

## Revisión sistemática de literatura sobre la relación entre la teoría y la práctica en estudiantes de biología y química de Colombia

Juan Pablo Betancourt Arango<sup>1</sup>  , María del Carmen Suárez Millán<sup>2</sup>  , Diana Yurany Álvarez Márquez<sup>3</sup>  

Recibido: 29 de abril del 2021 Aceptado: 2 de Agosto de 2021 Actualizado: 27 diciembre de 2021

DOI: 10.17151/luaz.2022.54.7

### Resumen

Las revisiones sistemáticas (RS) son investigaciones científicas en las que se pretende dar respuesta a una pregunta de investigación claramente formulada mediante un proceso sistemático, en este caso enfocado a demostrar aspectos importantes de la relación teoría-práctica aportados en el proceso formativo en estudiantes de áreas de biología y química de Colombia. De esta manera, a través de una metodología sistemática y cualitativa, se busca realizar una comparación constructiva de diferentes investigaciones reportadas en la literatura, con el fin de demostrar la relación entre el saber disciplinar (teoría) y la praxis (práctica), que se pueden evidenciar a través de investigaciones publicadas por diferentes instituciones del país, demostrando la relación teoría-práctica como una unión sinérgica e indisoluble. Esto permitió concluir que, independiente del área de biología o química en el que se encuentre, siempre va existir una relación entre la teoría y la práctica, donde el sujeto interrelacione ambos componentes, cuando se establece dicha conexión se podrá afirmar que los procesos teóricos ayudan a fundamentar los diferentes procesos prácticos que se pueden encontrar en nuestro diario vivir, además, esa estrecha relación es lo que complementa la formación no solo de estudiantes de la Licenciatura en Biología y Química, sino que también en estudiantes que se dedican al estudio y desarrollo de investigaciones en dichas áreas.

**Palabras clave:** formación, investigaciones científicas, revisión sistemática, teoría-práctica.

### Systematic Review of Literature on the Relationship between Theory and Practice in Biology and Chemistry Students of Colombia

#### Abstract

Systematic reviews (SR) are scientific research in which the aim is to answer a clearly formulated research question through a systematic process, in this case focused on demonstrating important aspects of the theory-practice relationship provided in the training process in students of the biology and chemistry areas in Colombia. In this way, through a systematic and qualitative methodology, the purpose is to carry out a constructive comparison of different research papers reported in the literature, in order to demonstrate the relationship between disciplinary knowledge (theory) and praxis (practice), which can be evidenced through research published by different institutions in the country demonstrating the theory-practice relationship as a synergistic and indissoluble union. This allowed concluding that, regardless of the area of biology or chemistry in which one is located, there will always be a relationship between theory and practice, where the subject interrelates both components. When this connection is established, it can be stated that theoretical processes help

to support the different practical processes that can be found in our daily lives, in addition, this close relationship is what complements the training not only of students of the Bachelor's Degree in Biology and Chemistry, but also in students who are dedicated to the study and development of research in these areas.

**Key words:** training, scientific research, systematic review, theory – practice.

---

## Introducción

Actualmente existe una explosión de información, más de dos millones de artículos son publicados anualmente, en más de 20.000 revistas. Ante este volumen inmanejable de información, los investigadores preferimos resúmenes no sesgados de investigaciones originales (fuentes primarias) (González *et al.*, 2011). De esta manera, dentro de los estudios por revisión de publicaciones se conocen dos tipos diferentes: la revisión sistemática y la revisión no sistemática o revisión narrativa (*update*). El método tradicional de integración en la literatura ha sido la revisión narrativa, pero tiene dos debilidades básicas (González *et al.*, 2011). En primer lugar, no hay norma sobre cómo conseguir los datos primarios, cómo integrar los resultados; lo que prima es el criterio subjetivo del revisor. En segundo lugar, el revisor narrativo no sintetiza cuantitativamente los datos hallados en las distintas publicaciones, por tanto, estas revisiones son muy susceptibles a imprecisiones y sesgos. La revisión sistemática, por el contrario, exige un método riguroso y explícito para la identificación, evaluación crítica y síntesis de la evidencia obtenida (González *et al.*, 2011).

Este proceso de revisión debe estar desarrollado y planeado por adelantado (*a priori*) para reducir los sesgos y eliminar los estudios irrelevantes o de baja calidad. Para ello, González *et al.* (2011) reportan el siguiente protocolo:

1. Formulada una pregunta basada en una estructura PICO (población, intervención, comparación, desenlace) o una estructura PIO (población, intervención y desenlace).
2. Desarrollo de protocolos, en el cual se anexan los criterios de exclusión (filtros para el descarte de artículos que no pertenecen a la temática) e inclusión (filtros para la obtención de artículos relacionados a la temática): idioma, tipo de diseño, tipo de publicación, superposición de la población, entre otros.
3. Adquisición de evidencia (búsqueda bibliográfica).
4. Síntesis de evidencia.
5. Evaluación del riesgo de sesgo: calidad de la evidencia.

## Revisión sistemática (RS)

Las revisiones sistemáticas (RS) son investigaciones científicas en las cuales la unidad de análisis son los estudios primarios; de esta manera, constituyen una herramienta esencial para sintetizar la información científica disponible (González *et al.*, 2011). Las RS pueden ser de tres tipos diferentes: cualitativa, cuantitativa y mixta. Las revisiones de tipo cualitativo son las que resumen la información pero no hacen un análisis matemático de los resultados, prima la subjetividad del autor

y no hay manera de comprobar, interpretar o aplicar lo reportado en el estudio; las revisiones de tipo cuantitativo son las que presentan un análisis matemático (estadístico) para combinar los resultados de dos o más estudios y se conoce como metaanálisis; las revisiones de tipo mixto son los que realizan protocolos en forma de revisión sistemática pero que además, amplían los resultados con un metaanálisis.

La RS son investigaciones científicas que analizan estudios primarios, sintetizan información, incrementan la validez de las conclusiones e identifican áreas de incertidumbre donde debe hacerse investigación, es una recopilación de información en la que los artículos son los individuos de estudio, es decir, en el análisis, la cantidad total de artículos es el tamaño de la muestra (Ferreira-González *et al.*, 2011). A diferencia de Sobrido y Rumbo (2018), que establecen la RS como un tipo especial de documento científico, en el cual, se pretende resumir el estado actual de la investigación frente a una determinada temática en particular, siendo un proceso sistemático riguroso y reproducible, que toma como base los resultados de gran variedad de investigaciones primarias reportadas sobre dicha temática.

### **Revisión narrativa (RN)**

Las revisiones bibliográficas narrativas proporcionan un examen de literatura reciente, nacen con el fin de ofrecer una comprensión más profunda de un fenómeno, consolidar el conocimiento existente e identificar carencias (González *et al.*, 2011). También es considerada como una síntesis de literatura sobre un tema, en la que se utilizan métodos informales para seleccionar e interpretar la información. En la RN no aparece claramente especificada la metodología o, si aparece, esta suele ser difusa (González *et al.*, 2011).

### **Metaanálisis (MA)**

El metaanálisis proviene del griego *meta* (después de) y *análisis* (descripción o interpretación); por ende, consiste en el análisis estadístico de la recolección de resultados extraídos desde estudios primarios o individuales, con el propósito de integrar los hallazgos obtenidos (Pérez, 2010). Tiene dos etapas. La primera consiste en calcular las medidas de efecto para cada estudio y su intervalo de confianza (Pérez, 2010). La segunda es calcular el efecto global, resumen o combinado de la intervención como una medida ponderada de los efectos obtenidos en los estudios individuales (Pérez, 2010).

El objetivo del MA es la integración de los estudios y la posterior obtención de información global de los resultados aportados por cada uno de ellos. El metaanálisis es una metodología para la revisión sistemática y cuantitativa de la investigación, ampliamente consolidada y aplicada en las ciencias en general y aún más en el área de la salud; de esta forma, con esta metodología se ofrece las técnicas necesarias para acumular rigurosa y eficientemente los resultados cuantitativos de los estudios empíricos sobre un mismo problema, permitiendo a los profesionales la determinación de decisiones informadas en sus respectivas áreas de trabajo (Marín-Martínez *et al.*, 2009).

### **Relación entre la teoría y la práctica**

La relación teoría - práctica es uno de los temas más relevantes y recurrentes en el campo de la didáctica porque es tan amplio, complejo y difuso que es imposible darle una respuesta definitiva; aquellos que se han dedicado a la enseñanza, han planteado en mayor o menor medida, cómo conectar mejor su saber con la práctica y llevarlo al mundo contemporáneo (Álvarez y Hevia, 2014). La teoría tiene que ver con la elaboración sistemática de conocimiento pedagógico, y algunos términos habituales para referirse a este concepto son los de: conocimiento, ciencia o investigación; a su vez, constituye un conjunto de leyes, enunciados e hipótesis que configuran el conocimiento científico, sistematizado y organizado (Álvarez y Hevia, 2014).

La práctica, por su parte, se concibe como “el cuerpo a cuerpo” del trabajo cotidiano del profesorado en los diferentes niveles de los centros educativos, sobre todo en las aulas, pero también fuera de ellas (Álvarez, 2012). Estaría constituida por el repertorio de comportamientos, acciones, actitudes y valores manifestados por los docentes en su centro de trabajo; para referirse a la práctica suelen emplearse términos como praxis, acción o enseñanza (Álvarez y Hevia, 2014).

