

# Aprendizaje basado en problemas: una ruta para el desarrollo de competencias científicas en el laboratorio de química orgánica

## Problem-based learning: a route for the development of scientific competences in the organic chemistry laboratory

*Jhajary Andrea Arrieta-Palomino*<sup>1</sup>  

*Rubinsten Hernández-Barbosa*<sup>2</sup> 

*José Luis Casas-Hinestroza*<sup>3</sup> 

<sup>1</sup> Licenciada en Ciencias Naturales y Educación Ambiental, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia. [jhajary.arrieta@uptc.edu.co](mailto:jhajary.arrieta@uptc.edu.co)

<sup>2</sup> PhD. en Educación con énfasis en Ciencias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia. [rubinsten.hernandez@uptc.edu.co](mailto:rubinsten.hernandez@uptc.edu.co)

<sup>3</sup> PhD. en Ciencias-Química, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia. [jose.casas01@uptc.edu.co](mailto:jose.casas01@uptc.edu.co)

Recibido: 18 de junio de 2024

Aceptado: 21 de septiembre de 2024

Publicado en línea: 22 de octubre de 2024

Editor: Matilde Bolaño García 

**Para citar este artículo:** Arrieta, J., Hernández, R. y Casas, J. (2024). Aprendizaje basado en problemas: una ruta para el desarrollo de competencias científicas en el laboratorio de química orgánica. *Praxis*, 20 (3), 494-512.

## RESUMEN

El propósito de este escrito se centra en describir una ruta que resalta el valor didáctico de la estrategia Aprendizaje Basado en Problemas para el desarrollo de competencias científicas. Se desarrolló con estudiantes de la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, en la asignatura de química orgánica, específicamente en las prácticas de laboratorio. La experiencia se fundamentó desde la investigación cualitativa, que se caracteriza por ser inductiva, descriptiva e interpretativa; para recabar información, además de la observación, se usaron guías, cuestionarios y matrices de evaluación. Los resultados permiten señalar que se favoreció, entre otras cosas, el fomento y desarrollo de competencias científicas, ya que la problemática, aspecto central de la estrategia, abre caminos para activar conocimientos previos, posibilita la generación de hipótesis, como también permite reconocer lo que se requiere para resolver el problema para proponer un plan de trabajo guiado por los docentes, en cuyo proceso es necesario la toma de decisiones argumentadas. La evaluación realizada por los estudiantes reconoce la potencia de la estrategia, pero también señala aspectos que pueden ser reconfigurados para próximos trabajos como mayor tiempo para el desarrollo de las actividades.

**Palabras clave:** competencias científicas; aprendizaje basado en problemas; química orgánica; educación superior; investigación.

## ABSTRACT

The purpose of this paper is to describe a route that highlights the didactic value of the Problem-Based Learning strategy for the development of scientific skills. It was developed with students of the Bachelor of Natural Sciences and Environmental Education of the Pedagogical and Technological University of Colombia, in the subject of organic chemistry, specifically in laboratory practices. The experience was based on qualitative research, which is characterized by being inductive, descriptive and interpretative; to collect information, in addition to observation, guides, questionnaires and evaluation matrices were used. The results allow us to point out that, among other things, the promotion and development of scientific skills was favored, since the problem, a central aspect of the strategy, opens paths to activate previous knowledge, enables the generation of hypotheses, as well as recognize what is required to solve the problem, propose a work plan guided by teachers, in whose process reasoned decision-making is necessary. The evaluation carried out by the student's recognizes the power of the strategy, but also points out aspects that can be reconfigured for future work, such as more time for the development of activities.

**Keywords:** scientific competencies; problem-based learning; organic chemistry; higher education; investigation.

## INTRODUCCIÓN

El Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) fue propuesto en la Escuela de Medicina de la Universidad de McMaster, Canadá y Case Western Reserve, en Estados Unidos (Barrows, 1996; Prince et al., 2005; Cohen-Schotanus et al., 2008). Lo anterior, como respuesta a un sistema escolástico centrado en el docente, quien de manera expositiva y magistral asume la enseñanza, dando especial importancia a los contenidos objeto de esta, a la memoria y a una evaluación sumativa, entre otros aspectos. Desde entonces, su uso se ha ampliado a diferentes campos de conocimiento y formación profesional, en las instituciones de educación superior; así como en la educación básica, lo que ha requerido adaptaciones y cambios en consonancia con las necesidades contextuales de los estudiantes, incluso de los mismos recursos y apuestas en términos de habilidades y competencias, aspectos que actualmente forman parte de los propósitos educacionales a nivel mundial.

Según Bejarano et al. (2008), una de las características de la estrategia de ABP es la manera como los estudiantes se involucran de forma decidida en su proceso de aprendizaje, donde los elementos de formación autodirigida se destacan como centrales. Forma parte de las llamadas metodologías activas (Rhem, 1998; Gómez, 2005), que se sustentan conceptualmente en el constructivismo social, cuyo principal exponente es Vygotski (1993), quien destaca, entre otras cosas, la interacción, los conocimientos y las experiencias de los estudiantes, el trabajo en equipo y el papel mediador del profesor (Bruner, 2008), aspecto esencial a la hora de desarrollar la Zona de Desarrollo Próximo (ZDP), concepto creado por Vygotski para referirse a la distancia entre el desarrollo real y el potencial de un sujeto, entre lo que puede hacer en solitario y lo que puede llegar a hacer en compañía de otros más capaces.

Actualmente, en la educación superior, el ABP se ha implementado no solo en los programas de ciencias de la salud como medicina (Hernández, 2019; Vargas et al., 2023), nutrición y dietética (Williams et al., 2019), enfermería (Roca-Llobet et al., 2015), y odontología (Medina et al., 2018) sino también en

arquitectura (Trujillo y Moscardó, 2018), trabajo social, artes (Ulger, 2018) y en el área educativa en la formación de profesores (Hernández y Moreno, 2021). El problema en el ABP es un elemento diferenciador de otras estrategias; en concordancia con Morales Bueno (2017) es el inicio para la construcción de nuevos conocimientos, es decir, enriquece la estructura conceptual de los estudiantes. También favorece el aprendizaje continuo, la autonomía, el trabajo colaborativo, el espíritu crítico, la capacidad de comunicación y planificación (Lorenzo et al., 2011).

En la enseñanza de la química, el ABP se ha usado para comparar estrategias, niveles de apropiación y modelos mentales, antes y después de la implementación; caso particular el que nos señala Candela-Rodríguez & Restrepo-Millan (2020) en relación con la discontinuidad de la materia. En la parte experimental de las ciencias naturales, el ABP constituye un escenario ideal para su implementación (Sánchez, 2010), se considera un recurso valioso para potenciar el desarrollo cognitivo y motivacional de los estudiantes.

Además, potencia la movilización del razonamiento, a partir de procesos que tienen que ver con observar, comparar, analizar, relacionar fenómenos, entre otros; abriendo el espacio para desarrollar la inducción y la deducción, formas polares de construcción de conocimiento científico (Espinosa et al., 2016).

Desde el marco conceptual de las competencias científicas, estas fueron seleccionadas considerando su bajo nivel de apropiación y lo que se espera desarrollar en los estudiantes con la asignatura. Se acogen, para la experiencia que se describe en este texto, como capacidades, habilidades y posibilidades, entre otras, que cada individuo posee como parte de su capital intelectual y que utiliza para plantearse situaciones o problemas novedosos, reales e interesantes, y buscar resolverlos teniendo como referente inicial las redes conceptuales y metodológicas que ha construido y que llevan a la práctica manteniendo una relación con sus conocimientos.

