




Metodologías Innovadoras en Prácticas de Laboratorio y metodología STEAM: Una Revisión Sistemática con Aplicación de Machine Learning

Innovative Methodologies in Laboratory Practices and STEAM Methodology: A Systematic Review with Machine Learning Application

Pablo José Pabón Santacruz**, Mario Alberto Jurado Eraso* y Hernando Efraín Caicedo Ortiz*,⁺ Universidad Mariana, Pasto, Colombia
* Instituto de Educación Media Superior de la Ciudad de México, Ciudad de México, México
[@] Universidad Nacional Rosario Castellanos, Ciudad de México, México

Resumen. En este estudio se presenta una revisión sistemática de las metodologías de prácticas de laboratorio en ciencias naturales, enfocándose en la física. Se identificaron patrones y tendencias mediante técnicas de Machine Learning y la integración de la metodología STEAM, destacando la incorporación de tecnologías digitales y el aprendizaje activo. Los resultados sugieren mejoras significativas en el rendimiento académico de los estudiantes, aunque predominan los estudios de América Latina. Se recomienda investigar en contextos geográficos más diversos y explorar enfoques interdisciplinarios

Palabras Claves. Prácticas de laboratorio; ciencias naturales; enseñanza de la física; aprendizaje activo; Machine Learning; STEAM.

Abstract. This study systematically reviews laboratory practice methodologies in natural sciences, focusing on physics. Patterns and trends were identified using Machine Learning techniques and the integration of the STEAM methodology, highlighting the incorporation of digital technologies and active learning. Results indicate significant improvements in students' academic performance, though the studies predominantly originate from Latin America. Future research should explore diverse geographical contexts and interdisciplinary approaches.

Keywords. Laboratory practices; natural sciences; physics education; active learning; Machine Learning; STEAM.

Como citar. P.J. Pabón Santacruz, M.A. Jurado Eraso y H.E. Caicedo-Ortiz, Metodologías Innovadoras en Prácticas de Laboratorio y metodología STEAM: Una Revisión Sistemática con Aplicación de Machine Learning. *Jou. Cie. Ing.*, vol. 17, no. 1, pp. 56-68, 2025. doi:10.46571/JCI.2025.1.6

Recibido: 15/01/2025 **Revisado:** 06/02/2025 **Aceptado:** 21/04/2025

1. Introducción

En la educación científica, la enseñanza de disciplinas como la física ha evolucionado constantemente, con esfuerzos continuos por encontrar métodos pedagógicos que promuevan un aprendizaje profundo y significativo. En este contexto, surge el interés por integrar enfoques como el STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Arte y Matemáticas), que busca

desarrollar competencias interdisciplinarias en los estudiantes mediante prácticas innovadoras y experimentales. Este enfoque no solo enriquece el proceso educativo, sino que también fomenta la curiosidad y el pensamiento crítico en los estudiantes [1].

Para comprender mejor el impacto de estas metodologías, la revisión sistemática se ha convertido en una herramienta fundamental. Este método permite analizar la literatura científica con rigor y objetividad, ofreciendo una visión integral de los enfoques y tendencias actuales en la enseñanza experimental de las ciencias [2]. A través de este análisis, se identifican patrones y perspectivas que pueden guiar futuros estudios y prácticas en la educación científica.

En esta revisión, se aplicó una estrategia de búsqueda exhaustiva en bases de datos académicas como Google Académico, Scielo y Scopus. Utilizando operadores booleanos y términos de búsqueda clave, se lograron recopilar estudios publicados en los últimos quince años que abordan metodologías de prácticas de laboratorio en física, química, biología y disciplinas relacionadas. Este proceso aseguró la inclusión de estudios relevantes y actualizados, seleccionados bajo estrictos criterios de calidad y pertinencia [3, 4]. Si bien el proceso de selección fue realizado por un único revisor, se implementaron criterios claros para reducir sesgos y asegurar la validez de los hallazgos [5].

Esta revisión se propone ofrecer una visión actualizada y fundamentada sobre las prácticas de laboratorio en ciencias naturales, con el fin de enriquecer el aprendizaje y adaptarse a las demandas de la educación contemporánea.