### **Importancia de la revisión sistemática en la relación teoría-práctica**

Siempre ha existido una gran diferencia entre los procesos abordados desde la teoría y los resultados que se obtienen cuando el mismo proceso se realiza de forma práctica. La teoría parte de un fundamento científico que toma en cuenta todas las posibles finalidades que podría presentar algo en cuestión y aborda los temas de una manera completa, la práctica como tal, es la aplicación de esa teoría, enfrentar y contrastar con la realidad lo que se ha documentado con anterioridad (Álvarez y Hevia, 2014).

Por ende, la implementación de la RS en un proceso teórico-práctico en la formación de docentes en Colombia y especialmente los relacionados con biología y química, pretende poner a prueba la mayoría de información científica posible en diferentes momentos del docente, aplicar proyectos de aula, proyectos de investigación a nivel institucional, proyectos de grados o cualquier tipo de investigación científica, para la cual sea necesaria la recolección de información (Álvarez y Hevia, 2014). De esta manera, es importante hacer una comparación entre la literatura reportada con la realidad, para poder realizar una RS que permita recolectar la mayor cantidad de evidencias, analizarlas y con base en esto, tomar decisiones decisión frente a la influencia generada por la interacción entre la teoría y la práctica en las áreas de conocimiento de biología y química en Colombia.

---

### **Metodología**

Este tipo de investigación se trabajó con base en un análisis cualitativo, en el cual Nava *et al.* (2008) nos expresa que:

Los métodos de investigación cualitativa son actualmente herramientas fundamentales y complementarias en todas las disciplinas de las Ciencias Sociales para enriquecer el trabajo Multi, Inter y Transdisciplinar, como es el caso de los estudios para el desarrollo, donde confluyen diversas áreas del conocimiento. La investigación cualitativa privilegia

la subjetividad de las y la intersubjetividad dentro de los contextos, la cotidianidad y la dinámica de interacción entre estos elementos como objeto de estudio.

De esta forma, a partir de esta revisión sistemática se pretende contestar a una pregunta de investigación claramente formulada mediante un proceso sistemático, para este caso es: ***¿de qué manera la revisión sistemática aplicada en la teoría - práctica aporta en el proceso formativo en estudiantes de biología y química en Colombia?***; en donde, a través de una búsqueda exhaustiva en diferentes bases de datos, se encuentre gran variedad de artículos de investigación dentro de la población de interés, por ende, ayudando así a dar solución a la pregunta de investigación establecida y comparando la información reportada por otros investigadores.

Una vez realizada la revisión sistemática, se procede a extraer la información de los artículos de interés, para establecer una comparación entre estos; teniendo en cuenta los intereses, las intencionalidades y los conocimientos que les permitirán a los estudiantes en formación comprender la relación entre la teoría y la práctica en la enseñanza de áreas de biología y química en escenarios reales y cotidianos en donde se desenvolverá el docente de forma profesional.

Con la información extraída, se procede a realizar un metaanálisis con el fin de analizar las situaciones establecidas en los artículos de interés de forma cualitativa y cuantitativa dependiendo del caso; para así comparar dichos datos reportados en la literatura. Con estos datos obtenidos, luego se procederá a realizar un metaanálisis un poco más ilustrativo para la población científica, a través de un análisis de red (teoría de grafos) con la ayuda de los programas **VOSviewer** para análisis de datos. El flujo de trabajo se muestra a través de la **Figura 1**.



**Figura 1.** Flujo de metodología de trabajo.

---

## Resultados



**biología y química en Colombia?** Por ende, se creó la siguiente ecuación de búsqueda general que representa la forma estructura de la pregunta de investigación.

**Población** = (Estudiante\* de biología y química en Colombia)  
**Intervención** = (Revisión sistemática aplicada en la teoría - práctica)  
**Desenlace** = (Aporte en el proceso formativo)

De esta forma, se incluyeron 70 términos que constituyen la población de interés para esta pregunta de investigación; 8 términos que representan la intervención y 15 términos que conforman el desenlace o finalidad de la pregunta de investigación. Los diferentes términos utilizados son sinónimos que están relacionados con cada término que conforma la ecuación de búsqueda. Adicional a esto, se agregaron 133 términos a la ecuación de búsqueda, con el fin de condicionarla para que no se reporten dentro de los resultados de búsqueda artículos que no tengan nada que ver con el enfoque que tiene la pregunta de investigación.

La búsqueda se realizó en las siguientes bases de datos; esto debido a que estas bases de datos fueron las únicas que permitieron contener todos y cada uno de los términos que conforman la ecuación. Además, estas bases de datos se caracterizan por permitir realizar búsquedas a partir de metadatos (entendiéndose estos como el conjunto de datos que describen otros datos; en este caso son cada uno de los términos que conforman la estructuración de la pregunta de interés) y por ser dentro del ranking de bases de datos, las más utilizadas y en las que se reporta gran número de investigaciones. Estas bases de datos son:

- ❖ **Web of Science (ISI Web of Knowledge de Thomson Reuters)** creado por Eugene Garfield en 1964, el cual facilita el acceso a un conjunto de bases de datos en las que aparecen citas de artículos de revistas científicas, libros y otros tipos de material impreso que abarcan todos los campos del conocimiento.
- ❖ **Scopus (Elsevier)**, una base de datos bibliográfica que contiene resúmenes y citas de artículos de revistas académicas cubriendo 21.000 títulos de más de 5.000 editores.
- ❖ **NCBI (National Center for Biotechnology Information)**, creada en 1988 con el fin de ser una biblioteca Nacional de Medicina en Estados Unidos (PubMed).
- ❖ **Scielo (Scientific Electronic Library Online)** es una biblioteca electrónica que abarca una colección seleccionada de revistas científicas brasileñas.

Una vez seleccionadas las bases de datos de interés, se procedió a realizar la búsqueda de estos artículos, los cuales el periodo de búsqueda de estos, fue entre enero de 2019 al 13 de julio de 2019. Además de los términos adicionales agregados a la ecuación, también se utilizaron filtros para refinar la información que son establecidos por las bases de datos, esto con el fin disminuir aun más la información y solamente dejar los artículos que cumplen con las condiciones establecidas, los cuales representarían para investigación una alta calidad de información. Se utilizaron refinados como:

**País** = Colombia  
**Período de tiempo** = Últimos 5 años (2015 - 2019)  
**Tipo de documento** = Artículo o revisión  
**Especie** = Humanos  
**Lenguaje** = Inglés

De esta forma, se obtuvieron los siguientes resultados que se pueden observar a través de la **Figura 3**.

### Análisis de artículos

Una vez obtenidos los resultados de la RS para cada base de datos, se procedió a descargar los artículos obtenidos de cada base de datos al final de la revisión sistemática y se obtuvo su referencia bibliográfica. Se analizó cada artículo obtenido y se le asignó un número por base de datos, además se clasificó en tres categorías establecidas:

1. Categoría 1. Artículo teórico
2. Categoría 2. Artículo práctico
3. Categoría 3. Artículo teórico-práctico

En la categoría uno se ubicaron todos los artículos en los cuales se observó un fuerte desarrollo del componente teórico, el cual se estableció que puede estar representado por el desarrollo de teorías, fórmulas, ecuaciones matemáticas y modelos predictivos matemáticos. En la categoría dos se ubicaron todos los artículos en los cuales se vio un fuerte avance del componente práctico, en el que se estableció que puede estar representado por artículos en los que solo se observa trabajos experimentales o de campo y bajo contenido conceptual. En la categoría tres, se ubicaron todos los artículos en los que se observó una unión entre el componente teórico y el componente práctico (existiendo un equilibrio entre ambos), donde el componente teórico respalda al práctico y a su vez, el componente práctico sustenta la teoría.



Hacer click sobre la imagen para ampliarla

**Figura 3.** Resultados obtenidos en la RS.

De esta forma, se obtuvieron los siguientes resultados para cada artículo con respecto a las bases de datos Web of Science, NCBI/PubMed y Scopus, reportados en las **Tablas 1 a 3**.

