

Laboratorio e investigación guiada para desarrollar habilidades de pensamiento superior.

Departamento de Ciencias Básicas

Diomedes Andrés Gómez P.¹
Nora Milena Roncancio Parra²

Fecha de recepción: agosto de 2015 / Fecha de aceptación: diciembre de 2015

Resumen

El objetivo general del proyecto presentado en este artículo fue determinar relaciones entre estrategias de trabajo en el aula implementadas por los docentes en cursos del ciclo básico de programas profesionales y su efecto positivo en el aprendizaje y el desarrollo de competencias científicas: identificación de cuestiones científicas, explicación científica de fenómenos, utilización de pruebas científicas, transferencia, heurística y argumentación. Se aplicó un método hermenéutico para comprender e interpretar el fenómeno educativo a partir de las perspectivas de los estudiantes y del profesorado, además se dio un manejo cualitativo de datos relacionados con categorías conceptuales básicas tales como: competencias científicas, aplicación de estrategias de transferencia, aplicación de heurísticas, producción escrita y argumentación. Se encontró que los laboratorios y la investigación guiada favorecen un modo autónomo y productivo de pensar, consonante con el aprendizaje de las ciencias.

Palabras claves: argumentación, ciencias básicas, habilidades de orden superior, heurística, investigación guiada, laboratorio de ciencias, producción escrita, transferencia.

Guided laboratory and research projects to develop higher-order thinking skills

Abstract

The aim of this project is to determine the relationships between some pedagogic strategies implemented by the professors of academic programs during the basic cycle and their positive effect on learning and developing scientific skills like: identification of scientific questions, scientific explanation of phenomena, utilization of scientific evidences, transference, heuristics and argumentation. A hermeneutic method was implemented in order to comprehend and interpret the educational phenomenon from students and professor's perspectives; in addition to this, it was given a qualitative management of data related to basic conceptual categories such as: scientific competences, implementation of transference and heuristic strategies, research writing and argumentation. As a result of this, it was found that a guided use of laboratories and a guided research project develop an autonomous and productive way of thinking.

Keywords: argumentation, higher-order thinking skills, heuristics, laboratory, guided research, science laboratory, writing, transference.

¹ Licenciado en Química e Ingeniería Industrial, magíster en Educación y en Enseñanza de las Ciencias, investigador adscrito a los grupos CIDEA (desde 2000) y CIBAAP (desde...), profesor de Química en Uniagraria, Bogotá, Colombia, gomez.diomedes@uniagraria.edu.co

² Licenciada en Educación Infantil. Especialista en teorías, técnicas y métodos de investigación social. Magíster en Educación. Adscrita al grupo CIBAAP. Coordinadora de Investigación Formativa Institucional de Uniagraria. roncancio.nora@uniagraria.edu.co

Introducción

El eje central de este trabajo lo constituyen las relaciones que se pueden establecer entre tres categorías conceptuales complejas: las competencias científicas, las estrategias de aprendizaje y los laboratorios de ciencias, en el ámbito de la formación universitaria a nivel de pregrado en el ciclo curricular denominado de Ciencias Básicas (Landínez, 2009). La investigación se desarrolló a partir de los datos obtenidos mediante observación, aplicación de pruebas y análisis de desempeño en estudiantes en cursos regulares del Departamento de Ciencias Básicas de la Fundación Universidad Agraria de Colombia, en adelante Uniagraria.

Al ciclo de formación universitaria de las ciencias básicas se le atribuyen sendos objetivos de aprendizaje, según sea el campo profesional o disciplinar de formación. Para el caso de la formación de ingenieros el Ciclo de Ciencias Básicas, está integrado por cuatro componentes fundamentales para la formación de los futuros ingenieros: biología, física, matemáticas y química. El consenso nacional actual gira en torno a que sobre los cursos dedicados a estos componentes se deben desarrollar entre otras competencias generales:

1. La capacidad de abstracción, análisis y síntesis.
2. La capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.
3. La capacidad para identificar, plantear y resolver problemas.