2. Metodología

Este estudio adopta una revisión sistemática como método principal para examinar las metodologías de prácticas de laboratorio en ciencias naturales, con un enfoque particular en la enseñanza de la física. Este enfoque se seleccionó con el propósito de identificar y sintetizar tanto las tendencias como los enfoques pedagógicos predominantes en este ámbito. Para ello, se implementaron técnicas avanzadas de procesamiento del lenguaje natural (NLP) y minería de textos, lo que permitió un análisis exhaustivo y estructurado de los datos [6, 7].

La metodología se estructuró en varias fases: primero, se realizó una búsqueda exhaustiva de literatura en bases de datos académicas de acceso amplio; luego, se aplicaron criterios de inclusión y exclusión cuidadosamente definidos para asegurar la relevancia y calidad de los estudios considerados [8]. Finalmente, se llevó a cabo un análisis profundo de los datos, extrayendo insights clave que aportan una comprensión más completa de las metodologías en la enseñanza experimental de ciencias.

2.1. Diseño de la búsqueda

Para asegurar una cobertura exhaustiva de la literatura académica relevante, se llevaron a cabo búsquedas sistemáticas en bases de datos ampliamente reconocidas, incluyendo Google Académico, Scielo y Scopus. La estrategia de búsqueda se diseñó con términos clave relacionados con prácticas de laboratorio, educación en ciencias naturales y metodologías pedagógicas, combinados con operadores booleanos para maximizar la precisión y amplitud de los resultados; algunos de estos operadores se pueden visualizar en la tabla 1. Este enfoque robusto permitió identificar una amplia variedad de estudios pertinentes, cubriendo desde enfoques tradicionales hasta metodologías innovadoras en prácticas de laboratorio.

2.2. Criterios de inclusión y exclusión

Para garantizar la relevancia y calidad de los estudios analizados, se definieron previamente criterios específicos de inclusión y exclusión. Solo se incluyeron estudios publicados en los últimos veinte años (2004-2024), que abordaran de manera directa metodologías en prácticas de laboratorio dentro de las disciplinas de física, química y biología (Tabla 2). Se excluyeron aquellos estudios cuyo enfoque no se centraba en la metodología educativa o que carecían de datos suficientes para su análisis. Estos filtros aseguraron que el corpus de la revisión representara un panorama confiable y actualizado de las prácticas de laboratorio en el ámbito de la educación científica.

Tabla 1: Cuadro de operadores booleanos para búsqueda académica.

Tema	Consulta booleanos
Aprendizaje Significativo	."aprendizaje significativo AND (laboratorio OR ciencias naturales) AND (estrategias didácticas OR educación científica)"
Resolución de Problemas	resolución de problemas AND (laboratorio OR educación científica) AND (metodologías activas OR competencias científicas)"
STEAM y Enfoques Interdisciplinarios	"(STEAM OR interdisciplinar*) AND (ciencias naturales OR educación superior) AND (competencias profesionales OR innovación)"
Uso de Tecnología en Laboratorios	"(tecnología OR TIC OR herramientas digitales) AND (prácticas de laboratorio OR simulación) AND (enseñanza de ciencias OR ingeniería educativa)"
Prácticas de Laboratorio y Competencias Profesionales	"(prácticas de laboratorio AND competencias) AND (educación superior OR desarrollo profesional) AND (ciencias naturales OR ingeniería aplicada)"
Metodologías Activas y Didácticas	"("metodologías activas" OR didáctica) AND (laboratorio OR enseñanza de ciencias) AND (participación estudiantil OR innovación pedagógica)"

Tabla 2: Criterios de inclusión y exclusión.

Criterio	Descripción	Ejemplo
Criterios de inclusión		
Temática	Estudios que aborden prácticas de laboratorio en ciencias naturales o disciplinas relacionadas.	"Prácticas de laboratorio en enseñanza de química."
Enfoque Pedagógico	Trabajos basados en metodologías activas (p. ej., aprendizaje significativo, STEAM, resolución de problemas).	"Impacto de STEAM en educación de biología."
Diseño Metodológico	Artículos con diseño de investigación empírico, revisiones sistemáticas o estudios de caso.	"Revisión sistemática sobre prácticas en laboratorios."
Nivel Educativo	Estudios enfocados en niveles de educación secundaria, superior o formación docente.	"Laboratorios en formación de docentes de ciencias."
Criterios de exclusión		
Fuera de Tema	Estudios que no traten prácticas de laboratorio o no estén relacionados con ciencias naturales.	"Laboratorios en ciencias sociales."
Enfoques Genéricos	Artículos sobre metodologías pedagógicas sin enfoque en ciencias naturales.	"Enseñanza basada en proyectos sin laboratorio"
Niveles No Relevantes	Trabajos enfocados en niveles educativos que no incluyan prácticas experimentales (e.g., preescolar).	"Técnicas pedagógicas en nivel preescolar"
Fecha de Publicación Antigua	Estudios publicados hace más de 20 años (excepto clásicos relevantes en pedagogía).	Publicados antes de 2002.