**Tabla 1.** Artículos obtenidos en *Web of Science*.

Artículo	Número de Artículo	Clasificación
Pulido <i>et al.</i> (2019)	1	teórico - práctico
Salas <i>et al.</i> (2019)	2	teórico
Portilla-Mendoza <i>et al.</i> (2019)	3	teórico - práctico
Moreno <i>et al.</i> (2019)	4	teórico - práctico
Osorio <i>et al.</i> (2018)	5	teórico - práctico
Santacruz <i>et al.</i> (2019)	6	teórico - práctico
Jaramillo & Valdivieso (2018)	7	teórico
Arancibia <i>et al.</i> (2018)	8	teórico - práctico
Woutersen <i>et al.</i> (2018)	9	teórico - práctico
Pereira <i>et al.</i> (2017)	10	teórico - práctico
Griffin <i>et al.</i> (2018)	11	teórico - práctico
Fedosova (2018)	12	teórico
Rabanal-León <i>et al.</i> (2018)	13	teórico - práctico
Chacón-Sánchez & Martínez-Castillo (2017)	14	teórico - práctico
Herrera-Ramírez <i>et al.</i> (2017)	15	teórico - práctico
Stiles <i>et al.</i> (2017)	16	teórico - práctico
Gómez <i>et al.</i> (2017)	17	teórico - práctico
Carmona <i>et al.</i> (2017)	18	teórico - práctico
Villalba <i>et al.</i> (2017)	19	teórico
Quintero-Jaramillo <i>et al.</i> (2016)	20	teórico - práctico
Herrera <i>et al.</i> (2016)	21	teórico
Rudel <i>et al.</i> (2016)	22	teórico
Stefanes <i>et al.</i> (2016)	23	teórico
Rodríguez <i>et al.</i> (2015)	24	teórico
Garzón-Vergara (2015)	25	teórico
Hernández & Vásquez (2015)	26	teórico - práctico
López-Herrera <i>et al.</i> (2015)	27	teórico - práctico

**Tabla 2.** Artículos obtenidos en *National Center for Bitechology Information / PubMed*.

Artículo	Número de artículo	Clasificación
Cruz-Roa <i>et al.</i> (2018)	1	teórico
López-Agudelo <i>et al.</i> (2017)	2	teórico
Znaor <i>et al.</i> (2017)	3	teórico
Ribeiro <i>et al.</i> (2016)	4	teórico - práctico
González y Hernández (2016)	5	teórico

**Tabla 3.** Artículos obtenidos en *Scopus*.

Artículo	Número de artículos	Clasificación
Vera (2017)	1	teórico
Ruiz <i>et al.</i> (2019)	2	teórico
De León-Barreneche <i>et al.</i> (2015)	3	teórico
Gómez-Villa <i>et al.</i> (2016)	4	teórico – práctico
Papo <i>et al.</i> (2016)	5	teórico
Cuartas-Otálora <i>et al.</i> (2019)	6	teórico – práctico
Cook & Schultze-Kraft (2015)	7	teórico
Abreu <i>et al.</i> (2015)	8	teórico
Alvarez <i>et al.</i> (2019)	9	teórico
Rivera <i>et al.</i> (2015)	10	teórico – práctico
Moreno-Fuquen <i>et al.</i> (2015)	11	teórico – práctico
Agredo (2016)	12	teórico
Mendes <i>et al.</i> (2018)	13	teórico – práctico
Velásquez & Bárcenas (2016)	14	teórico
Mendoza & Muriel (2017)	15	teórico
Higuera & Sinitsyn (2015)	16	teórico
Castano <i>et al.</i> (2016)	17	teórico
Ahmadiniaz <i>et al.</i> (2018)	18	teórico
Humánez <i>et al.</i> (s.f)	19	teórico
Gallego <i>et al.</i> (2017)	20	teórico
Bogart <i>et al.</i> (2017)	21	teórico
Gómez <i>et al.</i> (2018)	22	teórico
Mora & Mantilla (2017)	23	teórico
Tovar <i>et al.</i> (2018)	24	teórico – práctico
Muñoz-Grajales (2016)	25	teórico
Mérot <i>et al.</i> (2017)	26	teórico - práctico
Ayala-Usma <i>et al.</i> (2019)	27	teórico – práctico

Para resumir, los resultados obtenidos por categorías para cada base de datos se reportan los siguientes resultados en las **Tablas 4 a 6**.

**Tabla 4.** Análisis estadístico de los artículos de *Web of Science*.

Enfoque del artículo	Número de artículos	Porcentaje (%)
Enfoque teórico	9	33,33
Enfoque práctico	0	0
Enfoque teórico-práctico	18	66,67
Total	27	100

**Tabla 5.** Análisis estadístico de los artículos de *National Center for Bitechology Information / PubMed*.

Enfoque del artículo	Número de artículos	Porcentaje (%)
Enfoque teórico	4	80
Enfoque práctico	0	0
Enfoque teórico-práctico	1	20
Total	5	100

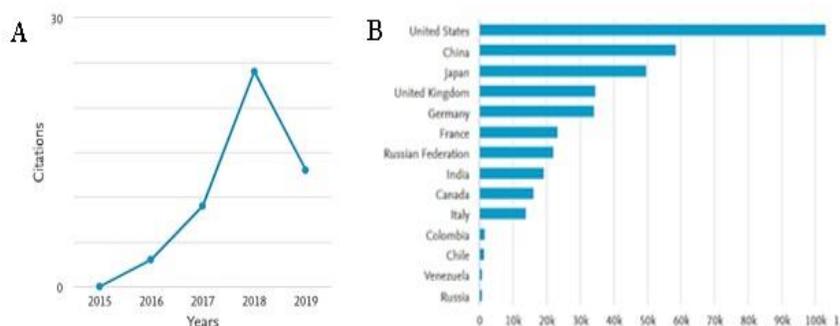
**Tabla 6.** Análisis estadístico de los artículos de *Scopus*.

Enfoque del artículo	Número de artículos	Porcentaje (%)
Enfoque teórico	19	66,67
Enfoque práctico	0	0
Enfoque teórico-práctico	8	33,33
Total	27	100

La diferenciación en los resultados obtenidos anteriormente se debe a que, publicar en revistas indexadas (*Web of Science, Scopus y National Center for Biotechnology Information / PubMed*) puede convertirse, a veces, en un camino lleno de obstáculos difíciles de comprender y de salvar para un investigador en el ámbito de las ciencias; debido a que cada revista tiene unos criterios de selección para poder publicar un artículo científico dentro de su base de datos. Por ello, vamos a analizar cuáles son los criterios de evaluación que establece cada revista y que hace que se obtenga este tipo de resultados. *Web of Science* es un buscador general que obtiene información de artículos que están presentes también en otras bases de datos y tiene los siguientes criterios de aceptación de artículos: revisión por pares, prácticas de publicación éticas, formato de publicación, texto completo en inglés, entre otras. De igual forma aplica para *Scopus* y otro tipo de bases de datos. Por otro lado, analizando los resultados obtenidos en las bases de datos, por criterios de aceptación que establece cada una de ellas; vemos que, al analizar todos estos criterios de evaluación vemos *National Center for Biotechnology Information (NCBI)* es una base de datos con investigaciones relevantes para la biotecnología, ciencias de la salud, entre otros; además de ser un recurso importante para las herramientas y servicios de bioinformática; por consiguiente, de ahí el número tan bajo de artículos reportados dentro del campo de interés de esta investigación.

Con los datos obtenidos en la base de datos Scielo, se pudo analizar lo siguiente: en esta base de datos se realizan diferentes publicaciones sobre pedagogía centrados en ejes temáticos como la biología y la química, pero al momento de realizar la revisión sistemática enfocada en la relación teoría-práctica para estos ejes temáticos, no se reporta ningún artículo entre los años 2015 a 2019. De igual manera, puede que en esta base de datos existan artículos que comprendan estos ejes temáticos de interés; pero para esta investigación quedan descartados por la sencilla razón de que ya es información desactualizada. Además de esto, no se reportan datos de artículos que cumplan todas las condiciones de refinamiento (filtros) establecidos para la búsqueda de los artículos.

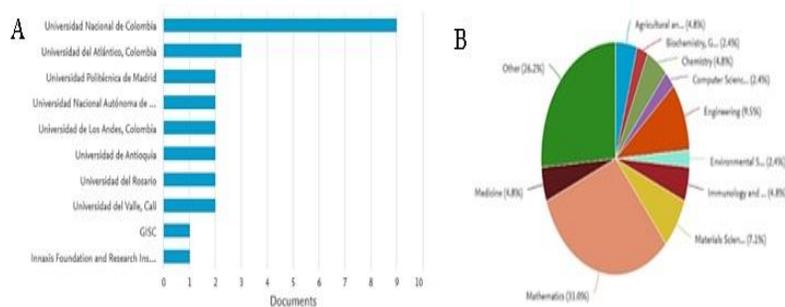
Con *Scopus y WOS*, como se obtuvo igual número de resultados, no se pudo sacar una conclusión a simple vista por el número de artículos, sino que, dicho análisis se hace con base en los resultados porcentuales presentes en cada categoría. No hay indicios del por qué se genere esta variación entre una base de datos y otra, lo que sí se puede decir, es que estas variaciones entre los enfoques teórico y teórico – práctico, están determinados por los criterios de aceptación de las revistas y, por ende, los gustos de los mismos autores para la facilidad de publicación entre una base de datos y otra. Además de esto, para centrar un poco el panorama que tiene Colombia frente a este tipo de investigaciones que resaltan la relación teórica – práctica en el área de la biología y la química, se complementó estos resultados con los análisis de datos proporcionados por *Scopus*, en el cual se graficó el número de citas de los artículos obtenidos con relación al año de publicación (**Figura 4A**).



**Figura 4a.** Gráfica número de citaciones por Año en *Scopus*. **b.** Gráfica resultados globales con relación al número de artículos por país en *Scopus*.

