



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

### TÍTULO

Desarrollo empresarial sostenible desde la investigación fitoquímica: una innovación pedagógica para la formación multidisciplinaria del químico colombiano.

### Áreas Temáticas

Educativa - Análisis y Desarrollo Empresarial

### Área Específica

Innovación e investigación en didáctica de las ciencias

### Autor 1:

Martha Beatriz Ramírez González

Licenciada en Educación: Química y Biología. MSc Biología.

Doctorando en Ciencias de la Educación UPTC - Rudecolombia.

Grupo de Investigación en Ecoeficiencia Innovación y Productos Naturales, Escuela de Química UPTC.

e-mail: marberami@gmail.com, martha.ramirez@uptc.edu.co, Celular: 3153172727

### Autor 2:

Víctor Hugo Cely Niño

Ingeniero Químico MSc. MBA. Ph.D en Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia.

Grupo de Investigación en Ecoeficiencia Innovación y Productos Naturales, Escuela de Química UPTC.

e-mail: vhcelyn@unal.edu.co, victor.cely@uptc.edu.co, Celular: 3003178555



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

### RESUMEN

Los procesos de formación profesional de pregrado en la enseñanza de las ciencias, ha desencadenado múltiples y drásticos cambios de enfoques y paradigmas, hacia una formación más coherente y autónoma, frente a los retos de la frontera del conocimiento.

En el primer quindenio del siglo XXI, el debate pedagógico se ha centrado en la formación de formadores que a su vez formarán la nueva generación de profesionales químicos, basada en paradigmas emergentes y distantes del otrora abordaje lineal y reduccionista en la interpretación del universo, situación que llevó a una asombrosa subdivisión de la realidad, a pesar que el análisis de los fenómenos es cada vez más complejo y no lineal.

Hoy, el desafío no sólo es comprobar y descubrir, sino innovar productivamente, por ello, a las competencias propias del conocimiento, se ha de sumar las acciones de innovación y desarrollo empresarial, desde las propias aulas, con proyectos y productos emprendidos desde soluciones verdes y sostenibles, con responsabilidad social.

El Grupo de Investigación en Ecoeficiencia de la Escuela de Química UPTC, desarrolló una exitosa innovación denominada *encadenamiento pedagógico* para la formación en competencias empresariales desde la química verde, basada en aprendizaje significativo, usando como estrategia metacognitiva el aprendizaje colaborativo basado en proyectos investigativos, desde la *Fitoquímica Industrial*, impartida como asignatura del currículo.

Los resultados alcanzados durante cinco semestres, han generado un reconocimiento empresarial y el posicionamiento de los egresados en la comunidad empresarial regional.

La experiencia evidenció la adquisición de competencias y permitió demostrar la alta eficiencia y productividad de la innovación, porque incorpora vivencias y reflexiones para construir e interiorizar en los estudiantes de forma analítica y crítica su propio derrotero en valores ambientales, basados en una estructura conceptual desde la fitoquímica, el desarrollo empresarial y la producción ecoeficiente y concomitante con el paradigma de sostenibilidad; por tanto, constituye el resultado tangible de una formación emancipadora hacia la producción (procesos y productos) sostenibles.

Palabras Clave: emprendimiento sostenible, encadenamiento pedagógico, fitoquímica.



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

### I. INTRODUCCIÓN

El conocimiento, como protagonista central de la sociedad actual, impacta los diferentes ámbitos de la vida del ser humano, a partir de sus propios procesos de aprendizaje, configura su capital intelectual y le permite adaptarse a los cambios, enfrentándose a las demandas y desafíos que el entorno plantea en forma integrada, para lo cual su reversa relacional está centrada en las competencias investigativas adquiridas en su formación investigativa. (Zumalacárregui y Mondeja, 2007).

El debate epistemológico converge hoy en *pensamiento relacional* entre las ciencias básicas para aplicar el conocimiento en resolución de problemas reales sin impactar el entorno social. Es indudable que la ciencia y el desarrollo científico han formado parte objetiva del universo, los fenómenos y por su carácter progresivo, denotan un marco analítico relacional debido a un nivel de aplicación del conocimiento, dirigido a la vida humana y comprometida con su entorno social y ambiental.