Utilizando los criterios de búsqueda previamente definidos se encuentra los estudios indicados en la tabla 3, donde se organizaron por contenido o enfoque común. La búsqueda inicial arrojó un total de 50 artículos relacionados con los procesos de enseñanza con prácticas de laboratorio en ciencias naturales y afines a las metodologías o enfoques de la enseñanza de las ciencias.

Tabla 3: Artículos relacionados con los procesos de enseñanza con prácticas de laboratorio en ciencias naturales.

Tipo de contenido o enfoque	Autores
Aprendizaje Significativo	[9–15]
Resolución de Problemas	[16–22]
STEAM y Enfoques Interdisciplinarios	[23–30]
Uso de Tecnología en Laboratorios	[31–38]
Prácticas de Laboratorio y Competencias Profesionales	[39–46]
Metodologías Activas y Didácticas	[12, 14, 30, 47–51]

2.3. Proceso de selección

El proceso de selección de estudios se desarrolló en varias etapas claramente estructuradas. En primer lugar, se llevó a cabo una revisión inicial de los títulos y resúmenes de los artículos identificados mediante la búsqueda. Aquellos estudios que no cumplían con los criterios de inclusión definidos fueron excluidos de inmediato. Posteriormente, los estudios que superaron esta fase fueron sometidos a una revisión completa del texto, evaluando su relevancia y calidad con mayor profundidad. Tras esta serie de filtros (tal como se muestran en la tabla 2), se seleccionaron finalmente 14 de los 50 artículos identificados, los cuales cumplieron rigurosamente con los criterios establecidos para el análisis de esta investigación.

2.4. Extracción de datos

Para el análisis detallado de los estudios seleccionados, se utilizó una matriz de revisión diseñada específicamente para este propósito. En esta matriz se incluyeron campos relevantes, tales como el autor, año de publicación, objetivos del estudio, enfoque metodológico, participantes, resultados principales y conclusiones (Tabla 4). Este enfoque sistemático en la extracción de datos no solo facilitó una comparación estructurada entre estudios, sino que también garantizó un análisis profundo y objetivo de las metodologías empleadas en las prácticas de laboratorio en ciencias.

2.5. Análisis y síntesis de los estudios

El análisis de los estudios seleccionados se realizó mediante una combinación de técnicas manuales y herramientas de Machine Learning para asegurar tanto precisión como profundidad en la identificación de patrones. En particular, se aplicaron técnicas de procesamiento del lenguaje natural (NLP) y clustering jerárquico para analizar los textos de los estudios y descubrir tendencias emergentes en las metodologías de enseñanza de las ciencias. La herramienta "Orange Data Mining" se empleó para procesar los textos, facilitando la extracción de palabras clave y la organización de los estudios en categorías semánticas significativas [52–54]. Este enfoque permitió agrupar los estudios de manera eficiente, destacando temas pedagógicos recurrentes y nuevas perspectivas en la enseñanza de las ciencias naturales.

La combinación de análisis manual y técnicas de Machine Learning aportó una visión integral y estructurada de los enfoques pedagógicos más relevantes en la literatura, proporcionando una síntesis que captura tanto las tendencias actuales como los avances emergentes en el campo [55].

2.6. Uso de técnicas de Machine Learning

Para optimizar la precisión y profundidad en el análisis de los estudios revisados, se implementaron diversas técnicas de Machine Learning específicas para el procesamiento de grandes volúmenes de texto. Este enfoque permitió no solo una interpretación más robusta de los datos, sino también la identificación precisa de patrones relevantes en la literatura revisada [56–58]. A continuación, se describe en detalle cada paso de este proceso.

2.6.1. Preparación de los datos El primer paso en la preparación de datos consistió en preprocesar los textos completos de los estudios seleccionados, eliminando elementos no textuales, como gráficos y tablas, que no contribuían directamente al análisis (Figura 1). Posteriormente, se aplicó la técnica de tokenización, dividiendo el texto en palabras individuales para facilitar su tratamiento. Además, se removieron las palabras comunes o "stopwords", que no aportan significado específico, optimizando así la claridad de los datos textuales para el análisis.