Estas competencias generales no necesariamente coinciden en su descripción con los tres grupos de competencias científicas aplicadas en pruebas internacionales tipo PISA (Gallardo-Gil, Fernández-Navas, Sepúlveda-Ruiz, Serván, & Yus, 2010), declaradas por la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), organización a la que pretende alinearse el Estado colombiano:

- a) Descripción, explicación y predicción de fenómenos científicos.
- b) Comprensión de la investigación científica.
- c) Interpretación de evidencias y conclusiones científicas.

Más allá de cualquier consideración epistemológica, se evidencia en los términos utilizados en la descripción de la OCDE mayor sintonía con la capacidad de los estudiantes para indagar cuestiones científicas, esto es para la investigación científica, que con la noción de competencia extensamente difundida por el Ministerio de Educación Nacional colombiano y el Instituto Colombiano para la Educación Superior (ICFES) “saber hacer en contexto”.

Pero lo que ocupó al equipo de este proyecto, no fue la definición de competencia en sí misma, sino la forma en que una u otra noción puede influir en las estrategias educativas que privilegian los docentes y las instituciones educativas. Con todo, dentro de los marcos de referencia sobre los cuales subyace la elaboración de la experiencia presentada, cabe mencionar la concepción según la cual las competencias son categorías que articulan saberes, habilidades, destrezas y valores que se evidencian en desempeños idóneos frente a tareas, problemas o situaciones (Guerrero Useda & Gómez P., 2004).

Los laboratorios de ciencias y la investigación guiada

Un escenario fundamental para el aprendizaje significativo de las ciencias es el trabajo práctico y la experimentación en ambiente de laboratorio, el cual en el ámbito de la educación superior colombiana fue elevado a condición mínima de calidad a partir de la Ley 1188 (2008) y del Decreto 1295 (2010). Este hecho que podría incrementar el riesgo de simplificar el diseño de las prácticas de laboratorio (McDonald, 2013), desaprovechando el potencial formativo de una práctica de laboratorio bien diseñada e

implementada (Cengiz & Karataş, 2015), desde el Departamento de Ciencias Básicas de Uniagraria se asumió como una oportunidad para avanzar en el desarrollo de habilidades de pensamiento superior en los estudiantes de pregrado.

Dentro de los distintos tipos de diseños de prácticas de laboratorio, los denominados por sus siglas en inglés GILES: Guided-Inquiry Laboratory Experiments (Fakayode, 2014), han mostrado ser una alternativa eficiente a la hora de fomentar en los estudiantes hábitos intelectuales tales como la autonomía para diseñar y ejecutar experimentos y el interés por la indagación científica. En procura de fomentar estas y otras virtudes intelectuales en los estudiantes se optó por este tipo de práctica, implementada de manera creciente en cursos universitarios (Cresswell & Loughlin, 2015; Recktenwald & Edwards, 2010). Al revisar el estado del arte frente a la aplicación de GILES, se encontró que se atribuyen a esta alternativa bondades que van desde promover el aprendizaje de los estudiantes, mejorar el pensamiento crítico, promover el trabajo en equipo, mejorar los estudiantes habilidades de liderazgo (Shiland, 1999; Kozma, Chin, Russell, & Marx, 2000; Mistry & Fitzpatrick, 2016).