La enseñanza de la química orientada con criterios del desarrollo sostenible es un elemento conceptual que mejora su aceptación social y su interés, permitiendo un avance más consistente en las áreas de investigación, innovación y desarrollo, a pesar que su estructuración e impartición requiera de niveles de más alta complejidad, entendiéndose que deberá centrarse en métodos, experiencias y casos más flexibles y económicamente viables no sólo por lo que respecta a las regulaciones ya existentes, sino por la capacidad de emprenderlos (desarrollarlos), previendo la contaminación desde su origen. A estas competencias se han de sumar, las acciones de innovación y desarrollo empresarial, desde las propias aulas con proyectos y productos emprendidos desde el paradigma del desarrollo empresarial sostenibles, con responsabilidad social.

En consecuencia, surge la pregunta de investigación: ¿cómo enseñar ciencias significativamente, desde enfoque innovador y emprendedor, que privilegie competencias para la formación de un químico autónomo en la industria, capaz de emprender acciones de creación de empresas sostenibles, que posibilite transformar su entorno?

Bajo éste marco analítico, desde la teoría del aprendizaje significativo y colaborativo, basado en proyectos investigativos de emprendimiento, el Grupo de Investigación en



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

Ecoeficiencia y Productos Naturales de la Escuela de Química, Universidad Pedagógica de Colombia (Uptc) en Tunja, desarrolló una innovación acuñada como *encadenamiento pedagógico*, con propósito de *formación empresarial y verde* del químico, articulados con criterios de producción limpia y lineamientos de sostenibilidad fuerte.

El propósito de este trabajo es presentar los fundamentos teóricos, epistemológicos, estrategia metodológica y resultados obtenidos en producción de conocimiento y generación de competencias que posibiliten el desempeño competente del futuro químico en el sector productivo o como emprendedor social y ambientalmente responsable. Este trabajo de importante trascendencia, además constituye la columna vertebral de la tesis doctoral realizada por la coautora, denominada “encadenamiento pedagógico y sustentable para la formación transdisciplinar del profesional en química.

## II. METODOLOGÍA

Se parte de la identificación y planteamiento de dichos problemas que deben abordarse e investigarse desde los procesos de apropiación del conocimiento (León y Montero, 1997). La instrumentalización está relacionada con el aprendizaje por proyectos emprendedores porque incorpora los elementos pedagógicos y didácticos del modelo de formación-emprenderismo, provenientes de metodologías universales aplicadas en la formación de emprendedores, en diferentes IES colombianas.

**Tipo de investigación.** El encadenamiento desarrollado fue de tipo descriptivo, porque el objetivo es determinar la relación que existe entre diferentes conceptos, categorías y estrategias. Se inscribe dentro del enfoque cuantitativo, no experimental, porque no se manipula las “variables” de estudio; por lo tanto implica el enfoque más apropiado para investigaciones descriptivas y relacionales. (Hernández Sampieri, et. al, 2006).

**Tipo de estudio.** Se desarrolló un estudio longitudinal, durante 5 semestres segundo de 2013 a segundo de 2015, aplicando el encadenamiento al grupo de estudio (intervenido) y a un grupo de control que recibió la formación sin cualificación en emprendimiento.

**Población del estudio.** Sesenta (60) estudiantes, quienes cursaban la asignatura fitoquímica industrial en octavo semestre de Química en la UPTC de Colombia.



**“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”**  
Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

**Desarrollo.** La metodología encadenó los eslabones de ésta formación emprendedora: competencias de conocimiento significativo y competencias actitudinales, mediadas además por las experiencias acumuladas y exitosas de cohortes anteriores.

**Instrumentalización.** Los proyectos se planificaron y ejecutaron por parejas de estudiantes organizadas a su libre albedrío; cada grupo identificó y caracterizó un problema real, el cual resolvió durante el curso, con una solución ecoeficiente.