2.6.2. Procesamiento del Lenguaje Natural (NLP) Mediante técnicas de procesamiento del lenguaje natural (NLP), se realizó una lematización de los términos para reducir las palabras a su forma base o raíz, lo que permitió un análisis semántico más preciso. Adicionalmente, se aplicaron algoritmos de reconocimiento de entidades nombradas (NER) para identificar términos clave vinculados a metodologías de laboratorio y enseñanza de la física, resaltando así los conceptos más relevantes dentro de los textos. Este procesamiento detallado facilitó la extracción de insights específicos que enriquecen el análisis de las metodologías en prácticas de laboratorio.

2.6.3. Minería de textos Para realizar un análisis detallado de los contenidos textuales, se empleó la herramienta Orange Data Mining en la fase de minería de textos. Esta herramienta facilitó la creación de matrices de términos-documentos (TDM), permitiendo cuantificar la frecuencia de aparición de términos clave en cada estudio. A través de este enfoque, fue posible identificar tanto los temas recurrentes como aquellos emergentes en la literatura analizada, generando así una base sólida para la categorización y análisis de tendencias. La Figura 1 proporciona una ilustración del uso de esta herramienta en el análisis textual.

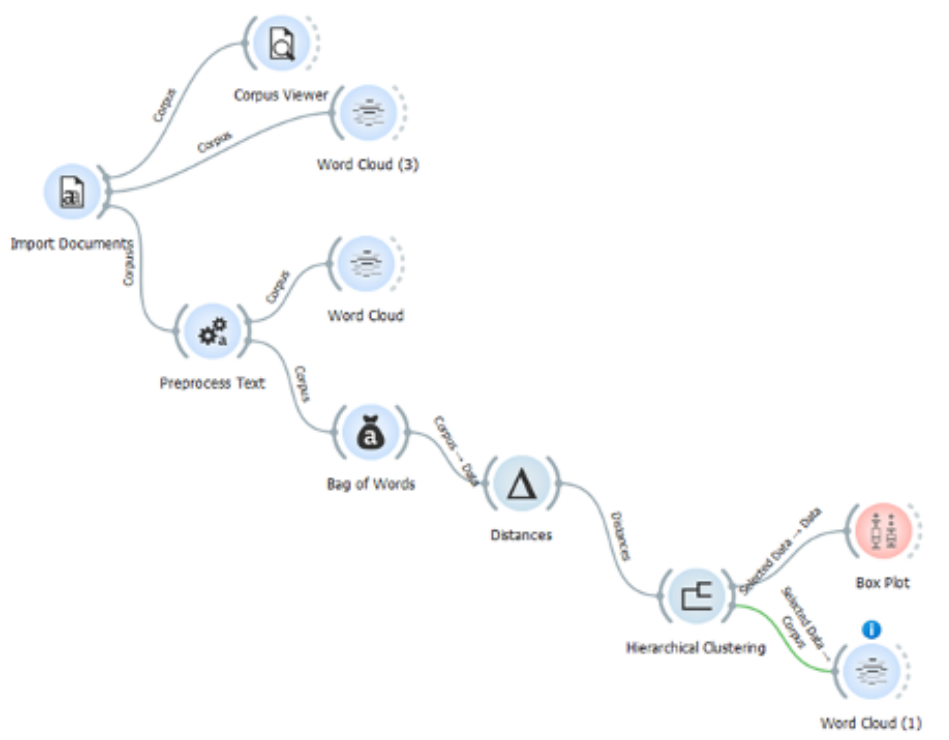


Figura 1: Uso del Programa Orange datamining para la Minería de Textos.

2.6.4. *Clustering jerárquico* Se aplicaron algoritmos de clustering jerárquico para agrupar los estudios según similitudes semánticas, organizándolos en categorías específicas. Este proceso permitió identificar grupos de estudios con enfoques metodológicos similares, revelando patrones y tendencias destacadas en las prácticas de laboratorio. En la Figura 2 (b), estos agrupamientos se indican como Clúster 1 (azul) y Clúster 2 (naranja), resaltando las metodologías predominantes y emergentes en el campo.