Las competencias científicas

Dentro de los propósitos se planteó la formación de competencias científicas, que implicó desarrollar para el estudiante un conjunto de actividades y crear ambientes de trabajo académico orientados a propiciar el desarrollo de habilidades de pensamiento para fortalecer en los estudiantes habilidades para la búsqueda, la planeación, el análisis y sistematización del conocimiento, así como a la apropiación de técnicas, métodos y protocolos propios de la actividad investigativa; desde este enfoque, el Departamento de Ciencias Básicas de una universidad del norte de Bogotá, ha procurado, en algunos de los cursos que oferta, propender por la proposición de proyectos de investigación formativa con una duración equivalente al periodo académico, en el que, además, se ponen en práctica

estas habilidades adquiridas para la resolución de problemas ambientales o la generación de ideas de negocio emprendedoras siguiendo, entre otros, los principios misionales de la institución. Por otro lado, el Departamento de Ciencias Básicas fundamenta su concepción de Ciencia, en lo siguiente: los conceptos son elaborados por una comunidad científica, capaz de retroalimentarse discutiendo su rigurosidad, y por otro lado, pertinencia en las formas de interpretación de la naturaleza como objeto de estudio.

Por tanto, desde esta concepción, los docentes orientan sus actividades hacia la comprensión de lenguajes científicos propios de cada disciplina, sus leyes, axiomas, principios y métodos, mediante el trabajo en ambientes de laboratorio, la experimentación y la proposición de su aplicación en nuevos contextos, permitiéndole a los estudiantes desarrollar habilidades cognitivas para la resolución de problemas agrarios, de modo que pueda predecir acontecimientos futuros tomando decisiones apropiadas y fundamentadas científicamente dentro de la autonomía del estudiante (Gómez, 2009).

En este sentido, se encontró que ha venido socializando en diversos espacios académicos los resultados de las experiencias que se pueden llamar exitosas, en las cuales se incita a los demás docentes adscritos a seguir las metodologías y estrategias investigativas de esta propuesta, logrando de manera colaborativa aunar esfuerzos en la consecución de competencias y destrezas básicas que potencian el talante científico de los estudiantes.

Es así como el Diseño Curricular Base (DCB), al asumir las competencias como se menciona anteriormente, intenta evidenciar los logros obtenidos mediante desempeños exitosos frente a problemas o situaciones en contextos, los mismos deben partir de la determinación de una clase específica de problemas de carácter científico, seguida teorías desde las cuales es posible representar y abordar el problema, y del levantamiento del mapa de funciones cognitivas

asociadas a las clases antes mencionadas. Por tanto, se asumió la “formación para la investigación” refiriéndose al *conjunto de acciones orientadas a favorecer la adquisición y desarrollo de los conocimientos, habilidades, actitudes y virtudes intelectuales necesarios para que estudiantes y docentes puedan realizar con éxito actividades asociadas a la investigación científica, el desarrollo tecnológico y la innovación, ya sea en el sector académico o en el productivo* (Guerrero, 2007).

Dentro del estudio se encontró que el modelo de diseño curricular por competencias adoptado por el Departamento de Ciencias Básicas, es coherente con la concepción adoptada para explicitar las clases de problemas que debe resolver un estudiante formado científicamente, así como de las estrategias utilizadas para resolver los problemas. El diseño del currículo de ciencias, supera la mera selección de contenidos para centrarse en la identificación de situaciones problemas, en el diseño de microcurrículos y guías de aprendizaje orientados al desarrollo de competencias, y en la selección de las mediaciones pedagógicas y de los ambientes de aprendizaje (Guerrero y Gómez, 2004).

De esta manera, las competencias propuestas encaminan los procesos operativos del Departamento, propenden por el fortalecimiento de habilidades en el razonamiento crítico, el razonamiento analítico y sintético, la resolución de problemas, el pensamiento creativo, el entendimiento interpersonal, el trabajo colaborativo, y el uso de tecnologías de la información, a partir de la proposición de proyectos de investigación formativa, como ambiente propicio de aprendizaje (Ministerio de Educación Nacional, 2003).

Los proyectos establecidos por los docentes responden a la línea de investigación formulada por el grupo de investigación del Departamento (CIBAAP), se abordaron desde los intereses propios que tienen los programas académicos a los cuales se ofertan los distintos cursos, teniendo

en cuenta que la mayoría de los estudiantes se enfrentan por primera vez a un contexto investigativo, pero no así a la necesidad de generar respuestas a situaciones problemáticas de su cotidianidad.