En la [figura 4a](#), se puede ver que desde el 2015 hasta el 2018 de forma general, este tipo de temática para Colombia ha tenido un comportamiento exponencial en cuanto al número de citas, pero que para el presente año no se han reportado nuevas citas que superen las del 2018. Para verificar lo anterior, se realizó una comparación del número de artículos publicados por países de forma global y de forma específica para Colombia frente a los artículos publicados en Scopus, que se puede observar en la [Figura 4b](#).

De forma global, vemos que Estados Unidos es el país que reporta la mayor cantidad de investigaciones con un enfoque más teórico y que trabaja ejes temáticos de biología y química. Pero si lo comparamos con Colombia, no se realiza tantos aportes en esta línea de investigación comparado con Estados Unidos; pero a su vez, la cantidad de investigaciones reportadas supera a países suramericanos como Chile. Centrándonos en Colombia, quisimos observar una comparación por universidades a nivel del país con respecto al número de investigaciones realizadas por universidades de forma nacional, también obtuvimos los siguientes resultados ([Figura 5A](#)).



Hacer click sobre la imagen para ampliarla

**Figura 5a.** Gráfica cantidad publicaciones por Universidades en *Scopus*. **B.** Gráfica por área de interés en *Scopus*.

En la [figura 5a](#) se puede ver que, de todas las investigaciones adquiridas en esta revisión sistemática, la mayoría de estos artículos han sido elaborados la Universidad Nacional de Colombia y otras universidades del país; pero no se reportan artículos relacionados con la Universidad de Caldas en

cuanto a la relación teoría-práctica en ejes temáticos de biología y química. Si analizamos la información encontrada de los 27 artículos que se obtuvieron en la revisión sistemática y centrándonos en el eje temático de interés, se obtuvo el siguiente resultado a través de la base de datos **Scopus** (Figura 5B). En el cual, podemos observar que de los artículos obtenidos el 31% tiene un área de interés hacia las matemáticas, el 4,8% tiene un enfoque químico y el 4,8% tiene un enfoque hacia la agricultura y biología. Por ende, vemos que en la base de datos de **Scopus** de forma global hay un gran número investigaciones con un enfoque en la matemática lo cual afirma las anteriores conclusiones al momento de establecer que hay más artículos en la base de datos de **Scopus** con un enfoque teórico.

De esta forma, de los 27 artículos obtenidos en la base de datos **WOS** durante la RS, solamente 11 artículos cumplen las dos condiciones de los parámetros que se establecieron inicialmente; es decir, en estos artículos se evidencia una relación entre la teoría y la práctica, además de estar enfocados en áreas de la química y de la biología (Tabla 7).

**Tabla 7.** Síntesis de artículos Web of Science (WOS).

Número Artículo	Referencia	Título	Autor	Año	Población	Variables de interés (objetivos)	Conclusión
4	Moreno-Fuquen, R., Arango-Daraviña, K., Becerra, D., Castillo, J. C., Kennedy, A. R., & Macías, M. A. (2019). Catalyst and solvent-free synthesis of 2-fluoro-N-(3-methylsulfanyl-1H-1,2,4-triazol-5-yl)benzamide through a microwave-assisted fries rearrangement: X-ray structural and theoretical studies. <i>Acta Crystallographica Section C: Structural Chemistry</i> , 75(1), 359–371.	Catalyst and solvent-free syntheses of 2-fluoro-N-(3-methylsulfanyl-1H-1,2,4-triazol-5-yl)benzamide through a microwave-assisted fries rearrangement: X-ray structural	Rodolfo Moreno Funquen, Kevin Arango Daraviña, Diana Becerra, Juan Carlos Castillo, Alan R. Kennedy, Mario A. Macias.	2019	Sin población de interés	La síntesis de 2-fluoro-N-(3-methylsulfanyl-1H-1, 2,4-triazol-5-yl) benzamide sin el uso de catalizadores ni solventes utilizando otros procesos.	Se demostró la eficiencia del método para la síntesis de 2-fluoro-N-(3-methylsulfanyl-1H-1,2,4-triazol-5-yl) benzamide alcanzando los resultados esperados desde lo teórico.

	<a href="https://doi.org/10.1107/S2053229619002572">https://doi.org/10.1107/S2053229619002572</a>	al and theoretical studies.					
6	Santacruz, L., Thomas, O. P., Duque, C., Puyana, M., & Tello, E. (2019). Comparative analyses of metabolomic fingerprints and cytotoxic activities of soft corals from the Colombian Caribbean. <i>Marine Drugs</i> , 17(1), 1–14. <a href="https://doi.org/10.3390/md17010037">https://doi.org/10.3390/md17010037</a>	Comparative analyses of metabolomic fingerprints and cytotoxic activities of soft corals from the Colombian Caribbean.	Liliana Santacruz, Oliver P. Thomas, Carmenza Duque, Mónica Puyana, Edisson Tello	2019	Metabolitos de <i>Pseudoplexaura flagellosa</i>	Analizar la composición de metabolitos de 28 corales blandos por medio de cromatografía líquida con espectrometría de masas de alta resolución.	Por medio de análisis realizado de metabolitos con cromatografía líquida con espectrometría de masas de alta resolución se identificaron aquellos con actividad citotóxica contra líneas celulares tumorales en cortos periodos de tiempo.
8	Arancibia, V., Nagles, E., García-Beltrán, O., & Hurtado, J. (2018). Adsorptive stripping voltammetric determination of lead and cadmium in natural waters in the presence of rutin using a Nafion-mercury coated film electrode. <i>International Journal of Electrochemical Science</i> , 13(9), 8711–8722. <a href="https://doi.org/10.20964/2018.09">https://doi.org/10.20964/2018.09</a>	Adsorptive Stripping Voltammetric Determination of Lead and Cadmium in Natural Waters in the Presence of Rutin Using a Nafion-Mercury Coated Film	Verónica Arancibia, Edgar Nagles, Olimpo García Beltrán, John Hurtado.	2018	Colombianos habitantes cerca del río Ambala.	Un método sensible para la determinación simultánea de Pb (II) y Cd (II) basado en la formación de sus complejos con rutina (RUT) y posterior depósito de adsorción en un revestimiento de Nafion-mercurio se presenta un electrodo de carbono vidrioso (GC-NHgFE). La determinación de Pb (II) y Cd (II) en el agua del río	La determinación de trazas de plomo y cadmio se llevó a cabo formando Pb-RUT y complejos de Cd-RUT que se adsorben en un electrodo de carbono vidrioso recubierto con un Nafion-Película de mercurio (GC-NHgFE). En las muestras de agua analizadas, la concentración de cadmio era demasiado baja. Normalmente,

	19	Electrode				Ambala (Colombia) y en aguas comerciales.	las determinaciones de Pb (II) y Cd (II) informadas se llevaron a cabo mediante ASV. Sin embargo, con nuestro sistema, las corrientes máximas obtenidas por AdSV son más altas que las obtenidas por ASV. Por otra parte, con un tiempo de acumulación de 100 s, la sensibilidad es mejor que la de AAS e ICP-AES para determinación de plomo y cadmio.
9	Woutersen, A., Jardine, P. E., Bogotá-Angel, R. G., Zhang, H. X., Silvestro, D., Antonelli, A., ... Hoorn, C. (2018). A novel approach to study the morphology and chemistry of pollen in a phylogenetic context, applied to the halophytic taxon <i>Nitraria</i> L.(Nitrariaceae). <i>PeerJ</i> , 2018(7), 1–31. <a href="https://doi.org/10.7554/peerj.4111">https://doi.org/10.7554/peerj.4111</a>	A novel approach to study the morphology and chemistry of pollen in a phylogenetic context, applied to the halophytic taxon	Amber Wouterse n, Phillip E. Jardine, Raul Giovanni Bogotá Angel, Hong-Xiang Zhang, Daniele Silvestro, Alexandre Antonelli, Elena Gogna, Roy H.J. Erkens, William D.	2018	Población Universitaria.	Nitraria es un taxón halofítico (es decir, adaptado a ambientes salinos) El enfoque muestra una consistencia convincente entre el químico y el morfológico características de las ocho especies de Nitrariaceae estudiadas, y estos rasgos están de acuerdo con el	La determinación de trazas de plomo y cadmio se llevó a cabo formando Pb-RUT y complejos de Cd-RUT que se adsorben en un electrodo de carbono vidrioso recubierto con un Nafion–Película de mercurio (GC-NHgFE). En las muestras de agua analizadas, la concentración

	0.7717/peerj.5055	Nitraria L.(Nitrariaceae)	Gosling, Guillaume Dupont Nivet, Carina Hoorn			<p>árbol filogenético Tomados en conjunto, esto demuestra cómo los nuevos métodos para estudiar el polen fósil pueden facilitar la investigación evolutiva de los vivos y los extintos Taxones y los entornos que representan.</p>	<p>de cadmio era demasiado baja. Normalmente, las determinaciones de Pb (II) y Cd (II) informadas se llevaron a cabo mediante ASV. Sin embargo, con nuestro sistema, las corrientes máximas obtenidas por AdSV son más altas que las obtenidas por ASV. Por otra parte, con un tiempo de acumulación de 100 s, la sensibilidad es mejor que la de AAS e ICP-AES para determinación de plomo y cadmio.</p>
<b>11</b>	Griffin, M., Palgrave, R., Baldovino-Medrano, V. G., Butler, P. E., & Kalaskar, D. M. (2018). Argon plasma improves the tissue integration and angiogenesis of subcutaneous implants by modifying surface chemistry and topography. <i>International</i>	Argon plasma improves the tissue integration and angiogenesis of subcutaneous implants by modifying surface chemistry	Michelle Griffin, Robert Palgrave, Víctor G Baldovino Medrano, Peter E Butler, Deepak M Kalaskar	2018	Población Universitaria.	Reportamos la optimización de la modificación de la superficie del plasma (PSM) usando argón (Ar), gases de oxígeno (O2) y nitrógeno (N2) de un polímero de poliuretano para mejorar la integración del tejido y angiogénesis.	Ar PSM es un método simple, rápido y muy efectivo de modificación de superficie que puede mejorar la integración tisular y la angiogénesis de los implantes de poliuretano. El trabajo futuro investigará el efecto de la modificación de la superficie de