**Fases de la investigación.** Partiendo de los escenarios propuestos por Brooks-Young (2005), se generó una metodología basada en se desarrollan cuatro fases metodológicas con sus respectivas etapas. Las fases de la innovación pedagógica, fueron: planeación (con formación), desarrollo, evaluación y estrategias de comunicación (ver figura 1).

Así mismo, se incorporaron las competencias individuales del estudiante (sujeto cognoscente que participa en el proceso), las experiencias significativas anteriormente consolidadas y el desempeño del curso en términos de rendimiento escolar.

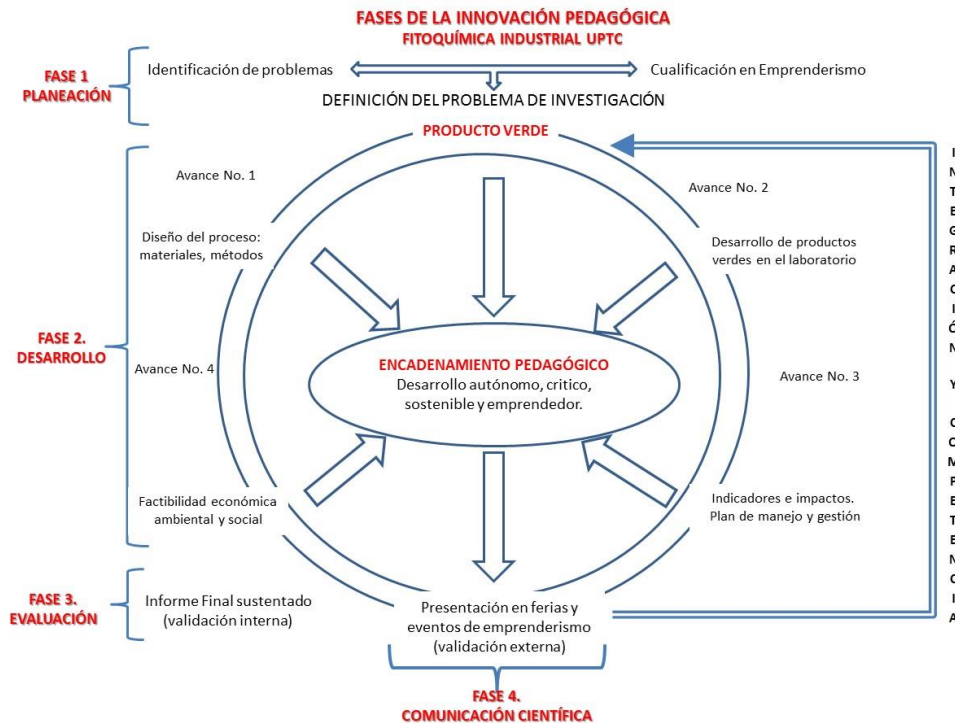


Figura 1. Fases de la innovación Pedagógica.

Fuente: elaboración propia, a partir de Tamayo (2003), p.69-76.



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

### III. RESULTADOS

Se presentan en tres partes referidas a los logros alcanzados con el grupo experimental (del semestre respectivo), así: construcción metodológica, estrategias de evaluación y producción en términos de productos y proyectos de emprendimiento.

#### III.1. CONSTRUCCIÓN METODOLÓGICA

##### FASE 1. PLANEACIÓN.

Cualificación y entrenamiento para identificar problemas y planteamiento de soluciones sostenibles, para fortalecer las capacidades de emprendimiento hacia la creación de empresas innovadoras, en el sector real regional.

**Primera Etapa.** Identificación de problemas y cualificación en emprendimiento, apoyados en los modelos pedagógicos y metodologías reportadas en la literatura. Se evidencia la capacidad de formular preguntas coherentes, para precisar el problema, en el proceso de indagación.

##### FASE 2. DESARROLLO DEL PROYECTO.

*Segunda Etapa.* Selección del problema: aplicación de una matriz de decisión, para escoger el problema de investigación y elaborar su perfil. Se revisa la literatura actual sobre el tema, se formula el problema y se crea un producto relacionado con su solución, derivado de la investigación.