2.6.5. *Visualización de datos* Para facilitar la interpretación de los resultados, se utilizaron técnicas de visualización de datos como nubes de palabras y dendrogramas [59,60]. Las nubes de palabras (ver descripciones en la figura 3) destacaron los términos más frecuentes y relevantes en la literatura, mientras que los dendrogramas ayudaron a visualizar las relaciones y similitudes entre los estudios agrupados. La Figura 2 (a) muestra el dendrograma general del clustering jerárquico, mientras que la Figura 2 (b) presenta un dendrograma jerarquizado que ilustra la estructura de los grupos formados [61].

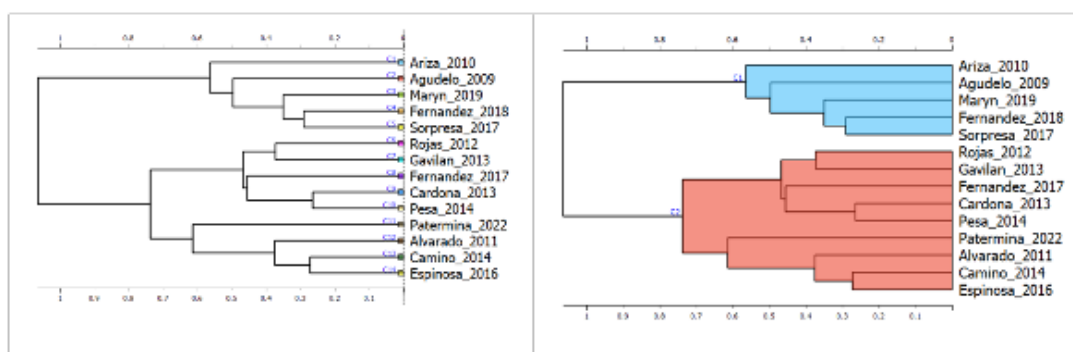


Figura 2: (a) Dendrograma General del Clustering de Estudios; (b) Dendrograma Jerarquizado de Estudios.

2.6.6. Validación de resultados Para asegurar la precisión y relevancia de los resultados obtenidos, se implementó un proceso de validación manual. Esta revisión exhaustiva permitió verificar que las agrupaciones y patrones detectados reflejaran fielmente el contenido de los estudios y fueran consistentes con los objetivos de la investigación. Al validar manualmente los hallazgos, se garantizó que el análisis mantuviera su rigor académico y que las categorías resultantes fueran representativas de las tendencias identificadas en la literatura [62, 63].

2.7. Incorporación de la metodología STEAM

Además de analizar las metodologías tradicionales, esta revisión sistemática incluyó estudios que aplican el enfoque interdisciplinario de STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Arte y Matemáticas). Estudios recientes sugieren que STEAM promueve un aprendizaje holístico e integrado, donde los estudiantes desarrollan tanto habilidades prácticas como competencias críticas en ciencias naturales [64]. Este enfoque fomenta habilidades transversales como la creatividad y el pensamiento crítico, aspectos fundamentales para enfrentar problemas complejos en contextos reales [65, 66].

La metodología STEAM, en comparación con enfoques más tradicionales, ofrece beneficios específicos en la formación de competencias prácticas y en la capacidad de aplicar conocimientos teóricos a situaciones del mundo real. Al integrar disciplinas diversas, STEAM permite a los estudiantes abordar problemas de manera multidimensional, promoviendo una comprensión más profunda y conectada de los conceptos científicos [67]. Esta perspectiva interdisciplinaria responde a las demandas de una educación contemporánea orientada a la innovación y la resolución de problemas [68].

3. Resultados

3.1. Enfoques metodológicos utilizados

Los estudios revisados muestran una variedad de enfoques metodológicos, que abarcan desde experimentos controlados y estudios de caso hasta análisis cualitativos. Un patrón recurrente es la creciente incorporación de tecnologías digitales y herramientas de simulación en el entorno de laboratorio. Estas herramientas han demostrado ser eficaces para mejorar tanto la comprensión conceptual como las habilidades prácticas de los estudiantes en ciencias naturales [1]. Este hallazgo resalta cómo el uso de tecnología puede enriquecer el aprendizaje al ofrecer experiencias interactivas y realistas.

