

# Actividades de aprendizaje para atender a la diversidad cognitiva de los estudiantes en un curso de Física preuniversitaria\*



Javier Cervera Montesinos<sup>1</sup>, Joan J. Solaz Portolés<sup>2</sup> y Vicent Sanjosé López<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departament de Física de la Terra i Termodinàmica

<sup>2</sup>Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals i Socials. Avinguda dels Tarongers, 4. 46022 València. España.

<sup>3</sup>ERI-Polibienestar/Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals i Socials. Universitat de València. España.

**E-mail:** Joan.Solaz@uv.es

(Recibido el 19 de Mayo de 2011; aceptado el 29 de Junio de 2011)

\*Aspectos substanciales de este trabajo fueron presentados en una comunicación en el I Congreso Virtual Internacional de Formación del Profesorado, Murcia (ESPAÑA).

## Resumen

Presentamos una propuesta de actividades de aprendizaje para atender la diversidad cognitiva de los estudiantes. Se trata de actividades de Interacción Electromagnética dentro del currículum de Física de segundo de Bachillerato (España). La propuesta sigue las directrices provenientes de la sociología de la educación y de las investigaciones en didáctica de las ciencias, así como de la normativa legal vigente. En esencia, la propuesta se basa en desdoblarse las actividades en *analógicas* (cualitativas) y *proposicionales* (cuantitativas).

**Palabras clave:** Currículum, actividades de aprendizaje, atención a la diversidad.

## Abstract

We show a proposal of learning activities aimed to deal with cognitive diversity of students. These activities are of Electromagnetic Interaction from the curriculum of grade 12 course of Physics (Spain). The proposal follows the guidelines that come from the sociology of education and the research in science education, as well as the educational laws. In essence, it is based on unfolding the activities into *analogical* activities (qualitative activities) and *propositional* activities (quantitative activities).

**Keywords:** Curriculum, learning activities, attention to the different students.

**PACS:** 01.40.Fk, 01.40.ek, 01.40.gb

**ISSN 1870-9095**

## I. INTRODUCCIÓN

El objetivo de la atención a la diversidad es hacer frente, de un modo profesional y eficaz, a las diferencias en capacidades e intereses de los alumnos y conseguir su adaptación a situaciones que requieren una pluralidad de necesidades y aptitudes, con el fin de facilitarles que alcancen los objetivos de cada nivel educativo [1]. Con este fin, los profesores pueden aplicar múltiples medidas para dar una respuesta eficiente a las demandas educativas de los alumnos. Esta respuesta puede concretarse a nivel de aula e incluso particularizarse para cada alumno mediante las oportunas adaptaciones curriculares [2].

En este trabajo, pretendemos ofrecer una propuesta para la atención a diversidad en una unidad didáctica de la asignatura de Física de segundo del Bachillerato español: Interacción Electromagnética [3]. Asumimos el concepto de diversidad en un sentido amplio, refiriéndonos sobre todo a los estilos de aprendizaje de cada alumno.

## II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Puigvert y Oliver [4] defienden la utilización de la misma metodología de enseñanza/aprendizaje para todo el alumnado, independientemente de su capacidad. Además, para los alumnos con más dificultades, apuestan por proporcionarles más material didáctico del mismo nivel pero con un enfoque diferente.

En las investigaciones llevadas a cabo por Greca y Moreira [5, 6] se han puesto de manifiesto la dificultad que supone para los estudiantes el concepto de campo electromagnético. Furió y Guisasaola [7] atribuyen esta dificultad a una introducción del concepto de campo en el aula que soslaya el contexto histórico y los problemas con la interacción a distancia que fueron resueltos, finalmente, por dicho concepto.