*Indicador de Avance No.1.* Socialización del hallazgo: coevaluación. Planteamiento de hipótesis, mapas conceptuales iniciales, estrategias y resultados esperados frente al problema identificado.

*Tercera Etapa.* Diseño del proceso: se determina las capacidades de clasificación y selección de las posibles alternativas para la solución del problema.

*Indicador de Avance No. 2.* Retroalimentación del proceso y producto a desarrollar: coevaluación y autoevaluación. El grupo evalúa su trabajo de forma autocrítica, sus conocimientos iniciales, frente a los logros alcanzados.





## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

*Cuarta Etapa.* Fase experimental: Desarrollo de productos y pruebas, incluyendo el análisis órgano sensorial. Se pone a prueba la capacidad de iniciar y desarrollar un proceso investigativo aplicado.

*Indicador de Avance No. 3.* Retroalimentación de los resultados: coevaluación y autoevaluación.

*Quinta Etapa:* Cálculo de indicadores e impactos generados. Plan de manejo y de gestión ambiental para los probables residuos contaminantes.

*Indicador de Avance No. 4.* Revisión de los docentes titulares, quienes imparten el curso.

*Sexta Etapa.* Determinación de la factibilidad del emprendimiento.

*Indicador de resultado.* Informe económico, financiero, ambiental y social.

### FASE 3. EVALUACIÓN FINAL

Aplicada por el equipo docente, participantes y jurado evaluador. Se analiza y evalúa la argumentación del trabajo, solución tangible-sostenible y aprendizaje a través del proceso integrado de indagación; correspondiendo a la validación endógena de los resultados.

### FASE 4. COMUNICACIÓN CIENTÍFICA

Socialización de resultados, por interacción con la comunidad académica UPTC y en ferias de emprendimiento. Permite evidenciar la comunicación de hechos y procedimientos científicos usados, frente a la comunidad empresarial del área de influencia, lo cual le aporta los elementos de validación externa requeridos.

## III.2. ESTRATEGIAS DE EVALUACIÓN DEL PROCESO

La evaluación concebida como un proceso de formación integral y de valoración del rendimiento del proceso, permite determinar desde tres ámbitos, el nivel de logro de éstos elementos de competencia: habilidades cognitivas y técnicas, pensamiento reflexivo y crítico, de comunicación científica oral. La autoevaluación y coevaluación una importante ponderación como un elemento autocrítico, de empoderamiento y crecimiento personal.

En el encadenamiento, la heteroevaluación (externa al estudiante) implica la evaluación realizada por el cuerpo académico, sobre el nivel de ejecución de las actividades aprobadas en el plan de trabajo y las acciones diseñadas para el mejoramiento.



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

**Autoevaluación de competencias adquiridas.** El propósito de formación fue determinar los tres tipos de competencias adquiridas por los estudiantes, sobre la concepción de aprendizaje y su motivación para apropiar estrategias de aprendizaje autónomo: de conocimiento, de pensamiento crítico y de comunicación.

La competencia de conocimiento y habilidad técnica con base en los criterios de: capacidad para integrar la teoría con la práctica; dominio y destreza en la utilización de técnicas, procedimientos e instrumentos; contexto académico y entorno industrial.

La competencia de pensamiento crítico con base en los criterios de: reflexividad (ensayo escrito), autocrítica (auto evaluación); análisis lógico; identificación de datos relevantes e información significativa.

La competencia de comunicación oral en público, con base en los criterios de habilidad verbal, corporal y uso de recursos.

Se diseñó y construyó un instrumento de autoevaluación, alrededor de cinco dimensiones metacognitivas: problematización, organización de conocimiento, autorregulación (tiempos y movimientos), aprendizaje con pares mediante trabajo colaborativo (comunidad de aprendizaje) y emprendimiento.

El instrumento está conformado por 40 ítems a través de una escala Likert (1 a 4), que permite asignar uno (1) al menor logro (no pudo alcanzarla) y cuatro (4) al mayor logro (se alcanzó totalmente). Se aplicó en 20 minutos y aportó información relevante individual.