Las múltiples definiciones y enfoques que se tienen del término de competencias es difícil de aplicarlas en la educación, lo cual se convierte en un obstáculo al momento de diseñar y ejecutar los diferentes programas de formación (Tobón, 2006). Sin embargo, Víctor Gómez, argumenta que el término de competencia resulta ser un término confuso y polisémico, sujeto a diversas interpretaciones y significados, lo que hace difícil aplicarlo a la docencia y en la evaluación (Gómez, 2010). Por otro lado, Zubiría y Bustamante, consideran los proyectos de formación basados en competencias en espacios detrás de los cuales se esconden concepciones de la política educativa al servicio del “entorno”, a “las expectativas de los empleadores” a “las exigencias pragmáticas, cuantitativas y económicas de un determinado modelo de sociedad, considerado benéfico en sí mismo (Bustamante, 2003), (Zubiría, 2004).

Para este estudio se consideró que la competencia científica es un conjunto de capacidades en relación con el conocimiento científico (Cañal, 2012), que el estudiante debe ser capaz de desarrollar, en este caso en el transcurso de una investigación escolar (Cañal, 2012).

El trabajo por proyectos, es una forma de organizar los procesos de aprendizaje centrado en la formulación de una problemática, se caracteriza por ser un trabajo producto de una elaboración grupal amplia y compleja. Por otra parte, permite la creación de condiciones óptimas para el aprendizaje de las ciencias a partir de los procesos de discusión y de redacción, tanto individuales como colectivos. Estos procesos terminan con una comunicación escrita normalmente a modo de informe sobre el proyecto. La forma de trabajo de proyecto de investigación facilita las competencias de dirección de proyectos y de colaboración (Kolmos, 2004).

La relación estrategia-aprendizaje

Método

La investigación siguió un modo hermenéutico de comprender e interpretar el fenómeno educativo indagado (Sandin Esteban, 2003), a partir de información obtenida de los estudiantes y del profesorado del Departamento de Ciencias Básicas de Uniagraria.

Población y muestra

El Departamento de Ciencias Básicas de Uniagraria, imparte los cursos generales de matemáticas, física, química y biología integrados a los planes de estudio de los programas académicos de pregrado en campos de la ingeniería, medicina veterinaria, zootecnia, administración y contaduría pública. En total

se tomó una población de 400 estudiantes. En concordancia reúne un equipo interdisciplinario de siete docentes con formación de pregrado y posgrado en disciplinas científicas y también en campos profesionales. Los docentes adscritos al Departamento comparten objetivos educativos transversales al ciclo de formación y aportes a los perfiles del egresado de la Universidad, dentro de la libertad de cátedra establecida desde la Constitución Política de Colombia.

Análisis de datos

Resultados y discusión

En las tablas 1 y 2, se relacionan las estrategias implementadas para favorecer el desarrollo de las competencias científicas según las dimensiones adoptadas por Antonio Franco-Mariscal (2015).

Tabla 1. Fomento de competencias científicas desde la estrategia de investigación guiada en cursos de química.

Dimensión de las competencias científicas	Contenido
Formulación de proyectos de investigación	Método científico
Manejo de la información	Método científico-propiedades de la materia Métodos gravimétricos, propiedades y mecanismos de los pre (según la propuesta de Franco-Mariscal en una enseñanza-aprendizaje por investigación 2015).
Planificación y diseño de la investigación	Propiedades fisicoquímicas de aguas
Toma y procesamiento de datos	Energía y calorimetría
Análisis de datos	Análisis cuantitativo-diseño de experimentos
Actitud crítica y reflexiva y trabajo en colaborativo	Aplicación de las leyes de los gases
Comunicación de los resultados	Extracción de colorantes y metabolitos
Toma y procesamiento de datos	Análisis cualitativo y cuantitativo
Análisis de datos	Métodos espectrofotométricos, electromagnético, cromatográficos.