La comprensión adecuada de contenidos científicos supone de elaboración de modelos mentales que deben ser coherentes con los modelos conceptuales de las teorías

científicas [8, 9]. Por otro lado, dichos modelos mentales pueden construirse tanto a nivel *proposicional*, que implica el manejo verbal de definiciones y relaciones matemáticas, como a un nivel más cualitativo en forma de imágenes. Así, por ejemplo, un modelo mental de campo electromagnético elaborado por expertos (físicos) es en parte *proposicional* y en parte *analógico*. Esto es, los expertos utilizan representaciones *proposicionales* integradas en su modelo mental físico, junto con representaciones en forma de imágenes. En este modelo mental físico, los conceptos están diferenciados, relacionados, jerarquizados, y subordinados a principios generales [10].

De acuerdo con los trabajos de Greca y Moreira [5, 6] mencionados anteriormente, los estudiantes que consiguen construir un modelo mental del campo electromagnético pueden clasificarse en dos grupos: *analógicos* y *proposicionales*. Los *analógicos* se caracterizan por:

- Imaginar las líneas de fuerza del campo eléctrico y magnético de manera similar a lo que aparece en los libros. Se apoyan en las representaciones de campo eléctrico, y las adaptan para las de campo magnético.
- Para definir los conceptos, utilizan dibujos y/o las manos.
- En general, cuando se les pide comentar algunas de las leyes estudiadas, recurren a ejemplos.
- A pesar de no saber resolver matemáticamente los problemas, visualizan la solución a partir de las imágenes que construyen.

Los *proposicionales* en cambio:

- Trabajan sólo a partir de fórmulas y definiciones.
- Frente a un problema, determinan los conceptos involucrados, recurren a las fórmulas que consideran adecuadas y reinterpretan luego los resultados.
- Tienen un buen dominio matemático.

En un trabajo posterior de estos autores [10] se concluye que los estudiantes que obtenían mejores resultados en la evaluación de conocimientos de electricidad y magnetismo eran aquellos que habían formado un modelo mental de campo electromagnético que se aproximaba al que elaboran los expertos (físicos). Los estudiantes que obtuvieron peores resultados en la evaluación se limitaban a trabajar con proposiciones (fórmulas, definiciones o enunciados) aisladas, no integradas en un modelo mental del concepto de campo electromagnético, y que aplicaban mecánicamente. Estos últimos estudiantes resuelven los problemas por ensayo y error, construyen mapas conceptuales de escasa diferenciación conceptual y jerárquica, y tienen poca o nula capacidad explicativa y predictiva. En cambio, los estudiantes con buenos resultados plantean e interpretan las soluciones de los problemas en términos físicos, sus mapas conceptuales contienen conceptos diferenciados, relacionados y jerarquizados, y tienen muy buena capacidad explicativa y predictiva.

De todo lo dicho hasta aquí podemos concluir que la atención a la diversidad de estudiantes en el aula debe comportar: a) una adecuación de las actividades al desarrollo de las capacidades cognitivas y metacognitivas de los estudiantes; b) el estímulo para la construcción de

representaciones mentales cada vez más elaboradas, cuyo grado de abstracción vaya creciendo y se hagan más cercanas a las que construyen los científicos.

El primer aspecto se relaciona con lo que comúnmente se reconoce como “dificultad de la actividad”. En el aprendizaje de la Física, muchas de las actividades a realizar tienen forma de problema. La definición de problema es amplia y se han propuesto diferencias entre ejercicio y problema, entre problemas abiertos y cerrados, entre problemas conceptuales y algorítmicos, etc. [11, 12]. Los profesores de Física suelen proponer un abanico amplio de cuestiones y problemas de dificultad creciente a sus estudiantes, aunque no es frecuente que se realice un análisis de las variables que hacen que un problema sea más o menos difícil. Solaz-Portolés y Sanjosé [13] analizan el efecto de diferentes variables cognitivas y metacognitivas que intervienen en la elaboración y manipulación de modelos mentales necesarios para la resolución de problemas: base de conocimiento (declarativo, procedimental, estratégico, situacional y esquemático), capacidad de la memoria de trabajo y destrezas metacognitivas.