**Co-evaluación del proceso de aprendizaje.** Cada grupo de trabajo evalúa a cada uno los grupos que participaron en el grupo experimental, sobre ocho tipo de competencias del saber y del hacer en los proyectos emprendidos: habilidades interpersonales, capacidad de trabajo en equipo, habilidades de análisis lógico y razonamiento, análisis de información y manejo de fuentes, análisis de relaciones conceptuales (conceptos previos), adaptación a la innovación pedagógica, habilidades de comunicación escrita habilidades de comunicación verbal.

**Heteroevaluación.** Realizada por los docentes que imparten la asignatura y la comunidad empresarial, consiste en el proceso tradicional de evaluación (pasiva), aplicado por el equipo docente e invitados del cuerpo académico. Se analizan los informes, exposición sobre la argumentación del trabajo, lo innovador y propositivo del proyecto sostenible





## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

desarrollado, necesaria para la validación endógena de los resultados. Finalmente el concepto y premiación del jurado evaluador externo correspondiente a la comunidad empresarial y sector gobierno, si los hubiera.

### III.3. PRODUCTOS Y PROYECTOS EMPRENDIDOS

En su orden cualitativo, la adquisición de competencias alcanzadas fue: competencia en el conocimiento y la interacción con el fenómeno o problema relevante; autonomía e iniciativa personal; competencia social y ambiental; aprender a aprender; competencia comunicativa lingüística y audiovisual.

El abordaje de problemas sociales relacionados con el desarrollo sostenible supone como eje central el microcurrículo productivo (binomio aula-laboratorio), cuya supraorganización se refiere a la educación autónoma, mediada por procesos metacognitivos.

Los logros alcanzados en desarrollo de las cinco experiencias semestrales, evidenciaron transformaciones cognitivas y actitudinales que posibilitaron el desarrollo autónomo de competencias interdisciplinarias, desde la perspectiva del emprendimiento en ciencias.

La productividad del proceso de formación mediante el encadenamiento y socialización del conocimiento adquirido en el emprendimiento en fitoquímica fue: fragancias a partir de extractos de plantas aromáticas regionales de Boyacá; cerveza artesanal a base de papa, infusiones aromáticas encapsuladas, jabón líquido antibacterial a base de productos naturales; jabones y velas aromatizantes; jabón líquido a partir de residuos de la cáscara de naranja; saponinas para uso en jabón natural; plantillas para pie diabético a base de biopolímeros; crema fría a base de productos naturales; gel aromatizante con aceite esencial de geranio rosa; gel térmico a base de piña; gel terapéutico para uso en pies diabéticos y piernas; pañitos impregnados de aceites esenciales, con efecto cicatrizante y antibacteriano; aceite limpiador facial; bloqueador solar a base de la retama negra; champú y desinfectante para caninos a base de productos naturales; insecticida orgánico a base de ají (*Capsicum frutescens*).

Los productos desarrollados y socializados en cuatro eventos regionales de innovación y emprendimiento, alcanzaron cinco galardones, dos innovaciones biotecnológicas, dos contratos tecnológicos y el posicionamiento profesional.



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

Seis de estos desarrollos investigativos fueron embrión y posterior desarrollo de Trabajos de Investigación de pregrado en Química y Tesis de Maestría en Ciencias - Biología.

### IV. CONCLUSIONES

El encadenamiento pedagógico es una innovación que aporta valor al estado actual del conocimiento y desarrollo pedagógico, porque más allá de una novedad educativa, constituye el resultado tangible de una formación emancipadora hacia la consolidación de proyectos emprendidos (procesos y productos) tangibles, factibles y sostenibles.

Lo que inició como una propuesta pedagógica sostenible, está produciendo resultados meritorios y galardonados a nivel regional, como resultado de una apuesta integrada, inicialmente fue cuestionada por lo incierta, imprevisible y escéptica, porque modificaba los paradigmas y la zona de confort del estudiante, desde el habitual trabajo individual, hacia lo autocrítico y críticamente colectivo.