Cañal de León (2012) define la competencia científica como el conjunto de capacidades personales integradas que posee un individuo y que le permiten aplicar el conocimiento científico adquirido en diversos contextos para comprender, describir y explicar diferentes fenómenos naturales, a partir del planteamiento de problemas, hipótesis, documentación, argumentación y divulgación. Al respecto, Quintanilla (2014) menciona que las competencias se expresan en acciones, en las formas de explicar y razonar los fenómenos naturales y sociales. Además, se reconoce que son habilidades importantes para el desarrollo del pensamiento científico: formular preguntas, proponer hipótesis, diseñar experimentos, analizar datos y plantear posibles soluciones a una problemática.

En esta dirección, Castro y Ramírez (2013) mencionan que las competencias científicas se desarrollan a partir de interpretación de problemas, observación de fenómenos, uso de diferentes fuentes de consulta, utilización de métodos de análisis y recolección de información entre otros; además favorecen una perspectiva humanista, que responde a una formación flexible y contextualizada que tiene impacto en los participantes de estos procesos (Luján y Londoño, 2020).

Lo anterior conlleva a considerar la necesidad de establecer estrategias de investigación formativa (Espinosa-Ríos, 2016) en todos los niveles educativos, usando estrategias investigativas como el ABP, desde la escuela y teniendo siempre presente las realidades y condiciones sociales de los estudiantes.

Los aspectos teóricos expuestos, de manera sucinta, guiaron el diseño y propuesta del trabajo de laboratorio de química orgánica basado en el ABP, que se orientó al desarrollo de competencias científicas, ya que, como señalan Hernández y Moreno (2021), para promover la formación de ciudadanos críticos y propositivos desde la escuela es fundamental la movilización de las concepciones docentes, desde diferentes aspectos que den

apertura a nuevas estrategias didácticas, que favorezcan la reflexión con el ánimo de reconfigurar sus acciones en el aula. Por ello la relevancia de este trabajo al ser desarrollado con docentes en formación. A continuación, se representa el proceso llevado a cabo.

Seguidamente, se señala la ruta metodológica desarrollada, para dar cumplimiento al objetivo en relación con describir una ruta que resalte el valor didáctico de la estrategia Aprendizaje Basado en Problemas para el desarrollo de competencias científicas en futuros docentes de ciencias naturales. Para ello se planteó la pregunta ¿cuáles características debe tener una estrategia de aprendizaje basado en problemas (ABP) para el desarrollo de competencias científicas?

## METODOLOGÍA

Este proyecto de aula se abordó desde aspectos particulares de la investigación cualitativa, que se distingue por ser inductiva, descriptiva y hermenéutica (Maxwell, 1998), tiene como propósito, entre otros aspectos, analizar la forma como lo sujetos interactúan en escenarios naturales (Quecedo & Castaño, 2002), para comprender sus realidades sociales y poder transformarlas (Vasilachis de Gialdino, 2006).

Este trabajo investigativo se desarrolló con estudiantes de tercer semestre, con edades entre los 18 y 22 años, de la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, específicamente de la asignatura de química orgánica, que hace parte de la malla curricular del programa. Para la recolección de información y su posterior análisis, además de la observación, se usaron guías, cuestionario, diario de campo y matrices de evaluación. La metodología de trabajo se dividió en dos fases, planeación y desarrollo con sus respectivas actividades, para cada una de ellas se estableció un objetivo y su valor didáctico, como se presenta en las tablas 1 y 2.

**Tabla 1.** Planeación.

Actividad	Objetivo	Valor didáctico
1. Revisión sistemática de la literatura.	Fundamentar un marco teórico conceptual y procedimental del ABP para plantear alternativas de adaptación y desarrollo de la estrategia.	Permite reconocer los conceptos teóricos que fundamentan la estrategia y el trabajo hecho por otras comunidades educativas que han abordado la estrategia de ABP.
2. Competencias científicas en el desarrollo de la estrategia y construcción de una rúbrica para su evaluación.	Establecer las competencias científicas a considerar dentro de la estrategia.  Construir una rúbrica que dé cuenta de los niveles de avance de estas en el proceso.	Favorece la coherencia entre las expectativas académicas con relación a las competencias y elementos conceptuales del contenido objeto de enseñanza y aprendizaje y favorece procesos de evaluación sistemáticos.
3. Identificación y caracterización del problema.	Caracterizar problemáticas del contexto que puedan ser abordadas desde la química orgánica, en una experiencia de laboratorio.  Seleccionar un problema significativo.	Acercar a la construcción teórica y experimental a los estudiantes a partir de sus contextos, los cuales permiten interpretar sus realidades y necesidades.
4. Diseño y construcción de las guías que orientan la implementación de la estrategia por parte de los estudiantes.	Concertar junto con los estudiantes una estructura de planeación y organización del proceso a desarrollar.	Favorecer la participación de los estudiantes en la planeación y organización de los diferentes momentos y actividades que se requieren realizar para proponer alternativas de solución al problema abordado.
5. Construcción del instrumento de evaluación para la estrategia.	Determinar criterios de evaluación y seguimiento al desarrollo de las competencias científicas abordadas y los contenidos objeto de estudio.	La construcción de instrumentos de evaluación con criterios claros para cada uno de los aspectos objeto de estudio, favorece el cumplimiento del propósito común.
6. Revisión de la ruta de desarrollo establecida.	Caracterizar las etapas, momentos, actividades, producto esperado y formas de evaluación a lo largo de la implementación de la estrategia.	Favorece la planeación, la toma de decisiones y la consideración de alternativas posibles frente a los contratiempos que se pueden presentar, con el fin de hacer los ajustes y adaptaciones necesarios.

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 2.** Desarrollo de la estrategia ABP.

Actividad	Objetivo	Valor didáctico
1. Presentación del problema de investigación en el aula.	Generar una aproximación inicial al problema para que sea caracterizado y dimensionado por los estudiantes.	Esta actividad permite activar conocimientos previos, identificar los elementos conceptuales centrales del problema. También generar las primeras hipótesis y proyectar soluciones alternativas.
2. Comprensión del problema de investigación.	Lograr que los estudiantes articulen los elementos que presenta el problema con su propia construcción conceptual y contextual, es decir con sus experiencias y conocimientos previos.	Favorece que los estudiantes reconozcan elementos conceptuales que han apropiado, y aquellos que es necesarios indagar para proponer vías de solución fundamentadas teórica y experimentalmente.