	<i>Journal of Nanomedicine</i> , 13, 6123–6141. <a href="https://doi.org/10.2147/IJN.S167637">https://doi.org/10.2147/IJN.S167637</a>	ry and topography					Ar en otros materiales biomédicos clínicamente aprobados para evaluar su efectividad en la cabecera clínica.
<b>13</b>	Rabanal-León, W. A., Tiznado, W., Osorio, E., & Ferraro, F. (2018). Exploring the potential energy surface of small lead clusters using the gradient embedded genetic algorithm and an adequate treatment of relativistic effects. <i>RSC Advances</i> , 8(1), 145–152. <a href="https://doi.org/10.1039/c7ra11449d">https://doi.org/10.1039/c7ra11449d</a>	Explorando la superficie de energía potencial de pequeños grupos de plomo utilizando el algoritmo genético integrado en gradientes y un tratamiento adecuado de los efectos relativistas	Walter A. Rabanal León, William Tiznado, Edison Osorio y Franklin Ferraro	2018	Grupos de plomo	Evaluar cómo el tratamiento de los efectos relativistas influye en la identificación de la estructura energética GM de pequeños grupos de plomo.	Los efectos relativistas de acoplamiento escalar y de órbita giratoria son fundamentales para describir los parámetros geométricos y las propiedades de la estructura electrónica de pequeños grupos de conductores.
<b>14</b>	Chacón-Sánchez, M. I., & Martínez-Castillo, J. (2017). Testing domestication scenarios of Lima bean ( <i>Phaseolus lunatus</i> L.) in mesoamerica: Insights from genome-wide	Testing domestication scenarios of Lima bean ( <i>Phaseolus lunatus</i> L.) in mesoam	María I. Chacón Sánchez, Jaime Martínez Castillo	2017	Lima Bean ( <i>Phaseolus lunatus</i> L.)	Evaluar la estructura genética del grupo de genes silvestres y probar los diferentes escenarios de domesticación competitiva	Se obtuvo mayor respaldo estadístico al escenario de domesticación único en el centro-oeste de México seguido de la mezcla con poblaciones silvestres y que

	genetic markers. <i>Frontiers in Plant Science</i> , 8(September), 1–20. <a href="https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01551">https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01551</a>	erica: Insights from genome-wide genetic markers .				para el Lima Bean.	la domesticación habría implicado fuertes efectos en la pérdida de diversidad genética.
15	Herrera-Ramirez, D., Andreu-Hayles, L., del Valle, J. I., Santos, G. M., & González, P. L. M. (2017). Nonannual tree rings in a climate-sensitive <i>Prioria copaifera</i> chronology in the Atrato River, Colombia. <i>Ecology and Evolution</i> , 7(16), 6334–6345. <a href="https://doi.org/10.1002/ece3.2905">https://doi.org/10.1002/ece3.2905</a>	Nonannual tree rings in a climate-sensitive <i>Prioria copaifera</i> chronology in the Atrato River, Colombia.	David Herrera Ramírez, Laia Andreu Hayles, Jorge I. del Valle, Guaciara M. Santos, Paula L. M. González	2017	Árboles ( <i>Prioria copaifera</i> )	Generar una cronología confiable del ancho del anillo del árbol junto con sus señales climatológicas y validar la periodicidad anual de los árboles de <i>Prioria copaifera</i> .	Hay un crecimiento común de árboles con variabilidad compartida entre árboles y estas se encuentran correlaciones significativamente con los registros meteorológicos de la resolución anual.
17	Gómez, C., Bayly, N. J., Norris, D. R., Mackenzie, S. A., Rosenberg, K. V., Taylor, P. D., ... Daniel Cadena, C. (2017). Fuel loads acquired at a stopover site influence the pace of intercontinental migration in a boreal songbird. <i>Scientific Reports</i> , 7(1), 1–11. <a href="https://doi.org/10.1038/s41598-017-03503-4">https://doi.org/10.1038/s41598-017-03503-4</a>	Fuel loads acquired at a stopover site influence the pace of intercontinental migration in a boreal songbird	Camila Gómez, Nicholas J. Bayly, D. Ryan Norris, Stuart A. Mackenzie, Kenneth V. Rosenberg, Philip D. Taylor, Keith A. Hobson, Carlos Daniel Cadena.	2017	<i>Catharus minimus</i>	Estudiar el comportamiento de escala del <i>Catharus minimus</i> en un sitio en el norte de Colombia y luego rastrearon su migración utilizando una matriz de radio telemetría intercontinental, destacando la importancia clave de un solo sitio de escala para la estrategia de	Esta especie se comporta como minimizadores de tiempo según lo predicho por la teoría de migración óptima, y que las cargas de combustible adquiridas en esta escala sudamericana sitio, junto con la fecha de salida, transferencia para influir en el ritmo de la migración.

						migración de esta especie.	
<b>18</b>	Carmona, L. G., Whiting, K., & Carrasco, A. (2017). The water footprint of heavy oil extraction in Colombia: A case study. <i>Water (Switzerland)</i> , 9(5), 340. <a href="https://doi.org/10.3390/w9050340">https://doi.org/10.3390/w9050340</a>	The water footprint of heavy oil extraction in Colombia: A case study.	Luis Gabriel Carmona, Kai Whiting, Ángeles Carrasco.	2017	La subcuenca del Magdalena Medio, Colombia.	Es un estudio de caso colombiano que calcula la huella hídrica total (azul, verde y gris) para la producción de crudo pesado (11.5 de gravedad API promedio) que ocurre en tres campos, ubicados en la cuenca del Magdalena	El documento intenta apoyar iniciativas gubernamentales para responsabilizar al sector petrolero por el uso de los recursos hídricos y el tratamiento de aguas residuales. Finalmente, brinda una mayor visibilidad del impacto socio ambiental en los recursos naturales y el desarrollo sostenible.
<b>20</b>	Quintero-Jaramillo, J. A., Murillo-Arango, W., & Cerón-Salazar, I. X. (2016). Use of thermal water as a natural coagulant for domestic wastewater sustainable treatment. <i>Revista Facultad de Ingeniería</i> , 26(44), 35–45.	Use of thermal water as a natural coagulant for domestic wastewater sustainable treatment.	Javier Andrés Quintero Jaramillo, Walter Murillo Arango, Ivonne Ximena Cerón Salazar	2016	Agua residual doméstica.	La búsqueda de procesos limpios y sostenibles para el tratamiento de aguas residuales domésticas como alternativa para reducir los contaminantes que son vertidos en aguas superficiales.	Se encontró que el agua termal es una alternativa técnica para reemplazar el sulfato de aluminio, como coagulante natural para el tratamiento de agua residual doméstica para la eliminación de los principales contaminantes, como sólidos y materia orgánica.

## Metaanálisis

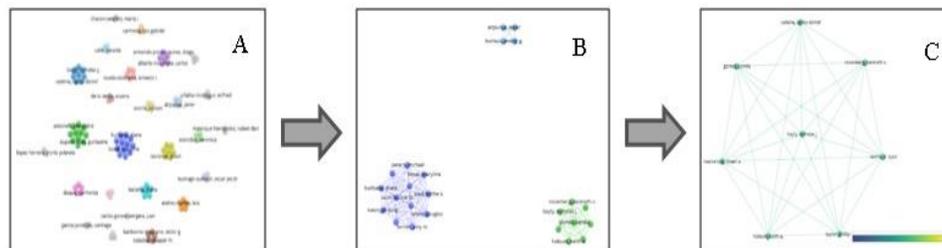
El metaanálisis tiene como finalidad la integración de los estudios y la posterior obtención de la información bibliométrica de los artículos primarios obtenidos en cada base de datos, se pretende analizar dichos artículos extraídos de **WOS**, esto debido a que permite descargar un archivo de texto de plano con la información detallada de cada artículo. Por ende, se descargaron los datos de referencia de cada artículo de **WOS** y se procedió a analizar la metodología de trabajo reportada por Zuluaga *et al.* (2016), en la cual se puede observar la serie de procedimientos que se implicaría para poder realizar un metaanálisis a través de la teoría de grafos (**Figura 6**).