El encadenamiento alcanzó importante nivel de reconocimiento nacional e internacional de la comunidad académica, como innovación en formación por competencias en investigación, con carácter dinámico, creativo y responsable socialmente; a juzgar por aceptación en diferentes eventos académicos y de investigación.

### BIBLIOGRAFÍA

Ausubel, D., Novak, J y Hanesian, H. (1990) Psicología educativa: Un punto de vista cognoscitivo. México: Editorial Trillas.

Brooks-Young, S. (2005). Project-Based Learning: Technology Makes It Realistic! Today's Catholic Teacher, 38(6): 35-39. Oid: 942267001. [Consultado: febrero de 2013].

Brown, A. (1987). Metacognition, executive control, self-regulation and other mysterious mechanisms. En: Weinert and Kluwe (eds.). Metacognition, motivation and understanding; pp. 65-116. NJ: L. Erlbaum.

Cely, V; Ramírez, M (2015). Química industrial ecoeficiente: encadenamiento pedagógico y sostenible en la formación del químico. Memorias V Congreso Internacional Educación Ambiental. Universidad Veracruzana, Xalapa, 28-30 de septiembre de 2015. (En prensa)



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

- Creswell, J.W. (2012). Educational Research: Planning, Conducting, and Evaluating Quantitative and Qualitative Research. Boston: Pearson, 4th ed.
- De Fillippi, R.J. (2001). Introduction: Project-based learning, reflective practices and learning outcomes. *Management Learning* 32(1): 5-11. [Consultado: diciembre de 2013].
- Díaz-Barriga, F. (2003). Cognición situada y estrategias para aprendizaje significativo. *Revista Electrónica Investigación Educativa* 5(2):1-13.
- Flavell, J. (1976). Metacognitive Aspects of Problem Solving. En: Resnick, L. B. (Ed.): *The Nature of Intelligence*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Garritz, A. (2010). La enseñanza de la química para la sociedad del siglo XXI, caracterizada por la incertidumbre. *Educ. quím.*, 21(1):2-15.
- Glinz, P.E. (2005). Un acercamiento al trabajo colaborativo, *Revista Iberoamericana de Educación*, 35(2). [http://www.campus-oei.org/revista/rec\\_dist6.htm](http://www.campus-oei.org/revista/rec_dist6.htm). [Consulta: abril 2014].
- Hung, D., Nichani, M.R. (2002). “Bringing communities of practice into schools: Implications for instructional technologies from Vygotskian perspectives. *International Journal of Instructional Media*, 29(2):171-184. [Consultado: junio de 2015].
- León, O., Montero, I. (1997). *Diseño de investigaciones: Introducción a la lógica de investigación en Psicología y Educación* 2ª ed. Madrid: McGraw Hill
- Lucero, M; Chiarani, M. (2012). Modelo de aprendizaje colaborativo-ambiente ACI. [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/22788/Documento\\_completo.pdf?sequence=1](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/22788/Documento_completo.pdf?sequence=1).
- Moreira, M.A. (2005). Aprendizaje significativo crítico (Critical meaningful learning). *Indivisa. Boletín de Estudios e Investigación*, 6: 83-102.
- Moreira, M.A. (2006). *A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula*. Brasília: Editora da UnB, 185p
- Petrucci, D. (2009). El taller de enseñanza de física como innovación: diseño, desarrollo y evaluación. Tesis doctoral, didáctica de ciencias experimentales, Universidad de Granada.
- Tamayo y Tamayo, M. (2003). *El proceso de la Investigación Científica*. México: Limusa.
- Tovar-Gálvez, J. (2005). Evaluación metacognitiva y el aprendizaje autónomo. En: *Tecné Episteme y Didaxis*. 2º Congreso Formación de Profesores de Ciencias, UPN Bogotá D.C.
- Zumalacárregui, B., Mondeja, D. (2007). Los enfoques de ciencia, tecnología y sociedad, recurso didáctico en la Química Universitaria. *Pedagogía Universitaria*, XII (5): 43-52.