

Química industrial ecoeficiente: un encadenamiento pedagógico y sostenible en la formación del químico de la UPTC

CELY-NIÑO, Víctor Hugo, RAMÍREZ-GONZÁLEZ, Martha Beatriz

V. Cely, M. Ramírez

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia UPTC.
vhcelyn@unal.edu.co

González - Hernández, María de los Ángeles, Domínguez - Basurto, Maribel, García-Durán, Atanasio. (eds.) *Educación Ambiental desde la Innovación, la Transdisciplinariedad e Interculturalidad*, Tópicos Selectos de Educación Ambiental- ©ECORFAN-Veracruz, 2015.

Resumen

Las estrategias endógenas sobre educación ambiental en niveles de educación primaria y secundaria, han fortalecido las competencias transversales y posibilitadas la formación de ciudadanos comprometidos con la ecología y el medio ambiente. En contraste, la educación superior privilegia los currículos disciplinares, permitiendo impartir solo algunas asignaturas de contexto, lo cual ha causado sesgo y dispersión en el enfoque realmente integrador de la educación ambiental. En la última década, el debate pedagógico se ha centrado en la responsabilidad ambiental y social, pero la formación de nuevos profesionales supone un abordaje más allá que la sola transversalidad, requiere un ámbito de acción por encima de su disciplina. Del debate epistemológico se colige que, transdisciplinariedad y complejidad no son excluyentes sino complementarias, e inscritas en el pensamiento relacional, por consiguiente implica una interpretación del conocimiento dirigido a la vida humana y comprometido con su entorno. Sin embargo, en las prácticas pedagógicas universitarias aún no se introducen en profundidad los planteamientos que implican un marco analítico relacional dentro y entre las ciencias básicas. Las dimensiones de sostenibilidad tampoco subyacen a la enseñanza de la química ni son ajenas al debate, menos aún, antagónicas en los escenarios académicos. Bajo éste marco analítico y el enfoque pedagógico del aprendizaje significativo y colaborativo, la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia concibió en 2009, un programa profesional en química, con propósitos de formación integral articulados con producción limpia y sostenibilidad fuerte.

Liderada por el Grupo de Investigación en Ecoeficiencia y Productos Naturales, se ejecutó una propuesta de encadenamiento pedagógico, basada en las dimensiones de autoconocimiento y autorregulación, que convergen en un curso denominado Química Industrial Ecoeficiente, impartido durante dos años (2013 a 2015) en el octavo semestre, con estrategias metacognitivas por proyectos emprendedores, integrados en un modelo endógeno de comunidad de aprendizaje. Esta innovación es un paso adelante hacia la química verde, porque la ecoeficiencia establece relaciones entre el impacto ambiental y el valor agregado al producto o proceso, para lograr mejores productos con menor uso de recursos materiales y energéticos, reducción-reúso de residuos y sustancias tóxicas, siendo estas ineficiencias termodinámicas con efectos adversos sobre la salud y el medio ambiente. Enalteciendo la doble implicación misional educativa, investigación científica e interdependencia con las realidades y complejidades de la problemática global, los estudiantes lograron transformaciones cognitivas y actitudinales que posibilitaron el desarrollo autónomo de competencias transdisciplinares, desde la perspectiva del emprendimiento en ciencias, inmersas en un rol de químico ambientalmente responsable y socialmente comprometido. En cuatro semestres de aplicación del encadenamiento, los químicos en formación interactuaron y se posicionaron en la comunidad empresarial regional por los productos ecoeficientes desarrollados, y socializados en diferentes eventos de innovación industrial, donde fueron reconocidos con galardones, contratos tecnológicos y recursos para su emprendimiento.

Ecoeficiencia, transdisciplinariedad, sostenibilidad, ineficiencias, emprendimiento

Introducción

El complejo proceso de la enseñanza de las ciencias naturales (biología, física y química) en los programas de pregrado en Colombia, ha sufrido permanentes cambios basados en marcos teóricos que responden a diferentes enfoques y paradigmas, de acuerdo con las Escuelas de Pensamiento Pedagógico y Científico, en la búsqueda de una formación más coherente y autónoma, incluyendo ensayo y error.

La formación profesional integrada con las realidades de su contexto y del mercado de destino en entornos cada vez más globalizados, exige un nivel de competencias del hacer, dado que cada vez es mayor la brecha entre las capacidades de los profesionales recién egresados y los rendimientos esperados por el sector productivo, empresas e industrias, in situ.

La evolución del concepto de ciencias, y en particular el estudio de las Ciencias Naturales, se ha desarrollado bajo el paradigma de la física clásica, por lo que su fragmentación para estructurar e interpretar su contenido ha sido reduccionista, hasta degradarla en áreas simplistas, mecánicas y determinísticas del conocimiento, quizá con el loable propósito de su comprensión.