3. Fundamentación teórica.	Reconocer los conocimientos fundamentales en relación con el problema y hacer una apropiación de los conceptos necesarios para abordarlo.	Orienta la consulta en diversas fuentes de información y el manejo de éstas con una intención definida.
4. Construcción de una ruta metodológica.	Desarrollar un plan de trabajo que le permita a los grupos conformados organizar las actividades, los tiempos de éstas y los recursos necesarios para dar cumplimiento al cronograma establecido.	Permite a los estudiantes ser agentes propositivos, desarrollar procesos de autonomía, organizar un plan de trabajo y hacer seguimiento al mismo.
5. Aplicación de la ruta metodológica en el trabajo experimental.	Organizar el procedimiento experimental en relación con las necesidades identificadas y establecidas en el problema.	Permite reconocer el valor de la planeación en el diseño experimental y las variables que son necesarias considerar en este proceso.
6. Socialización y divulgación de resultados.	Lograr que el estudiante comunique en un lenguaje apropiado sus resultados y sea interpelado sobre la ruta seleccionada para la construcción de su solución.	Favorece la comunicación en un lenguaje pertinente sobre los resultados obtenidos, así como establecer el grado de apropiación de los tópicos que abarca el problema.
7. Aplicación del instrumento de evaluación.	Evaluar la estrategia, sus aciertos y dificultades.	Posibilita reconocer las potencialidades de la estrategia, como también las posibles formas de mejorar aquellos aspectos que se reconocen como falencias.

Fuente: elaboración propia.

## RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados que comprenden las fases de planeación y construcción de la estrategia ABP, las cuales fueron señaladas y descritas en la tabla 1 y 2.

### Actividad 1: Revisión de la Literatura

En cuanto a esta actividad, permitió caracterizar los elementos teóricos conceptuales planteados en la introducción, que tuvieron que ver con aspectos históricos del ABP, sus características y fundamentos epistemológicos. Además, permitió

caracterizar el problema, como pieza central de esta estrategia, así como identificar sus potencialidades a la hora de favorecer el pensamiento crítico, el desarrollo de competencias científicas y los procesos de autorregulación y autoaprendizaje, entre otros.

### Actividad 2: Competencias científicas y rúbrica

En esta fase se definieron las competencias y sus características que se abordarían en la propuesta, las cuales se presentan en la tabla 3, para luego elaborar la rúbrica de evaluación (tabla 4).

**Tabla 3.** Competencias científicas evaluadas durante el desarrollo de la estrategia de ABP.

Competencia científica	Definición	Resultados esperados
Uso de lenguaje científico	Aptitud que permite la comprensión lectora, auditiva y escrita del lenguaje, propio de las ciencias para su uso en la expresión oral del conocimiento científico generado a partir de una investigación.	Se espera que el estudiante emplee lenguaje científico propio de la química para comunicar sus ideas de manera oral y escrita en relación con su problema abordado.
Trabajo en grupo	Conjunto de habilidades que permite la integración, interacción y colaboración de un grupo de personas, mediante el diálogo	Se espera que el estudiante escuche, sintetice y presente sus ideas de manera

	respetuoso, intercambio de saberes, reconocimiento de responsabilidades de los otros, entre otros, para alcanzar un objetivo en común.	respetuosa contrastándolas con las de los otros y lleguen a un consenso.
Pensamiento complejo	Aptitud que permite el análisis e interpretación del problema planteado mediante la identificación de conceptos conocidos y desconocidos, definiéndolos desde la activación de conocimientos previos, y su relación para la formulación de hipótesis y vías de solución.	Se espera que el estudiante reconozca y discrimine los elementos teóricos y metodológicos que inciden en la toma de decisiones para dar solución a su problema de investigación, y además, manifieste creatividad en la propuesta de la metodología experimental.
Organización de la información	Conjunto de habilidades que permite al estudiante poseer criterios, procedimientos, instrumentos de búsqueda, observación y experimentación pertinentes para ubicar, valorar y seleccionar las fuentes de información fiables para su investigación.	Es indispensable que los estudiantes busquen y seleccionen fuentes de información fiables y relevantes haciendo uso de procedimientos e instrumentos de búsqueda adecuados.
Generación y socialización de conocimiento a partir de investigación	Conjunto de habilidades que permite sintetizar de manera coherente los resultados del proceso de investigación para su difusión, divulgación y comunicación frente a la comunidad científica de manera escrita u oral.	Se espera que el estudiante sea capaz de comunicar los resultados y conclusiones producto de investigación de manera clara, coherente y concisa.
Desarrollo de procesos experimentales	Conjunto de habilidades que permite relacionar e interpretar lo planteado en los problemas de investigación con lo reportado en la literatura para la construcción de rutas metodológicas viables que permitan proponer diferentes vías de solución al problema.	Se espera que los estudiantes propongan y discriminen entre estrategias metodológicas para desarrollar su práctica de trabajo experimental.

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 4.** Rúbrica de evaluación competencias científicas.

Indicador de logro	Inicial 1	Intermedio 2	Avanzado 3
Uso de lenguaje científico	Emplea el lenguaje científico de conocimiento general para dar a conocer sus ideas verbalmente.	Emplea el lenguaje científico propio de la química para expresar y sustentar sus ideas, en forma verbal.	Argumenta acerca de los procesos y fenómenos químicos empleando el lenguaje propio de la química en situaciones específicas.
Trabajo en equipo	Respeto y escucha las ideas de los demás, sin embargo, le cuesta expresar las propias.	Respeto y escucha las ideas de los demás y es capaz de expresar las propias.	Respeto, escucha, presenta y sintetiza sus ideas y de los otros logrando acuerdos.
Pensamiento complejo	Reconoce los aspectos metodológicos que influyen en la solución del problema abordado, aunque se le dificulta discriminarlos para la toma de decisiones.	Reconoce y discrimina los aspectos metodológicos que influyen en la solución del problema abordado, pero presenta dificultades al momento de ser crítico en sus comentarios.	Reconoce y discrimina, desde una postura crítica los elementos metodológicos que influyen en la solución del problema abordado.
Organización de la información	Busca información en documentos y páginas web no	Busca y selecciona fuentes de información relevantes.	Busca y selecciona información fiable y relevante (cualitativa y

	confiables, seleccionando información poco relevante. No aplica criterios de fiabilidad para la obtención de datos.	Selecciona información sin aplicar criterios de fiabilidad para la obtención de los datos.	cuantitativa), aplicando criterios de fiabilidad para la obtención de datos.
Generación y socialización de conocimiento a partir de investigación	Selecciona información general obtenida a partir de diferentes fuentes, sin embargo, no es clara y coherente con el trabajo realizado, no logra expresar sus ideas de manera oral ni escrita.	Selecciona información relevante de su investigación para ser comunicada de manera oral y escrita, aunque es clara, no es coherente con el trabajo planteado.	Sintetiza, selecciona y comunica resultados de la investigación de manera oral y escrita clara, concisa y en coherencia con el trabajo desarrollado.
Desarrollo de procesos experimentales	Sigue metodologías de experimentación de manera instrumental para la solución del problema de investigación.	Propone y discrimina entre metodologías viables que podrían servir para dar solución al problema de investigación.	Propone, discrimina y reformula la metodología experimental que orienta la solución del problema de investigación.

Fuente: elaboración propia.

### Actividad 3: Identificación y caracterización del problema

En cuanto a la identificación y caracterización del problema, a continuación, se presenta el modelo que fue elaborado por los autores, validado por expertos en química y didáctica de las ciencias naturales y evaluado usando la propuesta de Hernández y Moreno (2021).

#### Pigmentos vegetales: una alternativa al uso de colorantes artificiales

Actualmente se evidencia una alta preocupación por el uso excesivo de colorantes de diseño y síntesis industrial en diversos productos como cosméticos, farmacéuticos y alimenticios. Algunos estudios han demostrado que este tipo de colorantes, derivados del alquitrán de hulla en su mayoría, con el consumo prolongado puede causar daños a la salud de los consumidores, generando alergias, hiperactividad, neurotoxicidad, disminución del microbiota intestinal, entre otros (Vásquez & Hidalgo, 2023).