El segundo de los puntos anteriores, el estímulo para la construcción de modelos mentales adecuados, no suele ser tan bien atendido en las unidades didácticas. De acuerdo con Mayer [14], los procesos de resolución de problemas pueden agruparse en dos pasos, representación del problema o modelo mental, y solución del mismo. Para construir una representación mental del problema, el aprendiz sigue dos etapas: *traducción* del problema e *integración*. En la primera, el estudiante extrae conceptos de la descripción textual del problema mediante su conocimiento lingüístico y semántico. Los estudios de Lee y colaboradores [15, 16] ponen en evidencia que el éxito en la resolución de problemas depende enormemente de una adecuada *traducción* del enunciado del problema, y del adecuado encaje de dicho enunciado en la base de conocimientos del estudiante. En la *integración*, se demanda del aprendiz conectar las proposiciones del enunciado del problema para elaborar una representación coherente. En esta etapa, el estudiante tiene que hacer uso de su conocimiento esquemático de problemas, tanto para integrar piezas de información del problema, como para determinar la categoría del mismo. Cuando la descripción del problema se ha transformado en un modelo mental adecuado, se puede decir que el estudiante ha comprendido el problema y está en condiciones de solucionarlo correctamente.

Así pues, comprender un problema comporta construir una representación mental de la situación descrita en el enunciado. Kintsch [17] sostiene que se construyen tres niveles de representación mental: a) Superficial, nivel léxico o de reconocimiento de las palabras y estructuras gramaticales simples; b) Base de Texto, o nivel semántico constituido por el significado (o por las proposiciones) del texto; y c) Modelo de la Situación, elaborado a partir de la conexión de la base de texto y de los esquemas de conocimiento del sujeto que resuelve el problema. Kintsch y Greeno [18] postularon un cuarto nivel de representación

en el caso de problemas matemáticos: el modelo del problema o nivel abstracto, que involucra magnitudes, operaciones y ecuaciones. Para Gangoso y colaboradores [19], este último nivel se puede desdoblarse en el caso de problemas de Física en dos: el Modelo Físico Conceptual, cuyos elementos son conceptos, leyes y principios; y el Modelo Físico Formalizado, construido a partir de elementos lógico-matemáticos como vectores, ecuaciones, números...

La propuesta que aquí se expone tiene como intención atender este aspecto importante mediante actividades que, teniendo el mismo contenido conceptual, ayuden al desarrollo de las diferentes representaciones mentales necesarias en física, el Modelo de la Situación, el Modelo Físico Conceptual y el Modelo Físico Formalizado. Naturalmente, no puede ser ésta la única estrategia didáctica, se tiene que complementar como mínimo con la construcción de mapas conceptuales y trabajos prácticos.

### III. CONCRECIÓN DEL PLANTEAMIENTO

Partimos del diseño de unidad didáctica pensada para aplicarla en el aula siguiendo un modelo de enseñanza/aprendizaje de corte constructivista en el que los alumnos, mediante un adecuado programa de actividades en el que participan activa y colaborativamente, construyen sus propios conocimientos [20]. Hay que tener presente el papel fundamental del profesor en este modelo, ya que diseña las actividades y la evaluación, facilita los recursos adecuados, genera discusiones y reflexiones en el aula, y orienta y dirige los procesos de aprendizaje. Esta unidad didáctica debe ser desarrollada a partir de trabajo reflexivo y colaborativo en pequeños grupos. El trabajo en grupo es fundamental en el modelo constructivista [21], dado que de este modo se incrementa el nivel de participación y de creatividad necesaria para abordar las distintas actividades de aprendizaje que se proponen. Los grupos deben interaccionar lo máximo posible para comparar ideas y resultados obtenidos por todos, así como discutir cuáles resultan más pertinentes o acertados con la ayuda del profesor [22].

De forma resumida, la metodología a emplear en el desarrollo de la unidad didáctica se concreta en torno a tres elementos básicos:

1. Un programa de actividades, situaciones problemáticas que impliquen a los alumnos en tareas de aprendizaje.
2. Trabajo en pequeños grupos
3. Interacción y retroalimentación entre los grupos, el profesor y el programa de actividades.