Tabla 2. *Fomento de competencias científicas desde los laboratorios como estrategia de aprendizaje.*

Dimensión de las competencias científicas	Contenido
Manejo de la información	Métodos gravimétricos, propiedades y mecanismos de los precipitados.
Toma y procesamiento de datos	Análisis cualitativo y cuantitativo.
Análisis de datos	Métodos espectrofotométricos, electromagnético, cromatógrafos.

Tabla 3. *Productos asociados a los contenidos.*

Productos	Contenidos	Competencias (según la propuesta de Franco-Mariscal en una enseñanza-aprendizaje por investigación 2015)	Capacidad
Análisis etnobotánico de las plantas medicinales	Método científico	Formulación de proyectos de investigación.	Capacidad para formular hipótesis.
1. Análisis del campo magnético en un imán permanente como perturbación en el crecimiento de las semillas de arvejas. 2. Aplicaciones del concreto celular como aligerante en placas de contra-piso.	Método científico- propiedades de la materia.	Manejo de la información.	Capacidad para realizar búsqueda de información en bases de datos.
1. Neutralización de Aguas Industriales Km 6 Vía Cajicá – Zipaquirá- 2. Monitoreo y análisis del control de la contaminación para la calidad del agua en la subcuenca del humedal de Torca.	Propiedades fisicoquímicas de aguas.	Planificación y diseño de la investigación.	Capacidad para diseñar una metodología de investigación.
1. Horneando con el Pellet una alternativa de fácil cocción. 2. Es posible usar el principio de la bobina de Tesla para encender elementos luminosos sin usar conexiones a la fuente.	Energía y calorimetría.	Toma y procesamiento de datos.	Capacidad para procesar resultados en formatos (tablas, gráficas, etc.).

Continuación Tabla 3. *Productos asociados a los contenidos.*

Productos	Contenidos	Competencias (según la propuesta de Franco-Mariscal en una enseñanza-aprendizaje por investigación 2015)	Capacidad
Análisis calidad de aguas de la subcuenca río Suárez	Análisis cuantitativo-diseño de experimentos.	Análisis de datos.	Capacidad para interpretar datos.
Máquina para desinfección con vapor.	Aplicación de las leyes de los gases.	Actitud crítica y reflexiva y trabajo en colaborativo.	Capacidad para reflexionar de manera crítica y trabajar colaborativamente.
Jengibre (<i>zingiber officinale</i>), mucho más que un alimento.	Extracción de colorantes y metabolitos.	Comunicación de los resultados.	Capacidad para socializar los resultados.
Identificación de proteínas totales en suero sérico en pacientes: equino, bovino, caninos y humanos.	Métodos gravimétricos, propiedades y mecanismos de los precipitados. Biomoléculas.	Manejo de la información.	Capacidad para realizar búsqueda de información en bases de datos.
Gel caliente reductor con aceite de manzanilla.	Análisis cualitativo y cuantitativo.	Toma y procesamiento de datos.	Capacidad para realizar búsqueda de información en bases de datos.
Análisis de proteínas totales, albúmina y globulinas en suero sérico de cinco pacientes humanos.	Métodos espectrofotométricos, electromagnético, cromatográficos.	Análisis de datos.	Capacidad para interpretar datos.

Fomento de las habilidades argumentativas

Se constató un incremento significativo en cuanto a la participación de los estudiantes con trabajos en los congresos y seminarios institucionales de investigación, Congreso de Investigación y Congreso de Semilleros de Investigación. En el ámbito local, también se han llevado resultados de las investigaciones, obteniéndose comentarios similares a los de la universidad por parte de estudiosos del tema, como Hugo Cerda Gutiérrez (2006), y Jacqueline Hurtado de Barrera (2003), que

han desarrollado sendos estudios, en los cuales analizan los factores asociados a la efectividad de las acciones de formación para la investigación tradicionalmente implementadas en el contexto de los pregrados nacionales y de la región.