Las normas sobre el uso de colorantes en productos comerciales de cada país establecen ciertos límites para su uso en los diferentes productos. Para el caso de Colombia el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (Invima) es la institución responsable de aplicar las políticas establecidas por

el Ministerio de Protección y Salud Social en materia de vigilancia sanitaria y control de calidad de estos productos (Decreto 2078 de 2012, 2012).

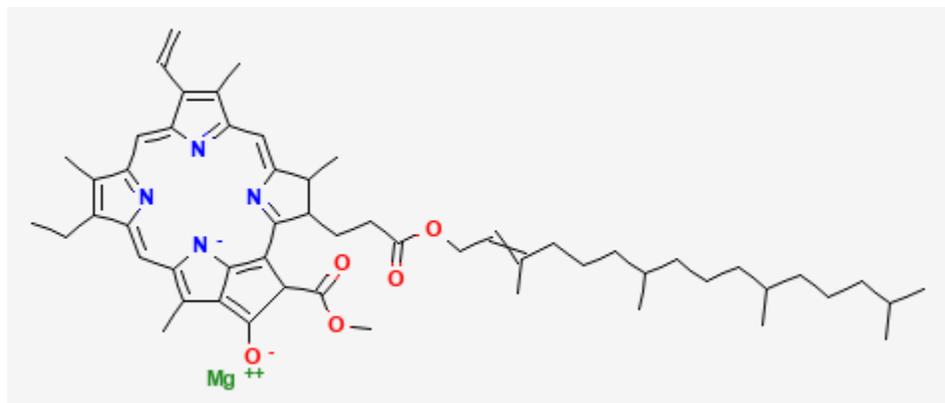
Una posible alternativa al uso de colorantes artificiales son los pigmentos de origen vegetal. Teniendo en cuenta sus distintas actividades biológicas, su ingesta podría tener un efecto positivo sobre la salud del consumidor. Considerando los pigmentos vegetales, como aquellos compuestos orgánicos que dan origen a los diferentes colores presentes en las plantas, que dependen del predominio de uno o la combinación de diferentes compuestos, algunos de ellos ligados a procesos fisiológicos de las diferentes especies vegetales.

El color observado en una sustancia es el producto de la interacción de la luz, a ciertas longitudes de onda, con los grupos funcionales presentes, como en el caso de los pigmentos vegetales, (Mancilla et al., 2018). En las plantas existen varias clases de pigmentos, como las clorofilas (a, b, c, d y bacterioclorofilas) de coloración verde, los carotenos y xantofilas de coloración amarilla y rojo respectivamente; y las ficobilinas presentes en las algas que pueden ser de color azul y rojo.

Estos pigmentos están conformados por estructuras moleculares de gran tamaño. Por ejemplo, la clorofila (figura 1) presenta una estructura porfirínica, unida a una unidad de fitol, el cual sirve

de anclaje de la clorofila a la membrana interna del cloroplasto (Amaya Vesga et al., 2022).

**Figura 1.** Clorofila estructura 2D.



**Fuente:** Tomado de PubChem (<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/5748352>).

Ahora bien, teniendo en cuenta que en química orgánica es típico el uso de metodologías de separación y purificación de sustancias orgánicas provenientes de un proceso de síntesis en laboratorio o de un compuesto de interés a partir de mezclas complejas de origen natural, se plantean las siguientes preguntas:

¿Cuáles procedimientos se llevarían a cabo para la extracción de diferentes pigmentos en especies vegetales?

¿Cuáles procedimientos se llevarían a cabo para la identificación de pigmentos en especies vegetales?

¿Cuáles procedimientos se llevarían a cabo para la separación y/o caracterización de pigmentos en especies vegetales?

#### Actividad 4: Diseño y construcción de guías

Se diseñaron y construyeron cuatro guías que orientaron la puesta en marcha de la estrategia por parte de los estudiantes, las cuales, se muestran en la tabla 5 con el título de cada una y el objetivo propuesto.

**Tabla 5.** Objetivos de las guías orientadoras del proceso de desarrollo de la estrategia.

Título	Objetivo
Identificación y análisis del problema	✓ Analizar el problema planteado mediante la identificación de la problemática y la comprensión de los aspectos teóricos expuestos en el problema "Pigmentos vegetales: una alternativa al uso de colorantes artificiales".
Planteamiento de la ruta metodológica	✓ Establecer los aspectos teóricos que requiere fundamentar teóricamente para dar solución al problema mediante el uso de organizadores gráficos. ✓ Construir la ruta metodológica para la posible solución al problema planteado.
Descripción de trabajo experimental	✓ Organizar la ruta metodológica experimental viable usando un diagrama de flujo. ✓ Explicar los resultados del trabajo experimental.
Construcción V de Gowin	✓ Relacionar al estudiante con la V de Gowin como un organizador gráfico que permite sintetizar y relacionar la información teórica y práctica obtenida durante el trabajo experimental.

	✓ Establecer los criterios mínimos y ejemplificados para la construcción de la V de Gowin como evidencia del trabajo realizado.
--	---

Fuente: elaboración propia.

### Actividad 5: Instrumento de evaluación

En relación con la construcción del instrumento de evaluación para la estrategia, se elaboró un cuestionario con las siguientes preguntas: ¿Qué cambios identifica en la metodología usada en las prácticas de laboratorio con respecto a la metodología anterior? ¿Qué ventajas y desventajas encontró en el transcurso del desarrollo de la nueva estrategia? ¿Qué sugerencias haría para mejorar la aplicación de la estrategia?, entre otras.

### Actividad 6: Ruta de desarrollo de la estrategia ABP

En cuanto a la etapa de desarrollo de la estrategia, se establecieron los tiempos de implementación con el grupo de estudiantes, se llevó a cabo en un lapso de seis semanas, se contó con tres horas de trabajo curricular semanal y tres horas de trabajo extracurricular denominado tutorías. Además, se concretaron con el docente los productos a entregar por los estudiantes, así como las rúbricas y formas de evaluación para cada uno de ellos, tal y como se describe en la tabla 6.

**Tabla 6.** Etapa de desarrollo de la estrategia.

Actividad	Momentos	Producto
Presentación y comprensión del problema de investigación en el aula y construcción de ruta metodológica y fundamentación teórica.	<p>Lectura del problema de manera individual y grupal.</p> <p>Identificación de elementos que componen el problema.</p> <p>Caracterización de la problemática.</p> <p>Formación de grupos de trabajo en torno a las diferentes preguntas planteadas por el problema.</p> <p>Tutorías extra-clase con los diferentes grupos de trabajo, para concretar los fundamentos teóricos y ruta metodológica a llevar a cabo en la próxima sesión de laboratorio para dar solución a la primera pregunta planteada.</p>	<p>Guía 1: Análisis e identificación del problema.</p> <p>Guía 2: Planteamiento de la ruta metodológica.</p>
Desarrollo de la ruta metodológica en el trabajo experimental.	<p>Desarrollo y aplicación de la ruta experimental planteada por los diferentes grupos de trabajo en el laboratorio de química orgánica.</p> <p>Toma de evidencia fotográfica y datos relevantes para la investigación.</p> <p>Tutorías extra-clase con los diferentes grupos de trabajo.</p>	<p>Guía 3: Descripción del trabajo experimental.</p>
Selección y organización de datos.	<p>Construcción V de Gowin con los datos teóricos y experimentales obtenidos mediante investigación.</p> <p>Planeación de espacios de socialización del trabajo realizado.</p>	<p>Guía 4: Construcción V de Gowin.</p>

	Tutorías extra-clase con los diferentes grupos de trabajo.	
Socialización de resultados y evaluación de la estrategia.	Socialización de los datos obtenidos al grupo y profesores invitados del área. Aplicación del instrumento de evaluación para la estrategia.	Exposición oral de cada grupo. Guía 5: Evaluación de la estrategia.

