programa académico. Por tal motivo, la construcción conjunta del conocimiento deberá sortear varios obstáculos inherentes a la docencia universitaria, a saber: i) la representación de sistemas reales con representaciones gráficas, modelos matemáticos o conceptuales cuasi ideales, ii) la confluencia de varias representaciones e interpretaciones del mundo con su respectiva correspondencia en diferentes tiempos y momentos históricos, iii) la coexistencia de varios mundos posibles en busca de una verdad dominante, iv) los vacíos conceptuales de cada uno de los individuos que participan en el proceso de enseñanza y de aprendizaje y, v) el esquema educativo monótono y centrado en el profesor, entre otros. Condiciones que se exacerban cuando el espacio formativo se constituye en una isla conceptual dentro de la malla curricular y súper estructura temática del plan de estudios.

Dificultad última que se expresa en la asignatura *Gestión Integral de la Calidad del Aire* en la Universidad Central, ante la cual se estableció la siguiente estrategia para mejorar el desempeño docente, cualificar el trabajo del estudiante y modificar positivamente la conducta de grupo para la construcción colectiva del conocimiento, a saber: *explotar la gran capacidad de la mente de los estudiantes y del profesor haciendo uso de herramientas innovadoras*. Táctica que se fundamentó en los postulados dados por Titone (1901), Cagné (1975:13) y Sobrino (2000:4), y que se apoyó en el uso de herramientas gráficas para la representación del conocimiento -especialmente el mapa mental- y la aplicación sistemática del cuestionario CHAE para la identificación de los estilos de aprendizaje de los estudiantes y del profesor.

### 1. El teatro de operaciones: la isla conceptual

La asignatura *Gestión Integral de la Calidad del Aire* es un espacio formativo en el programa académico de Ingeniería Ambiental que puede definirse como *isla conceptual*, nombre que se otorga por su implícita articulación con la estructura súper conceptual del plan de estudios, y la existencia de un gran número de endemismos temáticos (Figura 1).

Figura 1. Explicación gráfica de una asignatura con condición de isla conceptual.



En cuanto a la relación y funcionalidad de la asignatura con las demás entidades temáticas constitutivas del plan de estudios, se definen las siguientes relaciones numéricas: 1 espacio formativo de 53 en total, 3 créditos de 160 obligatorios, 64 horas de trabajo presencial y 80 horas de trabajo independiente de 720 horas totales para el periodo académico y, 7680 horas totales de estudio para todo el proceso de formación en pregrado. Magnitudes y relaciones que vislumbran una aparente marginalidad de la asignatura en un universo de exigencias académicas, la cual es malinterpretada por el estudiante, quien toma actitudes negativas como la displicencia, la obligatoriedad o la prevención mientras cursa la asignatura; y la omisión o el olvido luego de haberla aprobado.

Adicionalmente, en el sílabo de la asignatura se evidencian varios temas que no tienen asidero histórico ni relación explícita con otros súper conceptos antes vistos y asimilados, como por ejemplo: a) la mecánica de fluidos compresibles, b) el metabolismo urbano y c) la termodinámica. Situación que, sumada a la exigencia del curso de dominar la química, la meteorología, la climatología, los balances de materia y energía, y el control de operaciones y procesos, establece una estructura conceptual propia y exclusiva que se distribuye de manera limitada en los contenidos temáticos de la asignatura, que no se encuentra explícita en otro espacio formativo del plan de estudios, y que difícilmente establece relaciones claras con otras estructuras conceptuales.

## 2. El mapa mental

Producto de la sinapsis y con valor cognitivo, el mapa mental es una representación gráfica no lineal del conocimiento y las ideas, que está conformado por elementos - entidades y relaciones que representan el estado de un sistema específico; cuya característica dendrítica facilita la flexibilización de la mente para aprender y desaprender cada vez que en éste se presenten cambios de estado. Esta singularidad conlleva que la adquisición de nuevas referencias, valores, inclinaciones conductuales, relaciones, juicios, pensamientos determinados, experiencias y capacidades por parte de los estudiantes (Izquierdo, 2004: 51) tiendan a reflejarse en palabras, números, secuencias lógicas, imágenes, dimensiones, simbologías y formas visuales susceptibles de conformar unidades y conjuntos con valor cognitivo.