El estudio de conceptos, características y condiciones que afectan a ciertos fenómenos, para luego aplicar una generalización aleatoria implica una forma reduccionista de analizar e interpretar el universo; desde ese enfoque, se ha desencadenado y quizá proliferado la impartición de contenidos “atomizados” es decir, abordados en forma lineal como subdivisiones de la realidad, a pesar que el análisis de los fenómenos cada vez es más complejo y no lineal.

La discusión y reflexión disciplinar conduce a que cotidianamente, la ciencia química y su aplicación en contextos de la industria química, se perciba como estática y se ignore la complejidad, el dinamismo y el cambio permanente del conocimiento y la tecnología; por esta razón, en la educación superior, los currículos y su eslabón más próximo -el aprendizaje-, no están construidos y menos aún desarrollados desde el paradigma multidisciplinar, a juzgar por el contenido programático supra-estructurado (altamente especializado=disciplinar), concomitante con la metáfora “los árboles no permiten ver el bosque”, porque su abordaje y estudio está centrado en meros conceptos, temas y tareas, o cuando lo “aprendido” no tiene un valor agregado y no permite apreciar su axiología en el sector real de la economía, donde el químico siempre jugará un rol preponderante e incluso “dominante” por su conocimiento científico.

Las consideraciones epistemológicas permiten interpretar al currículo como el puente que posibilita la generación de conocimientos, a partir de enfoques, estilos y estrategias del aprendizaje. Sin embargo, existen limitaciones causadas por el tradicional aprendizaje memorístico, porque cuando los estudiantes no son guiados para buscar la comprensión del tema que están abordando y, menos para ejercitar la forma de transferir los resultados de su aprendizaje; sus competencias son menores, dado que su aprendizaje no fue significativo y por lo tanto, su conocimiento tampoco.

En la formación universitaria de profesionales en áreas diferentes de la pedagogía ambiental, ingeniería ambiental y gestión ambiental, el manejo de la educación ambiental no ha sido la excepción y su abordaje se hace en forma dispersa, reduccionista y hasta difusa. Se cumple con incorporar una “explosión” de términos, terminologías o asignaturas relacionados con el medio ambiente, la ecología, la biodiversidad, entre otros; pero al igual que lo sucedido con las ciencias y la economía ecológica, se abstrae de la supra-organización, pluralidad y transdisciplinariedad que caracteriza a la educación ambiental, por estar inmersa en una inmensa red de relaciones e interconexiones.

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. (Zumalacárregui y Mondeja, 2007).

Bajo éste marco analítico y el enfoque pedagógico del aprendizaje significativo y colaborativo, la Escuela de Ciencias Químicas de la UPTC concibió en 2009, un Programa en Química, cuyos propósitos de formación profesional estarían articulados con los criterios de la producción limpia y sostenibilidad fuerte, como eje central el quehacer de sus futuros egresados.

Liderada por el Grupo de Investigación en Ecoeficiencia y Productos Naturales, se ejecutó una *propuesta de encadenamiento pedagógico*, basada en las dimensiones metacognitivas (autoconocimiento, autorregulación, autoevaluación), para converger en el microcurrículo de *Química Industrial Ecoeficiente*, el cual se ha impartido durante dos años consecutivos (2013 a 2015) en el octavo semestre, con estrategias metacognitivas por proyectos emprendedores y ecoeficientes, integrados en un modelo endógeno de comunidad de aprendizaje.

Los procesos cognitivos previos han estructurado los presaberes de los estudiantes, correspondientes a una línea en fisicoquímica, analítica, ambiental, operaciones unitarias y fitoquímica, para que desde allí se desarrolle un aprendizaje significativo, usando diversas estrategias de aprendizaje en donde los dos docentes autores de éste trabajo, actúan como motivadores, mediadores y facilitadores.

Esta perspectiva contribuye con el diseño y desarrollo de estrategias pedagógicas transdisciplinares que aportan significativamente a la construcción de valores ciudadanos y educación en valores ambientales, mediante generación de propuestas curriculares, pedagógicas y didácticas que acompañen problemáticas presentes en la realidad ambiental, social y cultural.

Las prácticas inmersas en este innovador proceso de *encadenamiento pedagógico*, que no se limitan solo a la transferencia sistemática y lineal de contenidos ambientales, sino que incorporan vivencias y reflexiones que permite a los estudiantes construir e interiorizar de forma analítica y crítica su propio derrotero en los valores ambientales, basados en una estructura conceptual desde la fitoquímica, la ecoeficiencia, la producción más limpia, lo cual subyace al paradigma de sostenibilidad. Se trata de una innovación educativa y emancipadora para la formación desde la ecología industrial hacia los procesos químicos sostenibles.