Además, también se reporta el uso de dos programas: **Sci2 Tools**, un programa que se utiliza para generar las diferentes interacciones (correlaciones) entre artículos de una misma base de datos. Posterior a esto, se llevan los resultados de estas interacciones a un visualizador gráfico como lo es Gephi. Como esta metodología es más compleja y dispendiosa, se decidió trabajar con el programa VOSviewer. Esta modificación a la metodología de trabajo se realiza, debido a que este programa posee una interfaz mucho más sencilla de manejar y además permite sacar las interacciones (correlación) entre los datos bajo los criterios que se desee, generando así el grafo obtenido dentro de la misma interfaz del programa, evitando así requerir el uso de programas independientes. Por ende, con dicho archivo obtenido de **Web of Science** se obtuvieron los siguientes resultados, que se pueden observar a través de la **Figura 7**.

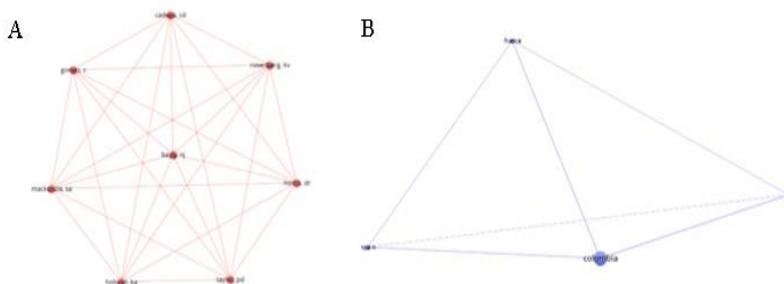
**Figura 6.** Flujo metodológico reportado por Zuluaga *et al.* (2016).



**Figura 7.** Esquematización de refinado del Grafo. **A.** (Número de citas 1), **B.** (Número de citas 7) y **C.** (Número de citas mayor a 17).



En el cual, se ve que inicialmente se forman varios clúster relacionados por los autores, pero que a medida que se va aumentando el número de interacciones (en este caso el número de citas reportadas por autor), disminuye el número de clústeres y finalmente se obtiene un grafo que muestra la correlación entre el número de citas reportadas por autor frente a otros autores con la misma cantidad de citas; además, también se ve en el grafo final (**Figura 8A**), que entre estos autores se presenta un trabajo colaborativo o que por el contrario se citan frecuentemente entre ellos mismos.



**Figura 8. A.** Interacciones generadas en el Grafo C, con un número de citación mayor a 17. **B.** Grafo de interacciones entre Colombia y otros países, con respecto a investigaciones colaborativas.

Adicional a esto también se puede observar el grafo de las interacciones (correlación) entre autores y países, lo que demuestra la existencia de estudios colaborativos entre Colombia con otros países, como se puede observar a través de la **Figura 8B**.

Por otro lado, respondiendo la pregunta de interés y con base en los resultados obtenidos anteriormente, vemos que, desde el punto de vista de la biología y la química, debe existir un fundamento teórico-práctico para realizar cualquier tipo de investigación con este eje temático, es necesario implicar un proceso comprensivo del fenómeno biológico o químico utilizando la teoría existente, para ya luego realizar un estudio experimental que ayude a correlacionar la información teórica con los resultados obtenidos. Además, es de carácter obligatorio conocer la teoría, ya que esta es la que informa de los peligros que pueden adquirir algunos compuestos químicos o reacciones que puede tener; con el fin, de dar la fundamentación para la forma de trabajo dentro de un laboratorio. Cuando el estudiante ya adquiere los conocimientos sufrientes de la teoría, ya cuando entrar al laboratorio para comprender el acople de los procesos teóricos a los prácticos, permitiendo analizar de mejor manera lo que se está haciendo.

## Discusión

Todos los artículos vistos durante el desarrollo de esta investigación y los seleccionados al final nos pudieron dar luces al decir que: “Necesariamente tiene que existir una relación entre la teoría y la práctica para que haya un proceso investigativo”. Además de que toda teoría establecida se desarrolla con el fin de llevarlo a cabo un proceso más práctico y poder sustentar dicho proceso teórico. De igual forma, independientemente del área del conocimiento en que se encuentre, siempre va a existir una relación entre la teoría y la práctica que hará que el sujeto interrelacione ambos componentes, ya sea el docente o el estudiante el que lo haga; pero cuando se establece

dicha conexión se podrá afirmar que los procesos teóricos ayudan a fundamentar los diferentes procesos prácticos que se pueden encontrar en nuestro diario vivir.

Por otro lado, respondiendo la pregunta de interés y con base en los resultados obtenidos, vemos que, desde el punto de vista de la biología y la química, debe existir un fundamento teórico-práctico para realizar cualquier tipo de investigación en estas áreas disciplinares, es necesario implicar un proceso comprensivo del fenómeno biológico o químico utilizando la teoría existente, que permita realizar un estudio experimental que ayude a correlacionar la información teórica con los resultados obtenidos. Además, es de carácter obligatorio conocer la teoría ya que esta es la que informa de los peligros que puede adquirir algunos compuestos químicos o reacciones que se lleven a cabo en la práctica, con el fin, de dar la fundamentación para la forma de trabajo en el laboratorio. Cuando el estudiante adquiere los conocimientos suficientes de la teoría, va al laboratorio para comprender el acople de los procesos teóricos a los prácticos, permitiendo analizar de mejor manera lo que se está haciendo.

---

## Conclusiones

Finalmente, vemos que esa estrecha relación entre lo teórico y lo práctico es lo que complementa la formación no solo de estudiantes de la Licenciatura en Biología y Química, sino que también en estudiantes y trabajadores dedicados al estudio y desarrollo de investigaciones en estas áreas; logrando así una mejor correlación entre estos dos procesos de formación. De igual forma, las RS son de gran importancia para la realización de este tipo de investigaciones secundarias, debido a que permiten obtener conclusiones globales de la pregunta planteada, a partir de los resultados generados al final del proceso con los artículos que cumplen con todos los criterios establecidos.

En Colombia se observan los aportes que están realizando en cuanto a investigaciones que involucren procesos teóricos y prácticos en áreas afines de la biología y la química; que al comparar con otros países, Colombia no investiga tanto en esta relación según lo reportado y obtenido en dichas bases de datos, pero aun así ya se está investigando en la inclusión de los diferentes procesos formativos y la manera en que se pueden involucrar los conceptos teóricos y experimentales. Así mismo, se demuestra con la presente investigación que no es suficiente la relación teórico-práctica que se esté reportando actualmente para áreas de biología y química en Colombia.

En forma general, estimamos que en el futuro se verá una tendencia mucho más exponencial para investigaciones enfocadas en los procesos formativos teórico-prácticos en estas áreas de interés, debido que desde nuestro punto de vista es donde más se nota la existencia de esta estrecha relación; dado que el maestro nunca podrá entrar a la parte experimental de un proceso, sin que le enseñe al estudiante unas bases teórico-conceptuales.

---

## Agradecimientos

A la Vicerrectoría de Investigaciones y Posgrados de la Universidad de Caldas, por la aprobación y financiamiento del proyecto y a los integrantes del Semillero de Investigación Pedagógica, adscrito al Departamento de Estudios Educativos de la Facultad de Artes y Humanidades.

---

## Conflicto de intereses

Los autores manifiestan no tener conflicto de intereses con respecto al contenido de este artículo.

---

## Referencias

- Abreu, N., Lenes, E. & Rojo, O. (2015). Computing the maximal signless Laplacian index among graphs of prescribed order and diameter. *Proyecciones*, 34(4), 379-390. <https://doi.org/10.4067/S0716-09172015000400006>
- Agredo, J. (2016). Decoherence-free subspaces for open quantum random walks on graphs. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 109(4), 941-947. <https://doi.org/10.12732/ijpam.v109i4.16>
- Ahmadiniaz, N., Gomez, H. & Lopez-Arcos, C. (2018). Non-planar one-loop Parke-Taylor factors in the CHY approach for quadratic propagators. *Journal of High Energy Physics*, (5). [https://doi.org/10.1007/JHEP05\(2018\)055](https://doi.org/10.1007/JHEP05(2018)055)
- Álvarez, C. (2012). La relación teoría-práctica en los procesos de enseñanza-aprendizaje Theory-practice relationship in the processes of teaching and learning. *Educatio Siglo XXI*, 30(2), 383-402.
- Álvarez, C. y Hevia, I. (2014). Posibilidades y límites de la relación teoría-práctica en la formación del profesorado. *Revista Cultura y Educación*, 25(3).
- Álvarez, E., Castillo, S. & Pinto, M. (2019).  $(\omega, c)$ -Pseudo periodic functions, first order Cauchy problem and Lasota–Wazewska model with ergodic and unbounded oscillating production of red cells. *Boundary Value Problems*, (1). <https://doi.org/10.1186/s13661-019-1217-x>
- Arancibia, V., Nagles, E., García-Beltrán, O. & Hurtado, J. (2018). Adsorptive stripping voltammetric determination of lead and cadmium in natural waters in the presence of rutin using a Nafion-mercury coated film electrode. *International Journal of Electrochemical Science*, 13(9), 8711-8722. <https://doi.org/10.20964/2018.09.19>
- Ayala-Usma, D. A., Lozano-Gutiérrez, R. E. & González Arango, C. (2019). Wood anatomy of two species of the genus *Chrysochlamys* (Clusiaceae: Clusioideae: Clusieae) from the northern Andes of Colombia. *Heliyon*, 5(7), e02078. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02078>