Sin embargo, los mapas mentales, al ser finitos en tamaño e incapaces de representar directamente un dominio infinito, exigen – a quien aprende- que en cada sesión de trabajo presencial o independiente se deban hacer aserciones descriptivas de subsistemas temáticos, que posteriormente se consolidarán como

bloques cognitivos que pueden ser combinados y recombinados conforme lo exijan los proyectos de clase y los problemas objeto de trabajo (Moreira, 2002:7); pudiendo así representar los posibles estados de un sistema cuando se presenta la socialización, discusión, análisis y/o crítica a través de los diferentes dispositivos pedagógicos de la asignatura, a saber: clase magistral, taller, laboratorio y trabajo de campo (Universidad Central, 2013). Tarea que el profesor evidencia a lo largo del periodo académico para mantener la integralidad de los contenidos temáticos del rompecabezas de información que define el sílabo.

Adicionalmente, y con el objeto de verificar la función y el significado del curso en cada uno de los estudiantes, al final del proceso se utiliza esta herramienta para la evaluación de la enseñanza y del aprendizaje. La dinámica exige una construcción individual, y posteriormente, una reconstrucción colectiva en cada uno de los grupos de trabajo; de esta manera se espera que, a partir de la argumentación, las visiones de mundo y el acervo conceptual de cada uno de los estudiantes, de la discrepancia, la crítica respetuosa y el consenso, el mapa mental (individual y colectivo) se constituya en una nueva base sólida para que el individuo pueda afrontar el mundo que existe más allá del aula.

Para la valoración de los constructos, se ha perfeccionado la rúbrica diseñada por Cristian Díaz (2010), que en síntesis considera los siguientes elementos de calificación: a) claridad conceptual y terminológica, b) relaciones entre conceptos, c) niveles de profundidad, d) interpretación y redundancia, e) cartografía y, f) linealidad (Tabla 1); los cuales se ponderan en una ecuación que permite obtener la calificación del mapa mental.

Tabla 1. Rúbrica propuesta por el autor para la evaluación<sup>1</sup> de los mapas mentales.

Categoría	Calificación	Criterio
<b>Claridad conceptual y terminológica</b> $\alpha$	$\alpha = 2$	El mapa muestra que el hacedor tiene un entendimiento de los conceptos y utiliza los términos adecuados.
	$\alpha = 1$	El mapa tiene errores terminológicos y evidencia que el hacedor tiene vacíos conceptuales
	$\alpha = 0$	El constructo muestra que el hacedor no tiene conocimiento en torno al concepto y al tema.
<b>Relaciones entre conceptos</b> $\beta$	Si $\beta \leq 3$ ; $\beta = 2$	El mapa demuestra que el hacedor establece relaciones válidas entre las entidades
	Si $\beta (4;7)$ ; $\beta = 1$	La representación tiene varias relaciones erradas entre conceptos
	Si $\beta > 7$ ; $\beta = 0$	El mapa presenta una gran cantidad de conexiones erradas que limitan el establecimiento de proposiciones lógicas
<b>Niveles de profundidad</b> $\gamma$	Si $\gamma \geq 6$ ; $\gamma = 2$	El mapa presenta muchos niveles de profundidad que lo constituyen como una estructura completa
	Si $\gamma (4, 5)$ ; $\gamma = 1$	En el mapa mental se exponen los conceptos básicos del curso
	Si $\gamma \leq 3$ ; $\gamma = 0$	El mapa mental es deficiente en extensión y profundidad
<b>Interpretación y redundancia</b> $\delta$	$\delta = 2$	El mapa es claro y fácil de interpretar
	$\delta = 1$	La representación es difícil de interpretar
	$\delta = 0$	La representación no es un mapa conceptual
<b>Cartografía</b> $\sigma$	$\sigma = 2$	El mapa mental presenta gráficos, existe una codificación de colores. Adicionalmente, hace uso de un formato estándar de Ingeniería