Indudablemente ésta es una propuesta pedagógica sostenible, que ha producido resultados meritorios y galardonados a nivel regional, como resultado de una apuesta integrada, aunque inicialmente fue cuestionada por lo incierta, imprevisible y escéptica, porque bifurcaba la zona de confort del estudiante, desde el habitual trabajo individual, hacia lo críticamente colectivo y con la brújula de la educación ambiental transdisciplinar, que a juicio de Wiches Chaux (2006) le imprime su carácter dinámico, creativo y responsable socialmente.

El problema pedagógico de investigación

Está basado en las siguientes preguntas orientadoras, adaptadas de los planteamientos para construir un problema de investigación en educación, Creswell (2012) y Kumar (2011):

¿Cuáles son los elementos conceptuales y las relaciones entre aprendizaje y desarrollo cognitivo del químico, coherentes con la realidad de los procesos de enseñanza y aprendizaje?

¿Cómo contribuir con el aprendizaje significativo y transdisciplinar de la química industrial ecoeficiente, para posibilitar un interés genuino por el estudio y el conocimiento de la ciencia química, socialmente responsable y sin impactar los recursos naturales?

¿Qué enfoques y estrategias metacognitivas pueden utilizarse para construir conocimiento útil en la solución a los problemas reales en química industrial, desde perspectivas multicausales, interdependientes y ambientalmente sanas?

¿Cómo enseñar ciencias significativamente, desde un 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 transformen su entorno?

Objetivos del Encadenamiento

Pedagógico Desarrollar las estrategias pedagógicas y las acciones didácticas, mediante aprendizaje significativo y colaborativo, basado en proyectos, buscando la producción de conocimiento, que posibilite el desempeño competente del futuro Químico UPTC en el sector productivo o como emprendedor social y ambientalmente responsable.

Determinar el nivel de logro en la adquisición de competencias, alcanzadas por la mediación pedagógica de las estrategias metacognitivas, en el proceso de Aprendizaje Autónomo en química industrial ecoeficiente, guiado por el principio de sostenibilidad fuerte.

Generar un encadenamiento pedagógico para el aprendizaje autónomo y transdisciplinario de la química industrial ecoeficiente con habilidades, suficiencia creativa y competencias, para la formulación, desarrollo y evaluación de un producto de emprendimiento industrial.

Elementos y Presupuestos Epistemológicos

Análisis de las relaciones entre conocimiento y el complejo proceso de aprendizaje, en el campo de química industrial con enfoque ecoeficiente y por tanto sostenible.

Construcción de significado: dado que, el conocimiento existe en la literatura y en las personas, pero las comunidades (científicas y no) lo construyen, lo definen, lo extienden y hacen uso significativo para la resolución de nuevos problemas. (Moreira, 1997).

Determinación del contexto sociocultural: procesos industriales en mercado de destino, en donde se comparten significados, resolución de problemas, desarrollo de productos ecoeficientes, articulados con el paradigma de sostenibilidad fuerte.

Planteamiento de problemas: el conocimiento está en permanente transformación, por tanto, se investiga sobre los procesos de apropiación del conocimiento (León y Montero, 1997). Con el propósito de solucionar los nuevos problemas y desafíos de química, desde la fitoquímica y la ecoeficiencia, la producción limpia y la ecología industrial.

Aprendizaje basado en proyectos, integrado al aprendizaje colaborativo. Forma parte de lo que García-Valcárcel (2009) denomina modelo interactivo, mientras que Hung y Nichani (2002) lo asocia y encadena como comunidades de aprendizaje.

Trabajo colaborativo: potencia el aprendizaje significativo por la interacción y el aporte de los miembros del grupo en la construcción del conocimiento, el desarrollo de habilidades sociales y cognitivas como el razonamiento, la observación, el análisis y el juicio crítico.

Permite compartir la autoridad y aceptar tanto la responsabilidad como el punto de vista del compañero; construir consenso con ellos y promover habilidades de socialización, mejorar la autoestima y la aceptación de las comunidades en las que se trabaja. La retroalimentación es esencial para el *éxito consistente del grupo*, porque es el grupo decide por consenso, cómo realiza las tareas, qué procedimientos adoptar, cómo dividir el trabajo, las tareas a realizar (Glinz, 2005).

Lucero, Chiarani y Pianucci (2003), consideran que el trabajo colaborativo fortalece habilidades personales y el sentido de pertenencia al grupo social, haciéndose responsable de su aprendizaje autónomo y aportando al de los demás miembros del grupo.

Aprendizaje por emprendimiento: es una cualificación a partir de elementos pedagógicos y didácticos del modelo de formación-emprendimiento, provenientes de metodologías aplicadas en la formación de emprendedores, por las Instituciones de Educación Superior exitosas del entorno académico colombiano como SENA y Universidades ICESI, EAFIT y EAN.

Referentes Teóricos

La educación es una interacción sociocultural en la que se comparten significados, entre el objeto y los sujetos (el que aprende, el que enseña a aprender y el grupo), así como entre los procesos y las prácticas tanto pedagógicas como didácticas.