Dentro de este programa de actividades incluimos dos tipos de actividades -basándonos en la clasificación de estudiantes de Greca y Moreira [5, 6]- referidas al mismo concepto, principio o ley. El primer tipo de actividades, que llamaremos *analógicas*, están pensadas para aquellos estudiantes que, o bien pueden construir y trabajar con modelos básicamente *analógicos* (esto es, construyen modelos mentales que se basan fundamentalmente en

imágenes y son, por consiguiente, fundamentalmente cualitativos), o bien no tienen la capacidad de elaborar un modelo mental adecuado y suelen trabajar con proposiciones aisladas. Dichas actividades son esencialmente cualitativas. El otro tipo de actividades, que denominaremos *proposicionales*, van dirigidas a los estudiantes que construyen y trabajan con modelos básicamente *proposicionales* (esto es, basados en el uso verbal de definiciones y relaciones matemáticas). Estas últimas actividades son primordialmente cuantitativas, cerradas y operativas (se aplican fórmulas, definiciones, etc.). Además, ofrecemos un tercer tipo de actividades, llamadas actividades de *ampliación*, que son optativas y destinadas a alumnos aventajados o dispuestos a efectuar un esfuerzo adicional. Éstas están específicamente dirigidas a estudiantes capaces de elaborar modelos mentales similares a los de los un físico experto.

A continuación presentamos ejemplos de actividades que han sido propuestas en una doble opción, como *analógicas* y *proposicionales*, en el desarrollo de la unidad didáctica Interacción electromagnética para el segundo de Bachillerato español.

ANALÓGICA
<b>Actividad 29a.</b> Cómo variará, de forma aproximada, la energía potencial de dos cargas eléctricas con signos diferentes en función de la distancia de separación. Si, al inicio, las dos cargas se encuentran a una distancia $r$ i la carga positiva está fija pero la negativa se puede mover libremente, ¿hacia donde tenderá a ir la carga negativa? ¿Por qué? ¿Qué pasaría si las dos cargas fueran positivas?
PROPOSICIONAL
<b>Actividad 29b.</b> Suponed que disponemos de cargas $Q_1 = -1\mu\text{C}$ y $Q_2 = 1\mu\text{C}$ a) Elaborad la tabla distancia de separación entre cargas-energía potencial ( $r_{12} - E_p$ ) para los valores de $r_{12} = \{0.25, 0.5, 1, 2, 4, 8\}$ (en metros) y haced la representación gráfica correspondiente. b) Supongamos que la carga $Q_2$ está fijada pero la carga $Q_1$ se puede mover. Si, en un determinado momento, las cargas estuvieran a una distancia $r_{12} = 2\text{ m}$ , ¿hacia donde tendería a ir la carga móvil? c) Repetid a) y b) pero suponiendo que ambas son positivas.

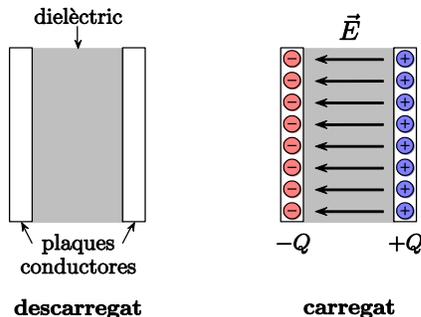
ANALÓGICA
<b>Actividad 32a.</b> (a) Representad cualitativamente el potencial electrostático que genera una carga positiva y una carga negativa en función de la distancia $r_{12}$ . (b) El cambio de energía potencial electrostática a que está sometida una carga eléctrica entre dos puntos donde hay una variación de potencial eléctrico $\Delta V$ es igual a $\Delta E_p = Q\Delta V$ Consideremos la gráfica del potencial de una carga positiva. Supongamos que ponemos a una distancia $r_{12} \neq 0$ otra carga positiva (menor que la primera porque su efecto sea despreciable sobre el potencial). Indicad hacia donde irá la carga positiva. ¿Qué pasaría si esta segunda carga fuese negativa?
PROPOSICIONAL
<b>Actividad 32b.</b>