**Fuente:** elaboración propia.

A continuación, se muestran los resultados del desarrollo e implementación de la estrategia señalada en la tabla 2.

### Actividad 1 y 2: Presentación y comprensión del problema

Se solicitó a los estudiantes realizar lectura, inicialmente de manera individual y luego de manera grupal en voz alta, estas actividades permitieron la activación de los conocimientos previos en torno a los temas de extracción, separación, clasificación y purificación, así como identificar los elementos necesarios para dar respuesta a las preguntas.

Luego de la lectura, se entregó a los estudiantes la Guía 1 “Identificación y análisis del problema”, la cual contaba con preguntas como ¿cuáles son los conceptos que reconoces en el texto? ¿Cómo definirías los conceptos que reconoces en el problema? ¿Cuáles conceptos no reconoces en el texto? ¿Qué relaciones encuentras entre los conceptos identificados? ¿Qué aspectos teóricos necesitas profundizar para dar solución al problema?, entre otras, que buscaban el análisis y comprensión del problema desde los conceptos fundamentales encontrados allí, además de activar en los estudiantes los conocimientos previos, se evidenció una comprensión de la situación a nivel macro, pero con dificultades de explicación y de uso del lenguaje apropiado a nivel meso y micro de la química.

Luego de realizar la lectura y comprensión del problema surgieron tres preguntas claves que darían paso al trabajo de laboratorio realizado por los estudiantes en las demás sesiones; fueron enfocadas hacia el reconocimiento y caracterización

de pigmentos vegetales mediante técnicas y metodologías utilizadas en la química orgánica.

1. ¿Qué procedimientos llevaría a cabo para la extracción de diferentes pigmentos en especies vegetales?
2. ¿Qué procedimientos llevaría a cabo para la identificación de pigmentos en especies vegetales?
3. ¿Qué procedimientos llevaría a cabo para la separación y/o caracterización de pigmentos en especies vegetales?

### Actividad 3 y 4: Fundamentación teórica y construcción de la ruta metodológica

Con relación a estas actividades, fundamentación teórica y construcción de una ruta metodológica, el equipo de laboratorio compuesto por nueve estudiantes se dividió en tres grupos, promoviendo el trabajo colaborativo, cada uno se encargó de abordar una pregunta. Luego se dio paso a la fundamentación teórica en torno al tema a tratar en cada una de ellas.

Los grupos de trabajo sintetizaron esta información a manera de organizador gráfico. Los estudiantes plantearon una metodología que dio solución a su pregunta de investigación, esto se realizó en paralelo con las sesiones extra-clase de tutoría, espacio concebido para apoyarlos de manera integral (Navarrete-Cazales y Tomé-Lopez, 2022).

Esta actividad sirvió para resolver inquietudes sobre los tópicos objeto de estudio, proponer lecturas complementarias, diseñar la práctica y apropiar aspectos teóricos. De esta manera se favoreció el desempeño académico y la apropiación de los contenidos objeto de estudio.

### Actividad 5: Aplicación de la ruta metodológica en el trabajo experimental

Con respecto a la actividad 5, es necesario señalar que una vez consolidada la guía de laboratorio se dio paso a la aplicación de la ruta metodológica en el trabajo experimental, donde cada grupo tuvo una sesión de clase para llevar a cabo esta actividad. Antes de cada sesión, los grupos enviaron previamente las guías construidas mediante canales virtuales.

En cada una de las sesiones de laboratorio, se hizo una socialización de la fundamentación teórica planteada y además describieron la metodología

**Figura 2.** a. Extracción de clorofilas. b. Cromatografía en capa fina para carotenos. c. Trabajo con el espectrofotómetro Uv-Visible.



que se llevaría a cabo. Posteriormente, realizaron el trabajo experimental para dar solución a las preguntas planteadas así:

1. Extracción de los diferentes pigmentos vegetales mediante separación sólido-líquido.
2. Identificación de los diferentes pigmentos extraídos mediante cromatografía de capa fina.
3. Reconocimiento de los pigmentos mediante espectrofotometría UV-Vis.

En la figura 2 se muestran imágenes correspondientes a cada una de las técnicas usadas.



Fuente: elaboración propia.

### Actividad 6: Socialización y divulgación de resultados

Con respecto a la actividad 6, la socialización de resultados del trabajo desarrollado por los estudiantes se llevó a cabo mediante tres productos.

En primer lugar, se entregaron guías, donde, a medida que se desarrollaron las diferentes prácticas, iban plasmando sus observaciones y análisis de lo realizado, contrastaban con lo reportado en la literatura, es decir daban una explicación a lo observado en el desarrollo de la práctica.

Un segundo producto fue la entrega del informe de laboratorio a manera de V de Gowin, que se acogió como instrumento de aprendizaje y evaluación (San Martín, 2012).

Y, un tercer producto, consistió en la sustentación oral (figura 3), donde los estudiantes socializaron el trabajo realizado en el laboratorio, demostraban el dominio conceptual y apropiación de los conocimientos construidos y reelaborados durante las sesiones de trabajo, dando respuesta a la pregunta, concluir sobre los acontecimientos y generar nuevas preguntas.

**Figura 3.** Socialización de resultados.



Fuente: elaboración propia.

Finalmente, la evaluación del proceso se hizo en coherencia y relación con las competencias científicas señaladas en la tabla 3 y los resultados esperados, resaltando los avances logrados por el grupo teniendo en cuenta las actividades y los productos desarrollados por los estudiantes, quienes evaluaron la estrategia a partir de la siguiente pregunta. ¿Qué cambios identifica en la

estrategia usada para el desarrollo de los laboratorios? A la que respondieron:

**R1:** Se profundiza en la información y en el aprendizaje autónomo, donde varios agentes participamos con un fin en común, lo cual resulta muy favorable en este proceso de aprendizaje, se entiende mejor la química.

**R2:** Se identificaron diferentes cambios ya que uno busca diferentes maneras de hacer un aprendizaje más autónomo, busca facilitar la manera de comprender y manejar los temas y conceptos.

**R3:** Se evidencia un cambio significativo ya que en esta nueva metodología uno se adentra en la investigación y se generan iniciativas a diferencia de la anterior. Es importante ver como nosotros fuimos quienes diseñamos en muchos aspectos nuestra clase.

De igual manera, se hicieron preguntas como ¿qué ventajas y desventajas encontraron en el transcurso del desarrollo de la nueva estrategia? A continuación, se muestran las respuestas a estas preguntas (figura 4).

**Figura 4.** Percepción de estudiantes, ventajas y desventajas de la estrategia.



Fuente: elaboración propia.