Las habilidades metacognitivas son las necesarias para la adquisición, organización, uso y regulación del conocimiento, y evaluación de estos procesos. Flavell (1976), considera que los elementos de metacognición en el aprendizaje significativo y colaborativo, son los referentes teóricos en el que está soportado el desarrollo del encadenamiento pedagógico, además de su propio contexto. De suyo propio, la metacognición es ya un proceso de emprendimiento.

Brown (1987) señala que las formas de autorregulación ocurren cuando el estudiante exhibe una tendencia general hacia la vigilancia consciente y reflexiva de su pensamiento, manifestado en su habilidad para discutir y criticar sus propias estrategias de resolución de problemas y de modelos de conocimiento. Vosniadou (1996), considera que los estudiantes incrementan su conocimiento meta-conceptual, en ambientes de aprendizaje creados para expresar su representación de los fenómenos y compararla con las de otros.

Partiendo de una de las teorías psicológicas y de aprendizaje que ofrecen explicación de cómo se produce y cómo se facilita la cognición, el Aprendizaje Significativo, que según Moreira (2005) y a pesar de medio siglo de historia, posee un concepto sólido y estructurante, que es subyacente a los planteamientos piagetianos, kellianos y vygotskyanos, lo cual evidencia su potencialidad explicativa, hasta el extremo de resistir y superar otros enfoques cognitivos.

La Teoría de Aprendizaje Significativo es de gran trascendencia en la enseñanza y aprendizaje autónomo, porque centra la atención en el estudiante, siendo el constructo, la pieza clave para comprender el constructivismo moderno. Moreira (2005), propone tres fases: inclusión, diferenciación progresiva y reconciliación integradora.

La relación de enfoques y prácticas educativas que se percibe desde esta perspectiva, vinculada a la esfera del constructivismo es la siguiente:

La teoría constructivista de Piaget y la didáctica operatoria que se deriva: interacción, adaptación, acomodación, asimilación, equilibrio, estructuras cognitivas, acción, operativismo.

Las aportaciones de Vygotsky, con las relaciones entre pensamiento y lenguaje: la distancia entre lo que el sujeto puede hacer solo y lo que es capaz de hacer con la ayuda de otros.

La aportación de Bruner, especialmente en el ámbito del aprendizaje por descubrimiento y en el desarrollo cognitivo centrado en tres modos de representación del mundo: la representación ordenadora, la representación icónica, la representación simbólica. (Cid, 2008)

La Teoría de Ausubel en relación con el aprendizaje significativo, complementa al aprendizaje por descubrimiento de Bruner, aunque tiene en común con éste la convicción de que las personas aprenden mediante la organización codificada de las nuevas informaciones que reciben. El aprendizaje significativo supone la comprensión de los nuevos conocimientos que se incorporan a estructuras conceptuales ya existentes.

La metacognición, según Kagan y Lang (1978), es un constructo tridimensional basado en la reflexión (cognición propia), la administración (control y regulación) y la evaluación (retroalimentar, autoevaluar la eficiencia) del aprendizaje.

La relación y la práctica pedagógica emancipadora de la química, converge hacia escenarios con un desarrollo extraordinario con avances muy importantes en diferentes campos aplicativos a la vida como: el medio ambiente, la tecnología, la salud o la industria y es de esperarse que cualquier currículo emancipador que pretenda aplicar dichos avances e innovaciones en el aula de clase, encadene estos avances interdisciplinarios y transdisciplinarios, entre los conceptos y las teorías químicas que se introducen en los procesos de enseñanza- aprendizaje y los fenómenos científicos relacionados con la vida cotidiana (Caamaño, 2001).

Brooks-Young (2005), proponen el aprendizaje basado en proyectos debe estar articulado al currículo, con actividades planeadas para desarrollarse en un periodo de tiempo limitado y vinculadas con el trabajo académico diario, las cuales no son suplementarias a los contenidos u objetivos de aprendizaje; es una estrategia pedagógica para adquirir competencias y preparar al estudiante en tiempo real para la solución creativa y significativa de un problema real. Favorece el intercambio de conocimientos entre iguales y brinda la oportunidad a los estudiantes de encarar múltiples responsabilidades en su realización. En este sentido, el docente asume el rol de mediación (como guía y orientador de los esfuerzos) de aprendizaje de sus estudiantes, en tanto que ellos son participantes activos en la construcción del conocimiento.

Díaz-Barriga (2005) y De Fillipi (2001), afirman que el aprendizaje basado en proyectos, facilita la integración del conocimiento y su escala o aplicación a situaciones de la realidad.

Metodología

Este abordaje innovador del encadenamiento pedagógico, cuyo propósito es generar transformaciones en el entorno, se diseñó desde el aprendizaje significativo y mediado por lo metacognitivo; siendo cognitivo el primero (evaluando las estructuras conceptuales previas del estudiante y desarrollando estrategias de aprendizaje, habilidades y competencias del estudiante) y didáctico el segundo (con estrategias de aprendizaje basado en proyectos, identificando una situación problema que los estudiantes deben resolver).