3.2. Tendencias emergentes en la enseñanza de la física

El análisis de los estudios también reveló varias tendencias emergentes en la enseñanza de la física. Una de las más significativas es el uso de técnicas de aprendizaje activo, como el aprendizaje basado en problemas (ABP) y el aprendizaje por proyectos. Estas metodologías promueven una participación más dinámica de los estudiantes en su proceso de aprendizaje, permitiéndoles aplicar conceptos teóricos en contextos prácticos [69]. Asimismo, se ha observado una tendencia hacia enfoques interdisciplinarios, que integran conceptos de diversas áreas científicas y tecnológicas, fomentando una comprensión más completa y conectada de la física en relación con otras disciplinas [70].

3.3. Impacto de las metodologías en el rendimiento estudiantil

Los estudios analizados indican un impacto positivo y significativo de las metodologías innovadoras en el rendimiento académico de los estudiantes. Entre los beneficios destacados, se observa una mejora notable en la retención de conceptos y en la capacidad de los estudiantes para aplicar conocimientos teóricos en contextos prácticos [25, 71]. Esto sugiere que prácticas de laboratorio estructuradas y apoyadas en tecnología contribuyen de manera eficaz al desarrollo de competencias científicas, fomentando tanto la comprensión conceptual como la habilidad para resolver problemas en entornos reales [10, 42]. Los efectos específicos de cada metodología en el rendimiento estudiantil están detallados en la Tabla 4, donde se puede apreciar cómo las distintas estrategias impactan en áreas clave del aprendizaje en ciencias naturales.

Tabla 4: Impacto de las metodologías en el rendimiento estudiantil.

Estudio	Año del estudio	Metodología	Impacto en el Rendimiento Estudiantil
[41]	2013	Estrategia Didáctica	Mejora en la comprensión conceptual
[10]	2016	Estrategia Didáctica	Incremento en la participación activa
[13]	2019	Trabajo Práctico	Mejora en la retención de conceptos
[29]	2017	Metodologías de Enseñanza	Desarrollo de habilidades prácticas
[12]	2018	Actividades de Indagación	Mejora en la aplicación de conocimientos teóricos
[49]	2014	Propuesta para Ingenieros	Formación de competencias científicas
[23]	2014	Aprendizaje por Competencias	Reducción de errores comunes
[39]	2011	Prácticas en Diseño Mecánico	Desarrollo de habilidades técnicas
[72]	2010	Desarrollo de Habilidad	Mejora en la capacidad experimental
[44]	2022	Resultados de Aprendizaje	Contribución al perfil de egreso del ingeniero
[9]	2009	Aprendizaje Significativo	Incremento en la precisión experimental
[26]	2013	Herramientas Didácticas	Mejora en la enseñanza de la química ambiental
[11]	2017	Aprendizaje Basado en Problemas	Complemento efectivo a la enseñanza tradicional
[73]	2012	Enseñanza Experimental	Incremento en la comprensión y aplicación práctica