Conclusiones

Los laboratorios y la investigación guiada son estrategias que muestran interés al estudiante en el aprendizaje significativo de los conceptos de las distintas asignaturas, al permitirle relacionarlos dentro de contextos

característicos de la profesión por cuanto se aproximan a la resolución de los problemas que frecuentemente se presentan.

Dicha aproximación también generó la posibilidad de socializar los resultados en eventos tales como seminarios, congresos, simposios tanto dentro de la institución como fuera de ella. De esta manera, se publicaron artículos y lograron premios en la modalidad póster dentro del I Congreso de Investigación en Uniagraria, por mencionar algunos. Esto ha contribuido, por un lado, a socializar la ciencia como procedimiento, y, por otro, fortalecer el talante científico de los estudiantes.

Por otra parte, los estudiantes involucrados en los procesos de investigación evidenciaron habilidades de pensamiento en la formulación de preguntas problemáticas según el contexto que se les presenta, además mejoraron la forma de redactar informes tipo artículo científico, ordenaron la información de acuerdo con las necesidades que enfrentaron durante la ejecución del proyecto, establecieron argumentos con mayor profundidad así como la forma de interpretar las relaciones entre las variables involucradas; mediante el uso de pruebas científicas, consolidando su capacidad de acceso a la información requerida para fundamentar teóricamente sus propuestas investigativas.

En este sentido, aunque se requiere hacer más estudios a esta propuesta, parece necesario cambiar las estrategias y producir una transformación en el sistema de enseñanza y aprendizaje; ello no implica que todas las actividades que se realizan en la enseñanza sean eliminadas, pero se requiere una formación en torno a nuevas tendencias didácticas de modo que los docentes mejoren sus prácticas y obtengan resultados acordes con las competencias planteadas por el DCB, y extendido a los demás programas de la institución para cada una de las asignaturas ofertadas.

Sin embargo, dar inicio a esta transformación requiere invertir tiempo, trabajo colaborativo con los docentes de los diferentes programas y muchas veces establecer equipos de apoyo transversales con pares académicos, de modo que las propuestas investigativas que se desarrollen con los estudiantes puedan rendir los frutos esperados (Benarroch & Núñez, 2015).

Por tanto, se requiere que la comunidad universitaria, genere políticas de enseñanza-aprendizaje consistentes con el modelo pedagógico de competencias emprendido, en donde se prioricen las modificaciones necesarias en infraestructura, recursos humanos, y otros factores que inciden en los resultados que se pueden obtener al implementar las estrategias construidas; además se invita a la apropiación de los conceptos de competencia, habilidades cognitivas y resolución de problemas.

La estrategia tuvo éxito, por cuanto los docentes involucrados en el estudio manifestaron que pudieron evidenciar en sus estudiantes durante el proceso evaluativo el desarrollo de habilidades básicas para procesar información como la planeación, la organización, la comprensión, representar esquemáticamente la información, memorización de datos, el trabajo colaborativo.

Finalmente, una de las lecciones aprendidas entorno a la proposición de plantear los proyectos de aula para resolver problemas puntuales, investigación como estrategia pedagógica y didáctica, es la de consolidar líneas de trabajo institucionales ligadas al desarrollo de competencias. Algunas de estas líneas son:

- Diseñar y evaluar estrategias educativas y propuestas de enseñanza que puedan ayudar a los estudiantes a mejorar su competencia científica y a los profesores sus prácticas docentes.
- Considerar perfiles específicos para la resolución de problemas.

- Seleccionar herramientas científicas para poder concluir, con la mayor precisión posible, qué es lo que está fallando cuando los resultados son bajos y replicar lo que se está haciendo bien cuando los resultados de los exámenes mejoran. (Falicoff, *et al.*, 2014).