Esta concepción en forma relacional entre objetos y sujetos, del proceso de aprendizaje significativo, articula diferentes enfoques de formación autónoma, mediante la enseñanza programada (conocimiento explícito) y su relación con un problema real caracterizado, además de la interpretación de la experiencia (conocimiento tácito).

El tipo de estudio al cual corresponde el encadenamiento es descriptivo, de acuerdo con Hernández Sampieri (2006), porque el objetivo es analizar la relación que existe entre diferentes conceptos, categorías y estrategias. Se inscribe dentro del enfoque cuantitativo, no experimental, porque de acuerdo con los objetivos específicos propuestos, no se manipulan las “variables” de estudio, por tanto este enfoque es apropiado para investigaciones descriptivas y relacionales.

Se desarrolló un estudio longitudinal, durante cuatro períodos académicos semestrales consecutivos: segundo de 2013 a primero de 2015, en los cuales se aplicó el encadenamiento y desde allí se recolectó la información relevante.

El universo de estudio es la población de octavo semestre del programa de Química en la UPTC de Colombia a lo largo de los cuatro semestres: cuarenta y cinco (45) estudiantes.

Los estudiantes organizan grupos de trabajo con dos miembros, cada grupo identifica y caracteriza un problema real, el cual resuelve durante el curso, con una solución ecoeficiente.

Para la incorporación del modelo de formación-emprenderismo, se considerarán los elementos pedagógicos aplicados en la formación de emprendedores por Instituciones de Educación Superior exitosas en éstas metodologías, como el Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, las Universidades ICESI de Cali, EAFIT de Medellín y EAN de Bogotá. Así mismo, las experiencias significativas acumuladas de cohortes anteriores de química industrial ecoeficiente.

La metodología desarrollada encadena los eslabones de ésta formación emprendedora: competencias de conocimiento significativo y competencias actitudinales.

Según Brooks-Young (2005), en la realización de proyectos se pueden identificar cuatro etapas: planificación, desarrollo, evaluación y comunicación de resultados. En la primera se identifica un problema del mundo real, se plantean preguntas sobre ése problema y se determinan los recursos necesarios. En la etapa de desarrollo se revisa e investiga sobre el tema, se formula el problema y se crea un producto relacionado con su solución, derivado de la investigación. La evaluación y comunicación de resultados implica la presentación de la propuesta a sus iguales.

Durante todo el proceso de investigación es necesaria la reflexión y la valoración crítica de las actividades y técnicas planeadas vs ejecutadas, lo cual se realizó en este trabajo con informes de avance (para socializar y retroalimentar) y una evaluación final, de tipo interna y externa. La interna mediante autoevaluación y coevaluación (compañeros y profesores, tanto de clase como del grupo de investigación); mientras que la externa, fue realizada por los propios empresarios, agremiados en la cámara de Comercio de Tunja (Boyacá).