<sup>1</sup> Esta propuesta de calificación fue definida por Díaz (2010) con base en las propuestas de Bobby Bartels (1995) que evalúa los conceptos y la terminología, las relaciones entre conceptos y la habilidad del estudiante para comunicar conceptos a través del mapa conceptual; Pérez y Gallego (2001), que considera el número de jerarquizaciones entre los conceptos, las conexiones válidas y cruzadas entre los mismos y los ejemplos clarificadores; y por último, Christine Hogan (2007), que califica la amplitud y profundidad de los contenidos, las ideas propias que se logran abarcar y las estrategias de cartografía mental utilizadas.

<b>Linealidad</b> $\epsilon$	$\sigma = 1$	El constructo presenta gráficos, existe una codificación de colores; pero no hace uso de un formato estándar de Ingeniería
	$\sigma = 0$	El mapa no presenta estética alguna
	$\epsilon = -2$	El gráfico no es un mapa mental, tiene una alta linealidad (tipo diagrama de flujo) y una amplia transcripción textual de frases y párrafos
	$\epsilon = -1$	No hay linealidad aparente, pero si hay transcripciones de frases y párrafos
	$\epsilon = 0$	La representación gráfica es dendrítica

$$Calificación = \frac{\alpha + \beta + \gamma + \delta + \sigma - \epsilon}{2} \text{ Ecuación 1}$$

Luego de cinco años de aplicación sistemática de mapas mentales para el desarrollo temático, la evaluación y la representación de sistemas físicos, químicos y biológicos en los cursos de *Gestión Integral de la Calidad del Aire*, se ha evidenciado que su uso interno (mente) y externo (numérico, proposicional y gráfico) ha permitido a los estudiantes y al profesor organizar sistémicamente sus pensamientos y mejorar la forma de expresión y la capacidad de argumentación; así mismo, ha favorecido un aumento significativo del nivel académico de la asignatura.

Por otro lado, se ha identificado que los constructos llegan a un límite de desarrollo posible dentro del espacio formativo, tal como lo afirma Johnson – Laird (1983; 1996) al evidenciar que en los procesos de aprendizaje, el estudiante llega a tener un modelo mental gobernado por las condiciones de verdad del espacio formativo (Figura 2), y del discurso del modelo conceptual sobre el que se basa la asignatura.

Figura 2. Construcción progresiva del mapa mental individual al mapa definitivo.



Elaboración propia

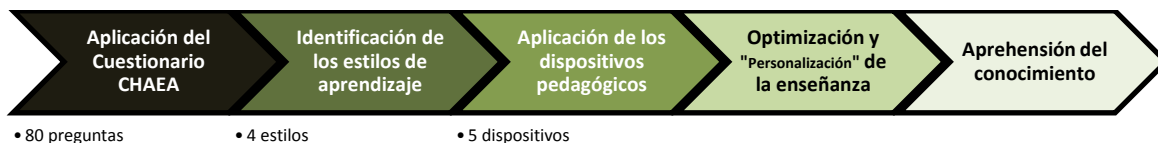
### 3. Los estilos de aprendizaje

En el entendido que “*el aprendizaje es la actividad mental por cuyo medio el alumno adquiere, retiene y utiliza conocimientos, actitudes, habilidades, hábitos, y desarrolla distintas capacidades de respuesta*” (Izquierdo, 2004:57); y que principalmente esto se logra en las sesiones de trabajo presencial e independiente de los espacios formativos donde confluyen las distintas visiones de mundo, los modelos mentales y las singularidades y los diversos estilos de aprendizaje de los estudiantes, es menester del profesor revisar - en cada periodo académico - tanto su forma de enseñar como la forma como los alumnos aprenden, debido a que cada curso es diferente y heterogéneo al constituirse en nuevos y diferentes individuos y contextos

Por tal motivo, y en aras de situar la enseñanza y la actividad académica lo mejor posible a las necesidades y “posibilidades” individuales -respetando los objetivos de la asignatura y atendiendo principios de equidad, calidad y exigencia-, se han diversificado los dispositivos pedagógicos (Universidad Central, 2013) y formas de evaluación con base en los estilos de aprendizaje predominantes de los estudiantes; ante lo cual se ha

aplicado - al inicio del curso - el Cuestionario CHAEA<sup>2</sup>, que permite identificar cuatro formas cómo los discentes perciben, interaccionan y responden a sus ambientes de aprendizaje (Alonso & Gallego, 2013; Keefe, 1982), a saber: activo, reflexivo, teórico y pragmático (Figura 3).