- (a) Calculad el potencial que crea una carga  $Q_1 = +10 \mu\text{C}$  en los puntos  $r_{12} = \{0.25, 0.5, 1, 2, 4, 8\}$  m (haced una tabla) y representadla gráficamente.
- (b) Calculad el potencial que crea una carga  $Q_1 = -10 \mu\text{C}$  en los puntos  $r_{12} = \{0.25, 0.5, 1, 2, 4, 8\}$  m (haced una tabla) y representadla gráficamente.
- (c) El cambio de energía potencial electrostática a que está sometida una carga eléctrica entre dos puntos donde hay una variación de potencial eléctrico  $\Delta V$  es igual a

$$\Delta E_p = Q\Delta V \quad (8)$$

- Supongamos la carga que teníamos de  $+10 \mu\text{C}$  y una segunda carga móvil de valor  $Q = -1 \mu\text{C}$ . A partir de la expresión (8), calculad la variación de energía potencial entre los puntos que están a  $r_{12} = 1$  m y  $r_{12} = 0.25$  m, por un lado, y entre los puntos que están a  $r_{12} = 1$  m y  $r_{12} = 8$  m, por otro. ¿Qué variación de energía potencial (contando con el signo) es menor. ¿Hacia dónde tenderá a ir la segunda carga?.
- (d) ¿Qué pasaría si en lugar de tener la carga de  $+10 \mu\text{C}$ , ésta fuera de  $-10 \mu\text{C}$ ?

Un condensador es un dispositivo formado por dos placas conductoras que separan un dieléctrico (un aislante). Cuando en las placas de un condensador hay un exceso de carga (por el proceso que se utiliza a la hora de crear este exceso de carga, en una placa tenemos un exceso de carga positiva  $+Q_0$  y en la otra un exceso de carga negativa  $-Q_0$  ( $Q_0 > 0$ ). En el interior del condensador se genera un campo electrostático aproximadamente constante.



ANALÓGICA

**Actividad 36a.** Supongamos que podemos hacer un agujero en el condensador e introducimos un electrón por la placa negativa. Una vez está dentro del condensador, ¿cómo es la fuerza que actúa sobre el electrón? ¿Qué dirección y sentido tiene? Haced un dibujo esquemático. De acuerdo con la fuerza que actúa y la velocidad del electrón, ¿qué trayectoria seguirá? ¿Qué tipo movimiento hará? ¿Cómo podríamos calcular su velocidad final?

PROPOSICIONAL

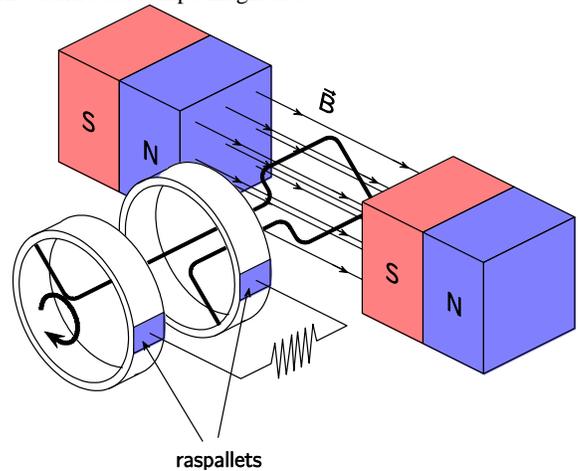
**Actividad 36b.** Supongamos que dentro del condensador hay un campo  $\vec{E} = -10^4 \vec{i}$  N/C. Situamos un electrón (masa  $9.1 \times 10^{-31}$  kg y carga  $-1.6 \times 10^{-19}$  C) al lado de la placa negativa en la posición (0, 0). Indicad

(a) ¿Cuál será la fuerza que actúa sobre el electrón? ¿Qué sentido tendrá?