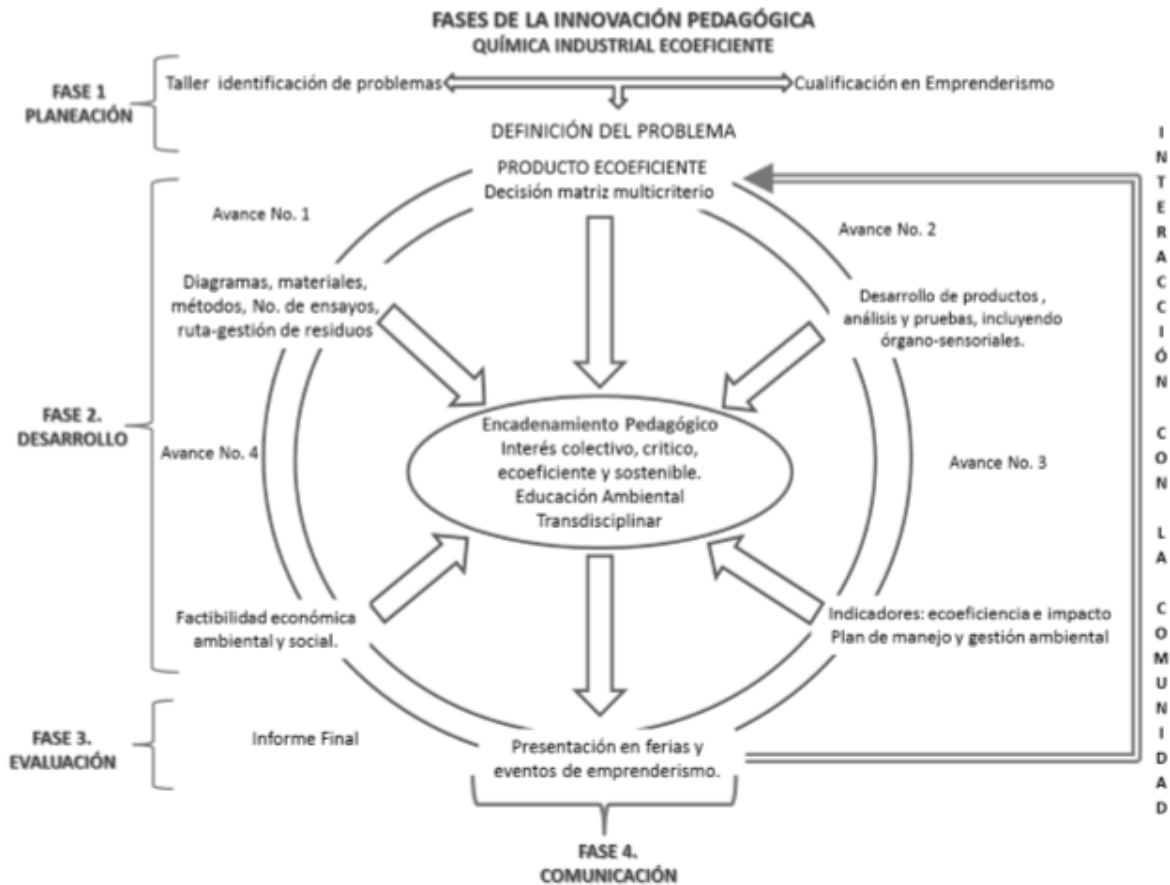
En el *encadenamiento*, los avances implican la evaluación metacognitiva sobre la ejecución de las actividades articuladas del plan de trabajo, muestran su grado de cumplimiento y las debilidades a mejorar.

Las actividades de coevaluación y autoevaluación tienen como propósito determinar el nivel de logro de éstos elementos de competencia: habilidades cognitivas y técnicas, pensamiento reflexivo y crítico, de comunicación oral. La autoevaluación se proyecta como elemento autocrítico, de empoderamiento y crecimiento personal.

La metacognición, aporta al desarrollo de habilidades, al incremento de la complejidad de las estructuras conceptuales del estudiante; además son un instrumento evidente para la formación en competencias del futuro profesional y el mejoramiento continuo del docente.

Actividades de investigación

Se desarrollan cuatro fases metodológicas que incluyen planeación (con formación), desarrollo, evaluación y estrategias de comunicación; sin dejar de lado las competencias individuales del estudiante (sujeto cognoscente que participa en el proceso) y el desempeño del curso o de rendimiento escolar. Las cuatro fases de la innovación pedagógica, se muestran en la figura 1, en donde se aprecia las actividades constituyentes de cada una.



Fase 1 Planeación

Se procede con la cualificación y entrenamiento para la identificación de problemas y planteamiento de soluciones ecoeficientes, 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 usadas por el SENA, ICESI, EAFIT y EAN.

Fase 2 Desarrollo del Proyecto

Segunda Etapa. Selección del problema: aplicar una matriz de decisión multicriterio, para escoger el problema y elaborar el perfil específico.

Informe 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: análisis y construcción de diagramas, planeación de: materiales, métodos, número de ensayos, incluye ruta de residuos y cargas contaminantes.

Informe 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 al final de la etapa.

Cuarta Etapa. Fase experimental: Desarrollo de productos y pruebas, incluyendo el análisis órgano sensorial.

Informe de Avance No. 3. Retroalimentación de los resultados. Coevaluación y autoevaluación. Se evalúa la relación planificación vs ejecución del plan de trabajo, desde los escenarios del aprendizaje y la experimentación sostenible.

Quinta Etapa: Cálculo de indicadores de ecoeficiencia e impacto. Plan de manejo y de gestión ambiental. Informe de Avance No. 4. Revisión de los docentes responsables del curso.

Sexta Etapa. Estudio de factibilidad económica, financiera, ambiental y social.

Fase 3 Evaluación Final: Aplicada por el equipo docente, empresarios participantes y jurado evaluador en los eventos de emprendimiento regional.

Fase 4 Comunicación: Socialización de resultados, mediante interacción con la comunidad académica de la UPTC y en las ferias de emprendimiento.

Instrumento de autoevaluación

Además de la autoevaluación y coevaluación realizada en cada avance, se aplicó un cuestionario para la etapa final, el cual se estructuró con una escala tipo Likert en el rango de 1-4 para valorar el nivel de adquisición: 4=totalmente, 3=adecuado, 2=limitado, 1=no alcanzó.

El instrumento cuenta con tres dimensiones y 24 ítems que proporcionan información y puntuación sobre las concepciones de aprendizaje, sus motivaciones para el estudio y las estrategias de aprendizaje: organización, repaso, autorregulación, metacognitiva, manejo del tiempo, regulación del esfuerzo, aprendizaje con pares, búsqueda de ayuda.