Es importante mencionar que antes de iniciar con la aplicación de la estrategia, mediante la entrega de los informes convencionales de laboratorio, se pudo establecer que la mayoría de los estudiantes se encontraban en un nivel inicial de cada competencia y algunos en un nivel intermedio, luego de la implementación, algunos estudiantes lograron posicionarse en el nivel intermedio y avanzado de cada competencia.

## DISCUSIÓN

A continuación se discuten los resultados, obtenidos a partir del desarrollo e implementación de la estrategia, teniendo en cuenta el orden de las actividades que se señalan en la tabla 2.

### Actividad 1 y 2: Presentación y comprensión del problema

La lectura y comprensión de los elementos que se señalan en el problema son de vital importancia, no solo para activar los conocimientos previos, sino también para relacionar los conceptos que aparecen en el texto y poder así plantear hipótesis sobre las posibles soluciones al problema, las cuales son distintas cuando se plantean de manera individual que en el colectivo. Lo anterior en coherencia con lo que señala Núñez-López et al. (2018) la metodología del ABP al concordar con los principios sobre la ZDP, lo que expresa un sujeto frente a una situación particular es diferente cuando lo hace de manera individual que cuando lo hace después de haber compartido sus comentarios con otros. Por ello hacer lectura grupal, le permite al estudiante entrar en un diálogo que le ayuda a reconocer la problemática planteada y evaluar críticamente las alternativas y posibles soluciones, aspectos, que, a manera de hipótesis, permiten la confrontación de las ideas en los grupos y el diseño de un plan de trabajo.

Si se quieren lograr aprendizajes significativos es importante conocer y valorar los conocimientos que han adquirido los estudiantes a través de la experiencia personal, que forma parte del conocimiento implícito del individuo (Castillo et al., 2013). Si el estudiante logra establecer conexiones

entre el conocimiento previo y el que construye a través de la investigación comprenderá la significatividad del aprendizaje alcanzado (Morales Bueno & Landa Fitzgerald, 2004).

### Actividad 3 y 4: Fundamentación teórica y construcción de la ruta metodológica

Con la estrategia ABP se espera que el estudiante sea quien construya su propio conocimiento a partir de su experiencia en el mundo real, su estudio e investigación favorece un aprendizaje autodirigido, orientado a promover habilidades metacognitivas como la capacidad de monitorear su propio aprendizaje y el trabajo en equipo. El desarrollo de las actividades 3 y 4 se orientó a que los estudiantes establezcan diálogos de saberes, comparen, discutan, revisen y debatan alrededor de un tema problema y/o tema central (Morales Bueno & Landa Fitzgerald, 2004), así como el desarrollo del pensamiento complejo, la selección y organización de la información, entre otros.

### Actividad 5: Aplicación de la ruta metodológica en el trabajo experimental

El experimento se encuentra íntimamente ligado a la química, como ciencia experimental, por lo que se convierte en un recurso para potenciar la actividad cognoscitiva y favorecer habilidades teóricas y experimentales (Hernández-Junco et al., 2018). Por este motivo, una forma básica del experimento son las prácticas de laboratorio, que es un camino para familiarizar a los estudiantes con las metodologías científicas. En ese sentido, se resaltan tres aspectos: el primero, relacionado con la necesidad de recurrir a fuentes confiables para la obtención de información; el segundo, de acuerdo con el uso de la información para proponer un diseño de ruta metodológica coherente con la pregunta objeto de estudio; el tercero, relacionado con los principios de funcionamiento de los equipos a usar.

Los procesos propuestos por los estudiantes fueron revisados y avalados por el docente titular de la asignatura en cuanto aspectos de cantidades, disponibilidad de materiales, procedimientos a llevar a cabo, entre otros. En la estrategia ABP es

importante considerar al docente como un tutor, un apoyo para el estudiante en aspectos vinculados con la enseñanza a través de diferentes situaciones reales, demostrando una actitud comprensiva, colaborativa, participativa, comprometida, crítica y de cooperación personal, estimulando procesos de aprendizaje, participación e integración, que centren el proceso de enseñanza en la teoría constructivista del aprendizaje. Por esto, la tutoría se considera un aspecto primordial de la estrategia ABP (González-García, 2019).

### **Actividad 6: Socialización y divulgación de resultados**

Aunque no fueron mencionadas y no se encontraban de forma explícita las competencias comunicativas en el plan de trabajo inicial, se resalta su potencial desarrollo considerando las tres formas de socializar los resultados obtenidos, donde las competencias escriturales y orales se evidenciaron a través de los productos entregados.

La construcción de las guías permitió acercar al estudiante a una conceptualización y aproximación a los elementos de orden teórico sobre las temáticas abordadas, como técnicas de separación, purificación y caracterización de compuestos orgánicos procedentes de biomasa vegetal. El uso de la V de Gowin permitió evidenciar el dominio conceptual y metodológico que presentó el estudiante en torno al acontecimiento tratado, ya que, se define como un medio para representar los elementos que se encuentran implicados en la estructura del conocimiento, es decir, permite decodificar lo construido. Este instrumento favoreció interrelacionar los elementos conceptuales, procedimentales y actitudinales desarrolladas por los estudiantes, ya que integra el conocimiento cotidiano con el científico, sintetizando la dimensión conceptual y metodológica. También favorece procesos de orden metacognitivo y autorregulatorios (Álvarez-Agudelo et al., 2023).

En cuanto a la socialización de los resultados obtenidos en el desarrollo de las prácticas de laboratorio se evidenció que estas maneras de

comunicar lo observado se hacen con el propósito de que los estudiantes reconozcan la importancia y mecanismos de socializar la ciencia, entendiendo la difusión del conocimiento científico como una actividad que forma parte de la cultura. Aspecto importante a la hora de despertar la curiosidad, ampliar el campo de conocimiento y favorecer la participación y contribución hacia el desarrollo del pensamiento crítico en las diversas comunidades (Sánchez Fundora y Roque García, 2011).

Las actividades antes mencionadas permitieron a los docentes señalar aspectos relacionados con el desarrollo de las competencias científicas: en primer lugar, en cuanto al lenguaje, con frecuencia usaban un lenguaje coloquial, distinto del propio de la química, para expresar sus ideas y explicaciones de los fenómenos y procesos objeto de estudio, situación que mejoró, ya que se apropiaron de los conceptos y por ende del lenguaje científico, donde reconocieron, utilizaron y argumentaron sus ideas utilizándolo en situaciones específicas.

En segundo lugar, en cuanto al trabajo en equipo, los estudiantes se mostraron muy receptivos a las ideas y trabajo de los demás compañeros de manera respetuosa, buscando siempre llegar a un consenso, elemento central en el desarrollo de esta competencia en el nivel avanzado. En tercer lugar, en torno a la competencia de pensamiento complejo y desarrollo de procesos experimentales, se evidenció un gran avance, pues al inicio los estudiantes no tomaban decisiones con relación a la metodología a llevar a cabo teniendo en cuenta la finalidad de la práctica a realizar, pues se seguía el paso a paso planteado en la guía entregada por el docente. En cambio, al trabajar a partir de una pregunta, debieron hallar por su cuenta la ruta metodológica a seguir, lo que llevó a los estudiantes a reconocer y discriminar los elementos metodológicos que influían en la solución a su pregunta, así como a tomar decisiones y proponer su propia metodología experimental que le permitiría abordar el problema.