(b) ¿Cuál será la aceleración del electrón por causa del campo eléctrico? ¿Qué tipo de movimiento hará el electrón?

(c) Una vez identificado el movimiento, tratad de obtener la velocidad y la posición en el plano cuando llega a la placa positiva, situada a una distancia de 2mm de la placa negativa.

La figura muestra de forma esquemática el funcionamiento de un generador que funciona por un fenómeno de inducción electromagnética. Mediante un aporte de energía hacemos girar la espira dentro del campo magnético.



ANALÓGICA

**Actividad 81.** ¿Podrías explicar las bases físicas de su funcionamiento? ¿Cómo será la forma funcional de la f.e.m. que genere?

PROPOSICIONAL

**Actividad 81.** Supongamos que hacemos girar una espira aproximadamente cuadrada de lado 1 m, con una frecuencia de 50 Hz dentro de un campo magnético constante. La superficie de la espira gira según la función

$$\vec{S} = S(\cos \omega t \vec{i} + \sin \omega t \vec{j})$$

y el campo magnético es  $\vec{B} = 0.5 \vec{i}$  T.

- (a) Calculad el valor de la frecuencia angular y del módulo de la superficie de la espira.
- (b) Calculad la forma funcional del flujo de campo (depende del tiempo) que atraviesa la espira.
- (c) Calculad el valor de la f.e.m. inducida en la espira.
- (d) Elaborad una tabla con los valores de la f.e.m. inducida  $\varepsilon$  para los valores de tiempo  $t = \{0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20\}$  ms. Representa gráficamente  $\varepsilon$  en función de  $t$ .

#### IV. CONSIDERACIONES FINALES

Las actividades *analógicas* y *proposicionales* están diseñadas para realizarlas estudiantes distintos de un mismo grupo y después poner en común los resultados obtenidos, primero en el grupo y después en el aula. Naturalmente, ello requiere que el profesor, a través de los oportunos instrumentos de diagnóstico, sea capaz de identificar a los estudiantes como *analógicos*, *proposicionales*, o con dificultades para elaborar modelos mentales adecuados. Esto se puede hacer al principio del curso académico siguiendo las directrices de Greca y Moreira [10], a saber, analizando cómo resuelven los problemas, contestan a las cuestiones y elaboran mapas conceptuales.

Nuestro objetivo es que los estudiantes puedan abordar con éxito las actividades propuestas, y por ello ajustamos las demandas cognitivas de las actividades a sus capacidades. Si bien, tras la puesta en común en el aula de los resultados de cada grupo, con su correspondiente análisis en cada actividad –con su doble opción *analógica* y *proposicional*- y la oportuna discusión con el profesor (por tanto, los estudiantes que han realizado la actividad *analógica*, también participan en el análisis de las actividades *proposicionales* y toman nota de las mismas; y a la inversa el resto), se espera que una buena parte de los estudiantes comiencen a elaborar modelos mentales que contengan representaciones mixtas de proposiciones e imágenes, con conceptos relacionados, jerarquizados y subordinados a principios generales.

El análisis de los resultados obtenidos por la aplicación de la unidad didáctica diseñada (con las actividades *analógicas* y *proposicionales*, junto con otras actividades de aprendizaje: mapas conceptuales, trabajos prácticos, etc.) en diversos grupos de estudiantes serán presentados en un próximo trabajo.