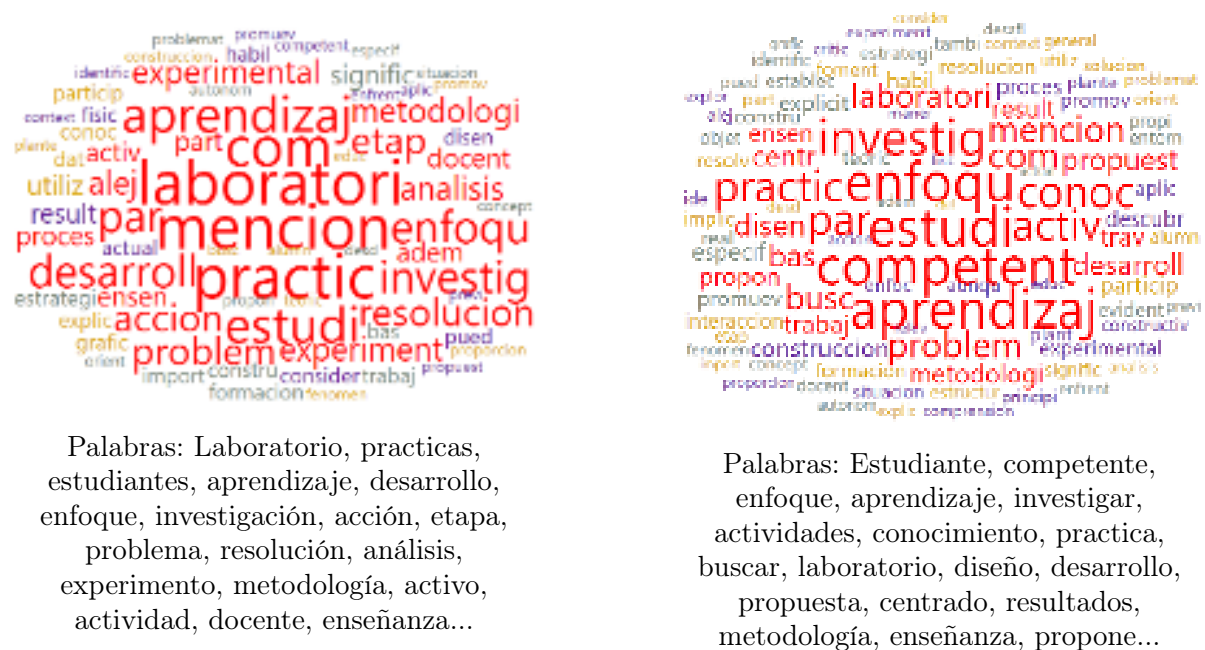


Figura 3: Nube de Palabras sobre Tendencias Emergentes en la Enseñanza de la Física a partir de las jerarquías Clúster 1 (C1 izquierda) y Clúster 2 (C2 derecha).

3.4. Análisis de la matriz de enfoques pedagógicos

A partir del análisis de los Clústeres (Figura 2) y las nubes de palabras (Figura 3), se observa una intersección interesante de enfoques pedagógicos en los artículos revisados. El Clúster 1, que representa el 36 % de los artículos, muestra una distribución equilibrada, con un 20 % de énfasis en el aprendizaje significativo y en el aprendizaje basado en la resolución de problemas, y un 60 % centrado en la resolución de problemas. Este clúster refleja una preferencia por metodologías que priorizan la habilidad de los estudiantes para enfrentar y resolver situaciones complejas, vinculando la teoría con aplicaciones prácticas.

Por otro lado, el Clúster 2 abarca el 89% de los estudios y destaca un enfoque más marcado tanto en el aprendizaje significativo como en la resolución de problemas. Los estudios en este grupo apoyan metodologías en las que el estudiante se convierte en el centro del proceso educativo, permitiéndole explorar, investigar y construir activamente su conocimiento en contextos reales. Términos clave como “acción”, “etapa”, “problema”, “análisis”, “activo”, “investigar”, “práctica”, “diseño”, “desarrollo” y “centrado” aparecen con frecuencia, resonando con las perspectivas actuales del aprendizaje significativo [74]. Este enfoque activo pone al estudiante en una posición dinámica, en sintonía con las prácticas pedagógicas que favorecen la autonomía y la aplicación práctica de conceptos.

Además, la metodología STEAM emerge como una estrategia relevante para la formación interdisciplinaria de estudiantes en plena fase de desarrollo profesional. STEAM integra ciencia, tecnología, ingeniería, arte y matemáticas, equipando a los estudiantes con habilidades esenciales para enfrentar problemas complejos y desafíos globales en contextos reales [65]. Al fomentar la creatividad, la innovación y el pensamiento crítico, la educación STEAM ofrece una vía efectiva para preparar a los profesionales competentes que demanda el siglo XXI. Este hallazgo cobra importancia en el contexto de un panorama educativo en constante evolución.

La comparación entre enfoques tradicionales y la metodología de resolución de problemas sugiere una dicotomía significativa. Mientras que el enfoque tradicional se basa en la transmisión pasiva de conocimientos, la resolución de problemas fomenta la participación activa en la investigación y la solución de situaciones desafiantes. Este contraste plantea preguntas sobre la posible coexistencia de estos enfoques con perspectivas conductistas. En este sentido, estudios como el de Bransford, Brown y Cocking [75] exploran una integración híbrida, donde elementos conductistas, como la retroalimentación estructurada y la dirección docente, se incorporan en metodologías activas. Esta combinación podría equilibrar la guía docente con la autonomía del estudiante, enriqueciendo la experiencia educativa en las prácticas de laboratorio en ciencias.

3.5. Impacto y limitaciones de los enfoques pedagógicos

Los enfoques pedagógicos empleados en las prácticas de laboratorio dentro de la educación científica han mostrado un impacto significativo en la formación de competencias estudiantiles, aunque también presentan desafíos específicos. Metodologías como el aprendizaje basado en problemas (ABP) y la educación STEAM han demostrado ser efectivas para desarrollar habilidades prácticas y de resolución de problemas en los estudiantes. Estas metodologías promueven un aprendizaje activo que permite a los estudiantes aplicar conceptos teóricos en contextos reales, mejorando su capacidad para enfrentar situaciones complejas en el ámbito científico y profesional.