Figura 3. Proceso de aplicación del cuestionario CHAEA en el curso *Gestión Integral de la Calidad del Aire*.



Elaboración propia

De esta manera, se ha logrado fortalecer la planificación académica al completar la especificación temática y competencias con el “diagnóstico” preliminar del estudiante; determinando así lo que se va a aprender y quien lo va a aprender. Así mismo, se ha mejorado la instrucción durante el curso, puesto que se han habilitado espacios y actividades que facilitan la evaluación y la aprensión personalizada de conocimiento al propender por los estilos existentes, ya que la instrucción –susceptible de ser medida- logra una mayor efectividad.

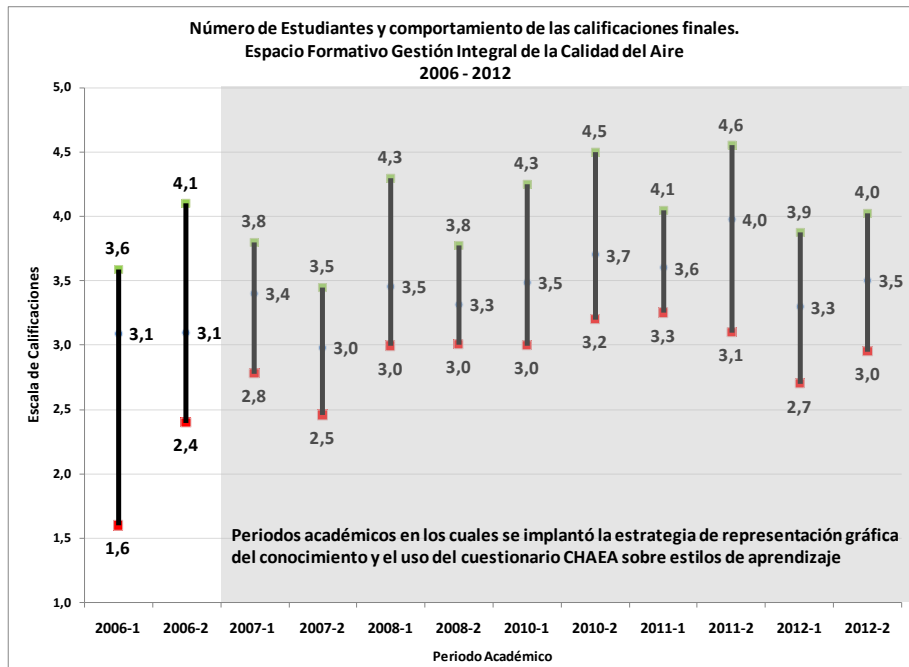
#### 4. Resultados

Al final de los periodos lectivos, se aprecia que la mayoría de estudiantes logran representar gráficamente sus modelos mentales, de tal forma que se facilita la construcción e interpretación de proposiciones válidas sobre los modelos conceptuales de la asignatura; más aún, logran representar estructuras subyacentes más refinadas y robustas a las esperadas. Así mismo y en una menor proporción, se alcanzan superestructuras articuladas con los contenidos temáticos anteriores; que en síntesis, es lo que se desea al final de un proceso de enseñanza y de aprendizaje.

Por otro lado, los resultados académicos globales del curso han presentado una mejoría desde la implantación de la estrategia (Gráfico 1), los cuales se han traducido en: a) una reducción en el número de pérdidas en el espacio formativo, pasando de un 20% y 53% de no aprobaciones en los periodos 2006-1 y 2006-2, respectivamente, a un 12% en el 2012-1 y 2% en el 2012-2; b) el aumento de la calificación promedio, al elevar 0.4 décimas entre el periodo 2016-2 (3.1) al 2012 -2 (3.5), c) el mantenimiento de las máximas notas en cada periodo académico en valores próximos o superiores a 4.0 y, d) el aumento de las calificaciones mínimas, pasando de 1.6 y 2.4 en cada periodo del año 2006, a valores de 2.7 y 3.0 en el año 2012. Adicionalmente, se logró un ciento por ciento de aprobación consecutiva en los periodos 2008-1 a 2011-2.