#### REFERENCIAS

[1] Mateo, J., *La atención a la diversidad a través de materiales curriculares adaptados*, Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias **2**, 416-429 (2005).  
 [2] Calvo, M. I., González, F., *III Congreso “La atención a la diversidad en el Sistema Educativo”*, Universidad de Salamanca (INICO, 2001).  
<http://campus.usal.es/~inico/actividades/actasuruguay2001/2.pdf> Consultado el 04 de Enero de 2010.  
 [3] Cervera, J., *Proposta de desenvolupament d'una unitat didàctica: Interacció electromagnètica de segon de Batxillerat*, Trabajo fin de Máster, Departament Didàctica de les Ciències Experimentals i Socials, Universitat de València, 2010 (sin publicar).  
 [4] Puigvert, L. & Oliver, E., *Sociología de la Educación*, (Pearson Prentice Hall, Madrid, 2003).  
 [5] Greca, I. M. & Moreira, M. A., *Un estudio piloto sobre representaciones mentales, imágenes, proposiciones y*

*modelos mentales respecto al concepto de campo electromagnético en alumnos de física general, estudiantes de posgrado y físicos profesionales*, Investigações em Ensino de Ciências **1**, 95-104 (1996).  
 [6] Greca, I. M. & Moreira, M. A., *The kinds of mental representations –models, propositions and images- used by college students regarding the concept of field*, Int. J. Sci. Educ. **19**, 711-724 (1997).  
 [7] Furió, C. & Guisasola, J., *Difficulties in learning the concept of electric field*, Sci. Educ. **82**, 511-526 (1998).  
 [8] Greca, I. M. & Moreira, M. A., *Modelos mentales, modelos conceptuales y modelización*, Cad. Cat. Ens. Fís. **15**, 107-120 (1998).  
 [9] Greca, I. M. & Moreira, M. A., *Mental, physical, and mathematical models in the teaching and learning of physics*, Sci. Educ. **86**, 106-121 (2002).  
 [10] Greca, I. M. & Moreira, M. A., *Modelos mentales y aprendizaje de física en electricidad y magnetismo*, Enseñanza de las Ciencias **16**, 289-303 (1998).  
 [11] Johnstone, A. H., *Creative Problem Solving in Chemistry*, (The Royal Society of Chemistry, London, 1995).  
 [12] D. H. Jonassen, *The 11th International Conference on Education Research: New Educational Paradigm for Learning and Instruction*, September 29–October 1 (Seoul National University, Korea, 2010).  
<http://www.aect.org/publications/whitepapers/2010/JonassenICER.pdf>. Consultado el 13 de Febrero de 2010.  
 [13] Solaz, P. J. J. & San José, V., *Representations in problem solving in science: Directions for practice*, Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching **8**, 1-17 (2007).  
 [14] Mayer, R. E., *Thinking, problem solving and cognition*, 2<sup>nd</sup> Ed. (Freeman, New York, 1992).  
 [15] Lee, K. W. L., *Cognitive variables in problem solving in chemistry*, Res. Sci. Educ. **15**, 43-50 (1985).  
 [16] Lee, K. W. L., Goh, N. K., Chia, L. S. & Chin, C., *Cognitive variables in problem solving in chemistry: A revisited study*, Sci. Educ. **80**, 69-710 (1996).  
 [17] Kintsch, W., *Comprehension: A paradigm for cognition*, (Cambridge U. P, New York, 1998).  
 [18] Kintsch, W. & Greeno, J., *Understanding and solving word arithmetic problems*, Psych. Rev. **92**, 109-129 (1985).  
 [19] Gangoso, Z., Truyol, M. E., Brincones, I. & Gattoni, A., *Resolución de problemas, comprensión, modelización y desempeño: un caso con estudiantes de Ingeniería*, Lat. Am. J. Phys. Educ. **2**, 233-240 (2008).  
 [20] Gil, D., Guisasola, J., Moreno, A., Cachapuz, A., Pessoa de Carvalho, A., Martínez, J., Salinas, J., Valdés, P., González, E., Gené, A., Dumas, C. A., Tricárico, H. & Gallego, R., *Defending constructivism in science education*, Science & Education **11**, 557-571 (2001).  
 [21] Linn, M. C. & Burbules, N. C., *The practice of constructivism in science education*, (Lawrence Erlbaum, Hillsdale N. J., 1993).  
 [22] Wheatly, G. H., *Constructivist perspectives on Science and Mathematics learning*, Sci. Educ. **75**, 9-21(1991).