El cuestionario es de aplicación individual y el tiempo de aplicación promedio de 20 minutos, cuyo objeto es determinar según su propia percepción, las competencias adquiridas por los estudiantes, como resultado del encadenamiento.

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 realizaron registros en videos.

Resultados

Se desarrollaron las estrategias pedagógicas y las acciones didácticas, mediante aprendizaje significativo y colaborativo, basado en proyectos, logrando que los futuros químicos upetecistas transformaran su pensamiento crítico y sostenible (con responsabilidad social y ambiental), como producto del componente transversal de una educación ambiental no lineal.

El grupo humano que conformó cada cohorte desarrolló un emprendimiento, mediante acciones colectivas de planificación, autorregulación, control y comunicación, internalizadas por cada estudiante, fortaleciendo su conocimiento y crecimiento personal; es decir, fue posible la adquisición y empleo de competencias, con la mediación pedagógica de la metacognición.

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 concomitantes con el desarrollo sostenible supone un eje central para un microcurrículo productivo (binomio aula-laboratorio), cuya supraorganización está referida a la educación ambiental autonómica, mediada por procesos metacognitivos.

Los logros alcanzados en desarrollo de estas cuatro experiencias semestrales, evidencian las transformaciones cognitivas y actitudinales alcanzadas, las cuales posibilitaron el desarrollo autónomo de competencias transdisciplinarias, desde la perspectiva del emprendimiento en ciencias, inmersas en las realidades y complejidades del rol químico ambientalmente responsable y socialmente comprometido con su entorno, los recursos naturales y la sostenibilidad.

En cuatro semestres de aplicación, los estudiantes lograron interacción y reconocimiento de la comunidad empresarial regional, por productos ecoeficientes desarrollados y socializados en 3 eventos regionales de innovación y emprendimiento, alcanzando 3 galardones, 2 contratos tecnológicos y un importante posicionamiento como futuros egresados. En los cuadros 1 y 2 se reporta el listado de productos ecoeficientes desarrollados en el emprendimiento, mientras que en el anexo aparecen las figuras 2, 3 y 4 como evidencias tangibles que soportan los resultados.

Cuadro 1. Trabajos de Investigación - Fin de carrera en: Pregrado en Química y Maestría.

Código	Estudiante (s)	Producto Final
TG-2014-I-02	E.A.P. & L.Y.R.	“Identificación de compuestos fenólicos con actividad antioxidante en fase activa presentes en diente de león (<i>Taraxacum Officinale Weber</i>)”
TG-2014-I-02	P.A.R.B.	“Actividad antibacterial del extracto de la <i>Caesalpinia Coriaria</i> como agente terapéutico en la amigdalitis bacteriana”
TM-2014-II-1	E.P.O. Maestría en Fisiología Vegetal	“Evaluación de la actividad antibacteriana y antiinflamatoria de fracciones y metabolitos secundarios de <i>Achyrocline lehmanna Hieron</i> ”.
TP-2015-I-01	J.G.L.R.	“Determinación del rango óptimo de C ₃ S en el clínker para el desempeño del cemento portland en laboratorio de Argos S.A”
TG-2015-I-01	A.J.M.C.	“Evaluación de la actividad insecticida de las fracciones de hojas de <i>Ambrosia cumanensis</i> sobre las ninfas del pito (<i>Tryatoma infestas</i>)” V estadio.
TG-2015-I-02	A.F.P.	“Actividad antibacteriana <i>Aristolochia nummularifolia kunth</i> en cepas bacterianas <i>Helicobacter pylori</i> y <i>Enterococcus faecalis</i> .

Cuadro 2. Productos desarrollados endógenamente y socializados en jornadas:

Código	Producto final
2013-I-01	Fragancias a partir de extractos de plantas aromáticas regionales de Boyacá.
2013-I-02	Betacianinas como colorante natural para alimentos.
2013-I-03	Jabón líquido antibacterial a base de productos naturales.
2013-I-04	Jabones y velas aromatizantes.
2013-I-05	Gel aromatizante con aceite esencial de geranio rosa.
2013-I-06	Jabón líquido a partir de productos naturales.
2014-I-01	Aguardiente sin azúcar, con sabores y colores
2014-I-02	Plantillas sintéticas a base de biopolímeros.
2014-I-03	Limpiavidrios de origen natural.
2004-I-04	Crema fría a base de productos naturales.
2004-I-05	Shampoo para perros desinfectante a base de productos naturales.
2004-I-06	Producción de aperitivos a partir de uchuva, feijoa y fresa.
2004-I-07	Gel térmico a base de piña.
2014-II-01	Gel terapéutico para uso en pies diabéticos y piernas.
2014-II-02	Plantillas sintéticas adsorbentes, a partir un de biopolímero.
2014-II-03	Goma comestible sin azúcar a partir del mucilago natural del nopal (<i>Opuntia ficusindica</i>)
2014-II-04	Empaques biodegradables de alimentos a partir de almidón de papa.
2014-II-05	Pañitos impregnados de aceites esenciales, con efecto cicatrizante y antibacteriano.
2014-II-06	Snacks para consumo humano a base de fibra natural.
2014-II-07	Extracción de saponinas para uso en jabón natural.
2015-I-01	Jabón líquido a partir de los residuos de la cáscara de naranja.
2015-I-02	Aceite limpiador facial.
2015-I-03	Insecticida orgánico a base de <i>Capsicum frutescens</i> .
2015-I-04	Bloqueador solar a base de la <i>retama negra</i> .