<sup>2</sup> El Cuestionario Honey Alonso sobre Estilos de Aprendizaje – CHAE, es una herramienta desarrollada por los profesores Catalina Alonso García y Domingo Gallejo Gil, que permite identificar los rasgos cognitivos, afectivos y fisiológicos - que sirven como indicadores relativamente estables - del aprendizaje (Alonso & Gallego, 2013).

Gráfico 1. Comportamiento de las calificaciones finales. Espacio Formativo Gestión Integral de la Calidad del Aire.



Sin embargo, un reducido número de estudiantes no logra hacer fructífera la experiencia debido a la tradición memorística que los gobierna y a que, posiblemente, sus esquemas de asimilación no se excitan al no percibir razones o porque se niegan hacerlo; al igual que ocurrió con las investigaciones de Moreira y Rodríguez (2010).

Así mismo, se mantiene el comportamiento evidenciado por Díaz (2010:93) en donde una pequeña población persiste en mantener un pensamiento lineal en el desarrollo temático del curso, lo que se evidencia en una recurrente dificultad para representar sus modelos mentales bajo cualquier forma gráfica, ya sea desde un plano cartesiano hasta un mapa mental o conceptual. Taras que se atribuyen a memes adquiridos durante su proceso formativo en la educación básica y en cursos anteriores en el programa profesional.

## 5. Conclusiones y Reflexiones

Aunque idealmente las asignaturas de un plan de estudios deben conformar una clara y robusta estructura súper conceptual, en algunas ocasiones el diseño deja brechas abismales entre los espacios formativos teóricos, teórico – prácticos y prácticos/experimentales, debido a que los contenidos temáticos respectivos no logran representar una relación explícita, ni los objetivos alcanzan para identificar una realidad clara para el estudiante.

La investigación llevada a cabo durante cinco (5) años en los cursos de *Gestión Integral de la Calidad del Aire*, corrobora los estudios de Greca y Moreira (1997), Rodríguez Palmero (2000; 2001) y Díaz (2010) con respecto al mejoramiento del desempeño académico de los estudiantes que aparentemente desarrollan estructuras mentales representadas gráficamente en mapas mentales y conceptuales, y que logran dar

cumplimiento a las realidades técnica, tecnológica y científica inmersas en los contenidos temáticos de la asignatura.

El proceso de enseñanza apoyado por la exposición y construcción conjunta de mapas mentales y otras formas gráficas de representación del conocimiento, y la evaluación final del aprendizaje a través de estos constructos, ha permitido identificar la forma como los estudiantes logran sortear los discursos y las representaciones lingüísticas propias de la mayoría de los problemas planteados en la clase, en las evaluaciones, los laboratorios y el trabajo de campo.

Por otro lado, existe la posibilidad que un número de estudiantes, durante los años de aplicación de la estrategia, hayan desarrollado mapas mentales efectivos para la evaluación y el seguimiento del proceso académico, pero que en el fondo no gocen de una adecuada comprensión de los fenómenos, algoritmos matemáticos y conceptos asociados con la asignatura.

## 6. Trabajos futuros

Es menester determinar la capacidad de los mapas mentales u otras formas gráficas de representación del conocimiento para el desarrollo de “guías” de laboratorio que se aparten del determinismo y conductismo tradicional de los enunciados y el diligenciamiento de formatos prescriptivos en blanco. Unas herramientas que realmente exijan la comprensión de los fenómenos y los conceptos; y que exijan una robustez cognitiva de los estudiantes.