En cuarto lugar, con relación a la competencia denominada organización de la información, se evidencia el cambio en cuanto a las fuentes de

información consultadas y la discriminación de la misma, pues inicialmente los estudiantes se encontraban incluyendo en sus informes páginas web poco confiables, sin embargo a medida que se avanzó en la metodología de estrategia ABP se constató una mejor selección y discriminación de la información tomada, se incluyeron trabajos de carácter académico, como trabajos de grado, artículos de revista, libros, entre otros.

En quinto lugar, en relación con la competencia denominada generación y socialización de conocimiento, a partir de investigación los estudiantes presentaron un gran avance puesto que en las diferentes sesiones se fueron mostrando más seguros y con mayor dominio de los elementos conceptuales teóricos que fueron necesarios apropiar para dar solución a cada una de las preguntas del problema.

Finalmente, retomando los aportes de Zimmerman et al. (2017), la autoevaluación desarrollada por los estudiantes permite, entre otras cosas, la interpretación de sus propios desempeños y capacidades, así como comparar los resultados con lo esperado, además de establecer nuevos retos y hacer cambios en los procesos, con el ánimo de obtener mejores resultados en una próxima oportunidad. De este modo, se logra apreciar que los estudiantes perciben un cambio positivo en la metodología, señalan principalmente un favorecimiento del trabajo autónomo y un mejor dominio conceptual y metodológico en torno a la química orgánica.

## CONCLUSIÓN

Teniendo en cuenta la implementación de la propuesta y los resultados obtenidos en cada una de las etapas, se señalan algunas conclusiones.

Es necesario que en la formación de profesores de ciencias naturales se potencie la formulación de preguntas, el diseño de experimentos, el análisis de datos cualitativos y cuantitativos, entre otros aspectos, ya que son ellos los encargados en las instituciones educativas, a través de sus propuestas de actividades, favorecer el desarrollo de

habilidades y competencias científicas para la vida de sus futuros estudiantes.

Es fundamental identificar situaciones problemáticas cercanas y de posible interés para los estudiantes, pues éstas se pueden convertir en excusa para su conocimiento, análisis y posibles propuestas de solución, para las cuales deben fundamentarse teórica y experimentalmente.

Las guías de laboratorio diseñadas por los estudiantes les confieren un papel más activo y protagónico, les abre posibilidades para ser propositivos, producto de una búsqueda y caracterización de la información que favorece un dominio conceptual, que luego en el desarrollo de la propuesta en el espacio de laboratorio va a requerir destrezas en el manejo de equipos y preparación de reactivos, pues son ellos los que orientan la práctica a sus compañeros.

El ABP permite el fomento y avance de competencias científicas en los estudiantes, puesto que les presenta situaciones novedosas, conflictivas, reales y contextuales, que, mediante procesos de investigación, así como de actitudes y habilidades, le permiten llegar a un análisis y posibles soluciones de las situaciones planteadas como problemas.

Siguiendo los principios de Ausbel, en química el aprendizaje significativo puede desarrollarse a través de la resolución de problemas, promoviendo el trabajo colaborativo y utilizando diferentes métodos para llegar a las posibles soluciones.

Es necesario implementar estrategias por investigación en el aula, ya que como se evidenció los estudiantes identificaron que favorece procesos de aprendizaje autónomo y significativo, dos grandes retos que debe abarcar la educación.

## DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERESES

Los autores manifiestan que durante la ejecución de este trabajo y redacción del artículo no han incidido intereses personales o ajenos a su voluntad, incluyendo malas conductas y valores distintos a los que usual y éticamente tiene la investigación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Álvarez-Agudelo, A., Sierra-Miranda, N., Insuasti-Muñoz, Y. & Osorio-Muñoz, R. (2023). El portafolio del estudiante como estrategia didáctica y su incidencia en la conciencia metacognitiva y la autorregulación del aprendizaje en estudiantes de educación primaria. *Revista Electrónica en Educación y Pedagogía*, 7 (12), 56-68.

<https://doi.org/10.15658/rev.electron.educ.pedagog23.05071205>

Amaya Vesga, Á. A., Gómez Tarazona, R. A., Mendoza Castellanos, Y. R., & Carvajal Grimaldos, A. C. (2022). Experimentos en el aula para la demostración de los fenómenos de fluorescencia, fosforescencia y quimioluminiscencia. *Educación química*, 33(4), 156-168.

<https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2022.4.0.82220>

Barrows, H. (1996). Problem-based learning in medicine and beyond: a brief overview. En L. Wilkerson, W. H. Gijsselaers (Eds.), *Bringing problem-based learning to higher education: theory and practice* (pp. 3-12). San Francisco: Jossey-Bass Inc. Publishers.

Bejarano, M., Lirio, J., Martínez, A., Manzanares, A., Palomares, M. del C., Rodríguez, L., y Villa, N. (2008). Aprendizaje basado en problemas una propuesta metodológica en Educación Superior. *Revista Educación y Desarrollo Social*, 11(1), 8-23.

<https://www.redalyc.org/pdf/311/31111811003.pdf>

Bruner, J. (2008). *Acción, pensamiento y lenguaje*. Alianza Editorial.

Candela-Rodríguez, B. F., & Restrepo-Millan, L. E. (2020). Enseñanza de la discontinuidad de la materia a través de la estrategia de Aprendizaje Basado en Problemas. *Praxis*, 16(2), 199-214.

<https://doi.org/10.21676/23897856.3451>

Cañal de León, P. (2012). ¿Cómo evaluar la competencia científica? *Investigación En La Escuela*, 78, 5-18.

Castillo, A., Ramírez, M., y González, M. (2013). El aprendizaje significativo de la química: condiciones para lograrlo. *19(2)*, 11-24.

Castro, A., & Ramírez, R. (2013). Enseñanza de las ciencias naturales para el desarrollo de competencias científicas. *Amazonia Investiga*, 2(3), Article 3.

Cohen-Schotanus, J., Muijtjens, A., Schonrock-Adema, J., Geertsma, J., & Vleuten van der, C. (2008). Effects of conventional and problem-based learning on clinical and general competencies and career development. *Medical Education*, 42(3), 256-265. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.2007.02959.x>.

Decreto 2078 de 2012, 1 (2012). <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=66709>

Espinosa, E. A., González, K. D., y Hernández, L. T. (2016). Las prácticas de laboratorio: una estrategia didáctica en la construcción de conocimiento científico escolar. *Entramado*, 12(1), 266-281.

<https://doi.org/10.18041/entramado.2016v12n1.23125>

Espinosa-Ríos, E. A. (2016). La formación docente en los procesos de mediación didáctica. *Praxis*, 12, 90. <https://doi.org/10.21676/23897856.1850>

Gómez, B. R. (2005). Aprendizaje basado en problemas (ABP): Una innovación didáctica para la enseñanza universitaria. *Educación y Educadores*, 8, 9-19.

Gonzales García, J. A. (2019). El aprendizaje basado en problemas como experiencia de innovación y mejora docente universitaria. *Perfiles Educativos*, XLI, 208-213.