- Bogart, T., Goodrick, J. & Woods, K. (2017). Parametric Presburger Arithmetic: Logic, combinatorics, and quasi-polynomial behavior. *Discrete Analysis*, 4, 1-34. <https://doi.org/10.19086/da.1254>
- Carmona, L. G., Whiting, K. & Carrasco, A. (2017). The water footprint of heavy oil extraction in Colombia: A case study. *Water (Switzerland)*, 9(5), 340. <https://doi.org/10.3390/w9050340>
- Castano, C. H., Herrera, R. A. & Torres, P. I. (2016). Modeling Nonlinear Acoustooptic Coupling in Fiber Optics Based on Refractive Index Variation due to Local Bending. *Advances in Optical Technologies*. <https://doi.org/10.1155/2016/3696094>
- Chacón-Sánchez, M. I. & Martínez-Castillo, J. (2017). Testing domestication scenarios of Lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) in Mesoamerica: Insights from genome-wide genetic markers. *Frontiers in Plant Science*, 8, 1-20. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01551>
- Cruz-Roa, A., Gilmore, H., Basavanahally, A., Feldman, M., Ganesan, S., Shih, N., ... González, F. (2018). High-throughput adaptive sampling for whole-slide histopathology image analysis (HASHI) via convolutional neural networks: Application to invasive breast cancer detection. *PLoS ONE*, 13(5), 1-23. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196828>
- Cook, B. G. & Schultze-Kraft, R. (2015). Botanical name changes - Nuisance or a quest for precision? *Tropical Grasslands-Forrajeros Tropicales*, 3(1), 34-40. [https://doi.org/10.17138/TGFT\(3\)34-40](https://doi.org/10.17138/TGFT(3)34-40)
- Cuartas-Otálora, P. E., Gómez-Valderrama, J. A., Ramos, A. E., Barrera-Cubillos, G. P. & Villamizar-Rivero, L. F. (2019). Bio-Insecticidal Potential of Nucleopolyhedrovirus and Granulovirus Mixtures to Control the Fall Armyworm *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). *Viruses*, 11(8), 684. <https://doi.org/10.3390/v11080684>
- De León-Barreneche, J., Hoyos-Madrigal, B. A., & Cañas-Marín, W. A. (2015). Aggregation study of asphaltenes from Colombian Castilla crude oil using molecular simulation. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*, 40(1), 44-51. <https://doi.org/10.17533/udea.redin.n77a04>
- Fedossova, A. (2018). Outer approximation algorithms to solve semi-infinite environmental pollution problems. *INGE CUC*, 14(1), 19-29.
- Ferreira-González, I., Urrútia, G. & Alonso-Coello, P. (2011). Revisiones sistemáticas y metaanálisis: bases conceptuales e interpretación. *Revista Española de Cardiología*, 64(8), 688-696. <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2011.03.029>
- Gallego, E., Gómez-Ramírez, D. A. de J. & Vélez, J. D. (2017). On Positive-Characteristic Semi-parametric Local Uniform Reductions of Varieties over Finitely Generated  $\mathbb{Q}$  - Algebras. *Results in Mathematics*, 72(1-2), 937-945. <https://doi.org/10.1007/s00025-017-0691-7>

- Garzón-Vergara, J. C. (2015). Avoiding the perfect storm: Criminal economies, spoilers, and the post-conflict phase in Colombia. *Stability*, 4(1), 1-15. <https://doi.org/10.5334/sta.fx>
- González, I. F., Urrutia, G. y Alonso-Coello, P. (2011). Revisiones sistemáticas y metaanálisis: bases conceptuales e interpretación. *Revista Española de Cardiología*, 64(8), 688-696.
- González, A. & Hernández, O. (2016). New insights into a complex fungal pathogen: the case of *Paracoccidioides* spp. *Yeast*, 113-128. <https://doi.org/10.1002/yea>
- Gómez, C., Bayly, N. J., Norris, D. R., Mackenzie, S. A., Rosenberg, K. V., Taylor, P. D., ... Cadena, C. D. (2017). Fuel loads acquired at a stopover site influence the pace of intercontinental migration in a boreal songbird. *Scientific Reports*, 7(1), 1-11. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-03503-4>
- Gómez-Villa, A., Díez-Valencia, G. & Salazar-Jimenez, A. E. (2016). A Markov random field image segmentation model for lizard spots. *Revista Facultad de Ingeniería*, (79), 41-49. <https://doi.org/10.17533/udea.redin.n79a05>
- Gómez, E. A., Castaño-Yepes, J. D. & Thirumuruganandham, S. P. (2018). Perturbation theory for open quantum systems at the steady state. *Results in Physics*, 10(April), 353-355. <https://doi.org/10.1016/j.rinp.2018.06.038>
- Griffin, M., Palgrave, R., Baldovino-Medrano, V. G., Butler, P. E. & Kalaskar, D. M. (2018). Argon plasma improves the tissue integration and angiogenesis of subcutaneous implants by modifying surface chemistry and topography. *International Journal of Nanomedicine*, 13, 6123-6141. <https://doi.org/10.2147/IJN.S167637>
- Herrera, M. Z., Aizpurua, J., Kazansky, A. K. & Borisov, A. G. (2016). *Plasmon Response and Electron Dynamics in Charged Metallic Nanoparticles*. <https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.6b00112>
- Herrera-Ramirez, D., Andreu-Hayles, L., del Valle, J. I., Santos, G. M. & Gonzalez, P. L. M. (2017). Nonannual tree rings in a climate-sensitive *Prioria copaifera* chronology in the Atrato River, Colombia. *Ecology and Evolution*, 7(16), 6334-6345. <https://doi.org/10.1002/ece3.2905>
- Hernández, R. D. M. & Vasquez, N. S. M. (2015). Psychometric properties and structural validity of the short version of the personality beliefs questionnaire (PBQ-SF). *International Journal of Psychological Research*, 8(2), 48-59.
- Higuera, M. M. & Sinityn, A. V. (2015). Existence of lower and upper solutions in reverse order with respect to a variable in a model of acidogenesis to anaerobic digestion. *Bulletin of the South Ural State University, Series: Mathematical Modelling, Programming and Computer Software*, 8(2), 55-68. <https://doi.org/10.14529/mmp150205>
- Humánez, B. (s.f). *On the integrability of polynomial vector fields in the plane by means of Picard-Vessiot theory*. 1-16. <https://doi.org/10.3934/xx.xx.xx.xx>

- Jaramillo, S. & Valdivieso, C. (2018). Transforming the legislative: a pending task of Brazilian and Colombian constitutionalism. <https://doi.org/10.5380/rinc.v55i3.60977>
- López-Herrera, G. Y. & Jiménez Sanz, J. C. (2015). Best practices for requirements identification, specification, and validation to guide software implementation and maintenance processes for applications in an electricity supply company. *Sistemas y Telemática*, 13(35), 53-76. <https://doi.org/10.18046/syt.v13i35.2152>
- López-Agudelo, V. A., Baena, A., Ramirez-Malule, H., Ochoa, S., Barrera, L. F. & Ríos-Esteva, R. (2017). Metabolic adaptation of two in silico mutants of Mycobacterium tuberculosis during infection. *BMC Systems Biology*, 11(1), 1-18. <https://doi.org/10.1186/s12918-017-0496-z>
- Marín-Martínez, F., Sánchez Meca, J., & López López, J. A. (2009). El metaanálisis en el ámbito de las Ciencias de la Salud: una metodología imprescindible para la eficiente acumulación del conocimiento. *Fisioterapia*, 31(3), 107-114. <https://doi.org/10.1016/j.ft.2009.02.002>
- Mendes, R. A., Germino, J. C., Fazolo, B. R., Thaines, E. H. N. S., Ferraro, F., Santana, A. M., ... Barboza, C. A. (2018). Electronic and magnetic properties of the [Ni(salophen)]: An experimental and DFT study. *Journal of Advanced Research*, 9, 27-33. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2017.10.004>
- Mendoza, J. & Muriel, C. (2017). Exact solutions and Riccati-type first integrals. *Journal of Nonlinear Mathematical Physics*, 24, 75-89. <https://doi.org/10.1080/14029251.2017.1418055>
- Mérot, C., Salazar, C., Merrill, R. M., Jiggins, C. D., & Joron, M. (2017). What shapes the continuum of reproductive isolation? Lessons from Heliconius butterflies. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 284(1856). <https://doi.org/10.1098/rspb.2017.0335>
- Moreno-Fuquen, R., Arango-Daraviña, K., Becerra, D., Castillo, J. C., Kennedy, A. R. & Macías, M. A. (2019). Catalyst- and solvent-free synthesis of 2-fluoro-N-(3-methylsulfonyl-1H-1,2,4-triazol-5-yl)benzamide through a microwave-assisted fries rearrangement: X-ray structural and theoretical studies. *Acta Crystallographica Section C: Structural Chemistry*, 75(I), 359-371. <https://doi.org/10.1107/S2053229619002572>
- Mora, D. & Mantilla, J. (2017). *Study of the process of combustion in a high swirl engine using computational fluid dynamics*. <https://doi.org/10.1016/j.rimni.2016.04.010>
- Moreno-Fuquen, R., Mariño, N. J., & Kennedy, A. R. (2015). Crystal structure of N-(2-hydroxy-5-methylphenyl)benzamide. *Acta Crystallographica Section E: Crystallographic Communications*, 71(2), o943. <https://doi.org/10.1107/S2056989015020575>
- Muñoz-Grajales, J. C. (2016). Vector Solitons of a Coupled Schrödinger System with Variable Coefficients. *Advances in Mathematical Physics*, (1). <https://doi.org/10.1155/2016/5787508>
- Nava, P., Peña, G. y Chimal, A. (2008). *Investigación Cualitativa. Animal Genetics* (Vol. 39). México.