Referencias

- 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].
- Caamaño, A., Vilches, A. (2001). La alfabetización científica y la educación CTS: Un elemento esencial de cultura de nuestro tiempo, enseñanza de las ciencias. VI congreso 2: 21-22.
- Cid, S. (2008). El uso de estrategias de aprendizaje y su correlación con la motivación de logro en los estudiantes .Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación. 6(3): 100-120.
- Creswell, J.W. (2012). Educational Research : Planning, Conducting, and Evaluating Quantitative and Qualitative Research. Boston: Pearson, 4th ed.
- Creswell, J.W. (2009). Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches. Los Angeles: Sage Publications.
- 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 el 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.
- García-Valcárcel, A. (2009). Modelos y estrategias de enseñanza. Videoconferencia presentada como parte de los documentos de la materia Modelos y Estrategias de enseñanza, de la Maestría en Educación del Instituto Tecnológico de Monterrey.
- Glinz, P. E. (2005). Un acercamiento al trabajo colaborativo, Revista Iberoamericana de Educación, 35(2). En: http://www.campus-oei.org/revista/rec_dist6.htm. [Consultado: abril 2014]
- Gutiérrez, D. (2005). Fundamentos teóricos para el estudio de las estrategias cognitivas y metacognitivas. Tesis doctoral "Estrategias cognitivas y metacognitivas que utilizan los estudiantes de postgrado. Universidad Pedagógica de Durango.
- Hung, David y Nichani, Maish 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].
- Kagan y Lang (1978). Psychology and Education. An Introduction. New York: Harcourt, Brace yJovanovich, Inc. Learning 32(1), 5-11. [Consultado: diciembre de 2014].
- Kumar Ranjit. (2011). Research metodolgy. A step by step guide for beginners. Los Ángeles: Sage Publications, 3th ed.
- Lederman, N. G. (2007). Nature of Science: Past, Present, and Future. En: Abell, S.K. & Lederman, N. G. Handbook of Research on Science Education. LEA Publishers, New Jersey.

León, O. G. y Montero, I. (1997). *Diseño de investigaciones: Introducción a la lógica de la investigación en Psicología y Educación* 2ª ed. Madrid: McGraw-Hill.

Lucero, M., Chiarani, M, Pianucci. Modelo de aprendizaje colaborativo en el ambiente ACI. En: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/22788/Documento_completo.pdf?sequence=1. [Consultado: Junio de 2014].

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*. Brasilia: Editora da UnB, 185p

Navarro, M., Jaik, A., Barraza, A. (2010). *Sujetos, prácticas y procesos educativos. Una mirada desde la investigación educativa*. México: Red Durango - Investigadores Educativos AC.

Pérez, I. (2007). Metodología participativa en la enseñanza Universitaria". *Revista Interuniversitaria*, 14: 160-161.

Paradis J.G. and Zimmerman. (2002). *The MIT guide to science and engineering communication*, 2ed. Cambridge: The MIT Press.

Petrucci, D. (2009). *El taller de enseñanza de física de la UNLP como innovación: diseño, desarrollo y evaluación*. Tesis doctoral programa de didáctica de las ciencias experimentales, Universidad de Granada.

Tamayo y Tamayo, M. (2003). *El proceso de la Investigación Científica*. México: Limusa Noriega Editores.

Tovar-Gálvez, J. C. (2005). Evaluación metacognitiva y el aprendizaje autónomo. En: *Tecné Episteme y Didaxis. Segundo Congreso Sobre Formación de Profesores de Ciencias*, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá D.C.

Trejos Buriticá, O. I. (2012). *Aprendizaje en ingeniería: un problema de incomunicación*. Tesis Doctoral en Ciencias de la Educación RudeColombia, Universidad Tecnológica de Pereira.

Wilches Chaux, G. (2006). *Brújula, bastón y lámpara para trasegar los caminos de la educación ambiental*. Bogotá: Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Zumalacárregui, B., Mondeja, D. (2007). Los enfoques Ciencia, Tecnología y Sociedad como recurso didáctico en la Química Universitaria. *Pedagogía Universitaria*, XII (5): 43-52.