Debido a la funcionalidad y evolución de los modelos mentales, se pretende verificar si los estudiantes que aprobaron la asignatura *Gestión Integral de la Calidad del Aire* pueden, después de un tiempo, mantener en la memoria de largo plazo los conceptos adquiridos en clase, o si han reestructurado la función de los mismos para atender nuevos retos académicos, profesionales o personales.

## Agradecimientos

Esta investigación de campo fue realizada gracias a la colaboración de la comunidad académica de estudiantes que participaron en el espacio formativo *Gestión Integral de la Calidad del Aire* durante los periodos 2006-1 al 2008-2 y del 2010-1 al 2012-2.

## Referencias Bibliográficas

- Alonso C. & Gallego D. & García J. (2013). *CHAEA, Estilos de Aprendizaje*. Disponible en: <http://www.estilosdeaprendizaje.es/menuprinc2.htm>
- Bartels B. (1995). *Promoting Mathematics Connections with Concept Mapping*. Mathematics Teaching in the Middle School, 1(7), 542-549, Reston, VA: NCTM.
- Cagné R. (1975). *Principios básicos del aprendizaje para la instrucción*. México D.F., México.: Editorial Diana.
- Díaz C. (2010). *Uso de mapas conceptuales en cursos con condición de isla conceptual: experiencia en programas de Ingeniería*. En: Revista Educación en Ingeniería junio de 2010, N. 09. Bogotá D.C., Colombia.: Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería - ACOFI.



- Greca I. & Moreira M. (1997). *Modelos mentales y aprendizaje de la física en electricidad y magnetismo*. En: Revista Brasileira de Investigación en Educación en Ciencias, Vol. 02, No. 03. Sao Pablo, Brasil.: Universidad de Sao Pablo.
- Greca I. & Moreira M. (1997). *The kinds of mental representations - models, propositions and images - used by college physics students regarding the concept of field*. En: International Journal of Science Education, Vol. 19, No. 6, páginas 711-724. : Roudledge Taylor & Francis.
- Hogan C. (2007). *Facilitating multicultural groups: a practical guide*. Glasgow, Great Britain.: Bell & Bain.
- Izquierdo C. (2004). *Aprendizaje inteligente*. México D.F., México.: Editorial Trillas.
- Johnson – Laird P. (1983). *Mental Models*. Cambridge, EE.UU.: Harvard University Press.
- Johnson – Laird P. (1996). *Images, models and propositional representation*. En: Models of visuospatial cognition. New York, EE.UU.: Oxford University Press.
- Keefe J. (1982). *Profiling and Utilizing Learning Style*. Reston, Virginia: NASSP.
- Moreira M. & Greca I. & Rodríguez M. (2002). *Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza aprendizaje de las ciencias*. En: Revista Brasileira de Investigación en Educación en Ciencias, Vol. 02, No. 03. Disponible en: Portal de Enseñanza en Ciencias <http://www.cianciamao.usp.br>.: Universidad de Sao Pablo.
- Pérez R. & Gallego R. (2001). *Corrientes Constructivistas: de los mapas conceptuales a la teoría de la transformación intelectual*. Bogotá, Colombia.: Cooperativa Editorial Magisterio.
- Sobrino J. (2000). *Jesús de Nazareth ¿qué diría hoy a los universitarios?* Caracas, Venezuela.: Ediciones del Centro de Reflexión Oscar Arnulfo Romero.
- Titone R. (1901). *Metodología didáctica*. Traducción de: Rivas Navarro Manuel (1966). Madrid, España.: Ediciones Rialp.
- Universidad Central (2013). *Sílabo de la asignatura Gestión Integral de la Calidad del Aire*. Bogotá D.C., Colombia.: Departamento de Ingeniería Ambiental.

### Información del Autor

- **Cristian Díaz**. Ingeniero Químico, Especialista en Manejo Integrado del Medio Ambiente y Magister en Medio Ambiente y Desarrollo; profesor y actual director del Departamento de Ingeniería Ambiental de la Universidad Central. [cdiaza2@ucentral.edu.co](mailto:cdiaza2@ucentral.edu.co)

---

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería y de la International Federation of Engineering Education Societies

Copyright © 2013 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI), International Federation of Engineering Education Societies (IFEES)