Referencias

- Cengiz, C., & Karataş, F. Ö. (8 de octubre de 2015). Examining the Effects of Reflective Journals on Pre-Service Science Teachers' General Chemistry Laboratory Achievement. *Australian Journal of Teacher Education*, 40(10), 125-146.
- Cresswell, S. L., & Loughlin, W. A. (1 de septiembre de 2015). An Interdisciplinary Guided Inquiry Laboratory for First Year Undergraduate Forensic Science Students. *Journal of chemical Education*, 92(10), 1730-1735.
- Decreto 1295 de 2010 (20 de abril), por el cual se reglamenta el registro calificado de que trata la Ley 1188 de 2008 y la oferta y desarrollo de programas académicos de educación superior. Diario Oficial n° 47.687. Recuperado de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=39363>.
- Fakayode, S. O. (febrero de 2014). Guided-inquiry laboratory experiments in the analytical chemistry laboratory curriculum., 406(5), 1267-1271. (S. B. Heidelberg, Ed.) *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 406(5), 1267-1271.
- Franco-Mariscal, a. J. (2015). Competencias científicas en la enseñanza y el aprendizaje por investigación. Un estudio de caso. *Enseñanza de las Ciencias*, 33(2), 231-252.
- Gallardo-Gil, M., Fernández-Navas, M., Sepúlveda-Ruiz, M.-P., Serván, M.-J., & Yus, R. &. (2010). PISA y la competencia científica: Un análisis de las pruebas de PISA en el Área de Ciencias. *Relieve*, 16(2), 1.17.
- Guerrero Useda, M., & Gómez P., D. (2004). Enfoque de Competencias en la Formación de Ingenieros: Identificación y Evaluación" El Profesor De Ingeniería, Profesional De La Formación De Ingenieros. En ACOFI, *El Profesor De Ingeniería, Profesional De La Formación De Ingenieros* (pp. 10-16).
- Kozma, R., Chin, E., Russell, J., & Marx, N. (17 de noviembre de 2000). The Roles of Representations and Tools in the Chemistry Laboratory and Their Implications for Chemistry Learning. *Journal of the Learning Sciences*, 105-143.
- Landínez, A. L. (2009). *Estructura curricular de la formación en ingeniería. Referente Internacional*. ACOFI.
- Ley 1188 de 2008 (25 de abril), por la cual se regula el registro calificado de programas de educación superior y se dictan otras disposiciones. *Diario oficial n° 46.971*. Recuperado de [http://www.javeriana.edu.co/documents/10179/241324/Ley+1188+de+2008\(2\).pdf/6ebf8934-5f99-43cd-8c18-9c12c872a7dc](http://www.javeriana.edu.co/documents/10179/241324/Ley+1188+de+2008(2).pdf/6ebf8934-5f99-43cd-8c18-9c12c872a7dc)
- McDonald, C. V. (2013). An Examination of Preservice Primary Teachers' Written Arguments in an Open Inquiry Laboratory Task. *Science Education International*, 24(3), 254-281.
- Mistry, N., & Fitzpatrick, C. G. (8 de abril de 2016). Design Your Own Workup: A Guided-Inquiry Experiment for Introductory Organic Laboratory Courses. *Journal of Chemical Education*.
- Recktenwald, G., & Edwards, R. (2010). Guided inquiry laboratory exercises designed to develop qualitative reasoning skills in undergraduate engineering students.

En E. B.V (Ed.), *Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE, 2010*, (pp. C1-C6).

Sandin Esteban, M. P. (2003). Tradiciones en la investigación cualitativa. En Compilación, *Investigación cualitativa en educación* (pp. 1-71). Caracas: UNA Mc Graw and Hill Interamericana de España.

Shiland, T. W. (enero de 1999). Constructivism: The Implications for Laboratory Work. *Journal of Chemical Education*, 76(1), 107-109.

Tobón, S. (2006). *Aspectos básicos de la formación basada en competencias*. Documento de trabajo.