- Osorio, J. F., Caicedo-Muñoz, M. C. & Trujillo Bohórquez, I. C. (2018). A Radio Program: a Strategy to Develop Students' Speaking and Citizenship Skills. *How*, 26(1), 8-33. <https://doi.org/10.19183/how.26.1.510470>
- Papo, D., Zanin, M., Martínez, J. H. & Buldú, J. M. (2016). Beware of the small-world neuroscientist! *Frontiers in Human Neuroscience*, 10, 8-11. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00096>
- Pérez, R. (2010). *QUOROM-PRISMA: Revisiones sistemáticas de literatura y metaanálisis*. ELSEVIER.
- Pereira, R., Alves, C., Aler, M., Amorim, A., Arévalo, C., Betancor, E., ... Gusmão, L. (2018). A GHEP-ISFG collaborative study on the genetic variation of 38 autosomal indels for human identification in different continental populations. *Forensic Science International: Genetics*, 32, 18-25. <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2017.09.012>
- Portilla-Mendoza, K. A., Pinzón-Núñez, D. A., Moreno-González, L., Mier-Umaña, R., Ríos-Reyes, C. A. & Henao-Martínez, J. A. (2019). Mineralogical characterization of pre-hispanic pottery at the Mesa de Los Santos region, Colombia. *Boletín de Geología*, 41(2), 123-136. <https://doi.org/10.18273/revbol.v41n2-2019007>
- Pulido, E. S., Arboleda, C. V. & Rodríguez Sánchez, J. P. (2019). Study of the spatiotemporal correlation between sediment-related blockage events in the sewer system in Bogotá (Colombia). *Water Science and Technology: A Journal of the International Association on Water Pollution Research*, 79(9), 1727-1738. <https://doi.org/10.2166/wst.2019.172>
- Quintero-Jaramillo, J. A., Murillo-Arango, W. & Cerón-Salazar, I. X. (2016). Use of thermal water as a natural coagulant for domestic wastewater sustainable treatment. *Revista Facultad de Ingeniería*, 26(44), 35-45.
- Rabanal-León, W. A., Tiznado, W., Osorio, E. & Ferraro, F. (2018). Exploring the potential energy surface of small lead clusters using the gradient embedded genetic algorithm and an adequate treatment of relativistic effects. *RSC Advances*, 8(1), 145-152. <https://doi.org/10.1039/c7ra11449d>
- Rivera, A., Rojas, J. J., Ríos-Motta, J., Bolte, M. & Simpson, J. (2015). Crystal structure of 1,1'-[imidazolidine-1,3-diylbis(methylene)]bis(naphthalen-2-ol). *Acta Crystallographica Section E: Structure Reports Online*, 71(3), 258-260. <https://doi.org/10.1107/S2056989015002078>
- Ribeiro, D., Ziegler, E., Abeyasinghe, P. M., Das, T. K., Cavaliere, C., Aiello, M., ... Soddu, A. (2017). A method for independent component graph analysis of resting-state fMRI. *Brain and Behavior*, 7(3), 1-12. <https://doi.org/10.1002/brb3.626>

- Rodríguez, J., Montoya-Lerma, J. & Calle, Z. (2015). Effect of tithonia diversifolia mulch on atta cephalotes (Hymenoptera: Formicidae) Nests. *Journal of Insect Science*, 15(32), 1-7. <https://doi.org/10.1093/jisesa/iev015>
- Rudel, T. K., Kwon, O. J., Paul, B. K., Boval, M., Rao, I. M., Burbano, D., ... Peters, M. (2016). Do smallholder, mixed crop-livestock livelihoods encourage sustainable agricultural practices? A meta-analysis. *Land*, 5(1). <https://doi.org/10.3390/land5010006>
- Ruiz, H. D., Marcellán, F. & Molano, A. (2019). A classification of symmetric (1, 1)-coherent pairs of linear functionals. *Mathematics*, 7(2), 1-33. <https://doi.org/10.3390/math7020213>
- Salas, G. & Rojas, C. (2019). *Experimental de Wilhelm Mann* (1860-1920). (July). <https://doi.org/10.14718/ACP.2019.22.2.12>
- Santacruz, L., Thomas, O. P., Duque, C., Puyana, M. & Tello, E. (2019). Comparative analyses of metabolomic fingerprints and cytotoxic activities of soft corals from the Colombian Caribbean. *Marine Drugs*, 17(1), 1-14. <https://doi.org/10.3390/md17010037>
- Sobrido, M. & Rumbo-Prieto, J. (2018). *La revisión sistemática: pluralidad de enfoques y metodologías*. ELSEVIER.
- Stiles, F. G., Rosselli, L. & De La Zerda, S. (2017). Changes over 26 years in the avifauna of the Bogotá region, Colombia: Has climate change become important? *Frontiers in Ecology and Evolution*, 5(JUN). <https://doi.org/10.3389/fevo.2017.00058>
- Stefanes, M., Ochoa-Quintero, J. M., De Oliveira Roque, F., Moreira Sugai, L. S., Tambosi, L. R., Lourival, R. & Laurance, S. (2016). Incorporating resilience and cost in ecological restoration strategies at landscape scale. *Ecology and Society*, 21(4). <https://doi.org/10.5751/ES-08922-210454>
- Tovar, J. S. D., Valbuena-Duarte, S. & Racedo-Niebles, F. (2018). Study of non-linear optical properties in automobile lubricating oil via Z-Scan technique. *Revista Facultad de Ingeniería*, (86), 27-31. <https://doi.org/10.17533/udea.redin.n86a04>
- Vera, J. M. R. (2017). A convergent iterative method for a logistic chemotactic system. *Revista Colombiana de Matemáticas*, 51(1), 103-117. <https://doi.org/10.15446/recolma.v51n1.66843>
- Velásquez, M. V. E. L. (2016). Equivariant k -theory of central extensions and twisted equivariant k -theory : sl 3 z and st 3 z. *Geometry and Topology*, 18(1), 49-70.
- Villalba, W., Villamizar, L. P. & Sánchez, M. del P. (2017). Model for implementation of teleworking in software development organizations. *Sistemas y Telemática*, 15(43), 29-44. <https://doi.org/10.18046/syt.v15i43.2734>
- Woutersen, A., Jardine, P. E., Bogotá-Angel, R. G., Zhang, H. X., Silvestro, D., Antonelli, A., ... Hoorn, C. (2018). A novel approach to study the morphology and chemistry of pollen in a

phylogenetic context, applied to the halophytic taxon *Nitraria* L. (Nitrariaceae). *PeerJ*, (7), 1-31. <https://doi.org/10.7717/peerj.5055>

Zuluaga, M., Robledo, S., Osorio Zuluaga, G. A., Yathe, L., Gonzalez, D. y Taborda, G. (2016). Metabolómica y Pesticidas: Revisión sistemática de literatura usando teoría de grafos para el análisis de referencias. *Nova*, 14(25), 121. <https://doi.org/10.22490/24629448.1735>

Znaor, A., Laversanne, M. & Bray, F. (2017). Less overdiagnosis of kidney cancer? an age-period-cohort analysis of incidence trends in 16 populations worldwide. *International Journal of Cancer*, 141(5), 925-932. <https://doi.org/10.1002/ijc.30799>

---

1 Universidad de Caldas, Departamento de Química, Sede Central, Manizales, Caldas, Colombia. [semillero.investigacionpedagogica@ucaldas.edu.co](mailto:semillero.investigacionpedagogica@ucaldas.edu.co)

2 Universidad de Caldas, Departamento de Estudios Educativos, Sede Central, Manizales, Caldas, Colombia [mariadelcarmen.suarez@ucaldas.edu.co](mailto:mariadelcarmen.suarez@ucaldas.edu.co)

3 Universidad de Caldas, Departamento de Estudios Educativos, Sede Central, Manizales, Caldas, Colombia [dianayurany.alvarez@ucaldas.edu.co](mailto:dianayurany.alvarez@ucaldas.edu.co)

---

**Para citar este artículo:** Betancourt Arango, J. P., Suárez Millán, M. C. y Álvarez Márquez, D. Y. (2022). Revisión sistemática de literatura sobre la relación entre la teoría y la práctica en estudiantes de biología y química de Colombia. *Revista Luna Azul*, 54, 114-142 <https://doi.org/10.17151/luaz.2022.54.7>

---

Esta obra está bajo una [Licencia de Creative Commons Reconocimiento CC BY](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)



Código QR del artículo