<https://www.scielo.org.mx/pdf/peredu/v41n164/0185-2698-peredu-41-164-208.pdf>

Hernández, R., y Moreno, S. (2021). El aprendizaje basado en problemas: una propuesta de cualificación docente. *Praxis & Saber*, 12(31), e11174. <https://doi.org/10.19053/22160159.v12.n31.2021.11174>

[org/10.19053/22160159.v12.n31.2021.11174](https://doi.org/10.19053/22160159.v12.n31.2021.11174)

Hernandez-Junco, L., Machado-Bravo, E., Martínez-Sardá, E., Andreu-Gómez, N., y Flint, A. (2018). La práctica de laboratorio en la asignatura Química General y su enfoque investigativo. *Revista Cubana de Química*, 30(2), 314–327.

[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2224-54212018000200012&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-54212018000200012&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

Lorenzo, R. A., Fernández, P., y Carro, A. M. (2011). Experiencia en la Aplicación del Aprendizaje Basado en Problemas en la Asignatura Proyecto de Licenciatura en Química. *Formación Universitaria*, 4(2), 37–44. <https://doi.org/10.4067/s0718-50062011000200005>

Luján-Villegas, D. M., & Londoño-Vásquez, D. A. (2020). La investigación escolar en educación básica para el desarrollo de competencias científicas en docentes. *Praxis*, 16(2), 227–234.

<https://doi.org/10.21676/23897856.3276>

Mancilla, C., Castrejon, C., Rosas, T., Blanco, E., y Pérez, S. (2018). Extracción y separación de pigmentos vegetales. 151, 1–15.

[file:///C:/Users/57320/Downloads/EXTRACCION\\_Y\\_SEPARACION\\_DE\\_PIGMENTOS\\_VEG.pdf](file:///C:/Users/57320/Downloads/EXTRACCION_Y_SEPARACION_DE_PIGMENTOS_VEG.pdf)

MAXWELL (1998) citado por Sandín Esteban, M.P. (2003). *Investigación cualitativa en educación. Fundamentos y tradiciones*. Madrid: Mc Graw Hill.

Medina-Martínez, G (2018). *Aprendizaje basado en problemas como estrategia didáctica en*

*odontología y su especialización de ortodoncia*. Tesis Universidad Militar.

<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/20608/MedinaMartinezGiovanniEduardo2018.pdf?sequence=1>

Morales Bueno, P. (2017). *Taller Aprendizaje Basado en Problemas*. *Revista Bio-Grafía Escritos Sobre La Biología y Su Enseñanza*, 10(19), 1493.

<https://doi.org/10.17227/bio-grafia.extra2017-7327>

Morales Bueno, P., & Landa Fitzgerald, V. (2004). *Aprendizaje Basado en Problemas Problem - Based Learning*. *Theoria*, 13(2004), 145–157.

Narváes Zamora, L. J. (2009). *Aprendizaje Significativo de Algunos Conceptos Químicos, a través de Resolución de Problemas*. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 552–557.

<https://doi.org/https://doi.org/10.17227/01203916.215>

Navarrete-Cazales, Z y Tomé-López, J. (2022). *La tutoría en la educación superior. Una aproximación histórica*. *Revista Historia de la Educación Latinoamericana*. Vol. 24 no. 39. p. 209-230.

<http://www.scielo.org.co/pdf/rhel/v24n39/0122-7238-rhel-24-39-209.pdf>

Núñez-López, S., Avila-Palet, J.-E., & Olivares-Olivares, S.-L. (2018). *El desarrollo del pensamiento crítico en estudiantes universitarios por medio del Aprendizaje Basado en Problemas*. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, January 2023, 84–103.

<https://doi.org/10.22201/iissue.20072872e.2017.23.249>

Prince, K., Eijs van, P., Boshuizen, H., Vleuten van der, C., & Scherpbier, A. (2005). *General competencies of problem-based learning (PBL) and non-PBL graduates*. *Medical Education*, 39(4), 394-401. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2929.2005.02107.x>.

Quecedo, R., & Castaño, C. (2002). *Introducción a la metodología de investigación cualitativa*. *Revista de Psicodidáctica*, 14, 5-39.

Quintanilla, M. (2014). *Las Competencias de pensamiento científico desde las «emociones, sonidos y voces» del aula*. Bellaterra.

Rhem, J. (1998). "Problem-based learning: An introduction". *The National Teaching and Learning Forum* 8: 1-4.

Roca Llobet, J., Reguant Álvarez, M., & Canet Vélez, O. (2015). *Aprendizaje basado en problemas, estudio de casos y metodología tradicional: Una experiencia concreta en el grado en enfermería*. <http://hdl.handle.net/10459.1/57989>

Sánchez, A. (2010). *ABP Y TICS Adaptados a Los Laboratorios De Prácticas De Química Física: Su*

Inserción E Implementación. Revista de Medios y Educación, 37(1133–8482), 29–42.

Sánchez Fundora, Y., & Roque García, Y. (2011). La divulgación científica: una herramienta eficaz en centros de investigación. Publicaciones, 7, 91–94. file:///C:/Users/57320/Downloads/Dialnet-LaDivulgacionCientifica-5704469%20(1).pdf

San Martí, E (2012). La UVE de Gowin como instrumento de aprendizaje y evaluación de habilidades de indagación en la unidad de fuerza y movimiento.

Paradigma vol.33 no.2 <https://ve.scielo.org/pdf/pdg/v33n2/art06.pdf>

Trujillo, A. y Moscardó, E (2018). Evaluación del diseño, proceso y resultados de una asignatura técnica con aprendizaje basado en problemas. Educación XX1, 21(2), 179-203.

<https://revistas.uned.es/index.php/educacionXX1/article/view/19415/18082>

Ulger, K. (2018). The Effect of Problem-Based Learning on the Creative Thinking and Critical Thinking Disposition of Students in Visual Arts Education. Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning, 12(1).

<https://docs.lib.purdue.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1649&context=ijpbl>

Vargas-Vera, R; Placencia-Hibadango, M; Cruz-Lozado, J; Placencia-Hibadango, S; y Vargas Silva, K (2023). El Aprendizaje Basado en Problemas como estrategia educativa en los estudiantes de medicina. 1984-2020. Revista Minerva; V.4 No 6. p. 110-130. file:///C:/Users/57320/Downloads/2023ELAPRENDIZAJEBASADOENPROBLEMASCOMOESTRATEGIAEDUCATIVAENLOSESTUDIANTESDEMEDICINA.1984-2020..pdf

Vasilachis de Gialdino, I. (2006). Estrategias de investigación cualitativa. Editorial GEDISA.

Vásquez, C., & Hidalgo, J. (2023). Pigmentos vegetales una alternativa a colorantes artificiales. Revista De Divulgación Científica IBIO, 5(1), 1–3. <https://doi.org/10.1007/s00449-021-02621-8>

Vigotsky, L. S. (1993). Pensamiento y lenguaje. Madrid: Aprendizaje Visor.

Williams, C., Vergara, I., Santelices, L., & Soto, M. (2019). Aplicación del aprendizaje basado en problemas en estudiantes de segundo año de la carrera de nutrición y dietética de la Universidad Finis Terrae. FEM: Revista de la Fundación Educación Médica, 22(2), 85-90.

<https://doi.org/10.33588/fem.222.986>

Zimmerman, B., Schunk, D., y DiBenedetto, M. (2017). The Role of Self-Efficacy and Related Beliefs in Self-Regulation of Learning and Performance. En Elliot, A., Dweck, C. y Yeager, D. Handbook of Competence and Motivation (pp. 313–333). The Guilford Press.