Sin embargo, la implementación de estos enfoques no está exenta de limitaciones. Entre los principales desafíos se encuentran la necesidad de recursos adicionales, como materiales de laboratorio específicos y tecnologías de simulación, y la capacitación docente para facilitar estos métodos de manera efectiva. Además, el enfoque interdisciplinario de STEAM exige una infraestructura adecuada y un respaldo institucional para sostener la integración de múltiples áreas de conocimiento. Estas limitaciones resaltan la importancia de un compromiso institucional y de una infraestructura educativa robusta que permita maximizar el impacto de estas metodologías en la formación de competencias científicas y prácticas.

Este análisis sugiere que, aunque los enfoques contemporáneos en educación científica son prometedores, su éxito depende en gran medida de factores externos como el apoyo institucional y los recursos disponibles. Esta consideración es crucial para el diseño de programas educativos que busquen implementar prácticas de laboratorio efectivas y centradas en el desarrollo integral de los estudiantes.

3.6. Recomendaciones para la implementación de metodologías innovadoras en prácticas de laboratorio

A partir de los resultados obtenidos, se proponen recomendaciones clave para optimizar la implementación de metodologías innovadoras en las prácticas de laboratorio en ciencias. Estas sugerencias buscan maximizar el impacto positivo de enfoques como STEAM y el aprendizaje

basado en problemas (ABP) en la formación de competencias científicas y prácticas en los estudiantes.

3.6.1. Capacitación docente continua La capacitación constante de los docentes es esencial para que puedan aplicar eficazmente metodologías innovadoras en el laboratorio. Programas de formación específicos en ABP, STEAM y técnicas de simulación facilitarían la adaptación de los profesores a estos enfoques, permitiéndoles guiar a los estudiantes en la exploración activa de conceptos científicos.

3.6.2. Inversión en infraestructura y recursos tecnológicos Para implementar con éxito metodologías activas, es fundamental disponer de infraestructura adecuada y recursos tecnológicos que permitan a los estudiantes realizar experimentos y simulaciones en condiciones óptimas. La inversión en laboratorios equipados con tecnologías avanzadas y herramientas de simulación puede mejorar la experiencia de aprendizaje práctico.

3.6.3. Adaptación curricular para facilitar el aprendizaje interdisciplinario La integración de enfoques interdisciplinarios, como STEAM, requiere ajustar los contenidos curriculares para incluir proyectos y actividades que conecten distintas áreas del conocimiento. Esta adaptación permite a los estudiantes desarrollar una comprensión más holística y aplicar conceptos científicos en problemas reales, potenciando la relevancia de su aprendizaje.

3.6.4. Fomento del apoyo institucional y la colaboración entre departamentos El respaldo institucional es crucial para implementar estas metodologías de manera sostenible. La colaboración entre departamentos, junto con el apoyo de la administración educativa, puede facilitar la integración de proyectos interdisciplinarios y proporcionar el apoyo logístico necesario para sostener prácticas de laboratorio innovadoras.

4. Reflexiones finales

Este estudio destaca el valor y la efectividad de las metodologías innovadoras en las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las ciencias. En particular, enfoques pedagógicos como STEAM y el aprendizaje basado en problemas (ABP) han demostrado ser eficaces para mejorar no solo la comprensión conceptual, sino también para potenciar habilidades prácticas y de resolución de problemas en los estudiantes. Estas metodologías permiten que los estudiantes participen de manera activa en el proceso de aprendizaje, aplicando conocimientos teóricos a situaciones reales y desarrollando competencias clave para su formación profesional.

Sin embargo, la implementación de estas metodologías enfrenta desafíos específicos, entre los cuales se destacan la necesidad de infraestructura adecuada y el apoyo institucional. Para que los enfoques STEAM y ABP alcancen su máximo potencial, es esencial que las instituciones educativas inviertan en capacitación docente continua y en recursos tecnológicos que faciliten un entorno de aprendizaje dinámico y práctico.

De cara al futuro, resulta pertinente que las investigaciones continúen explorando la aplicación de estas metodologías en otros campos de la ciencia y en contextos educativos variados. Además, estudios longitudinales podrían proporcionar información valiosa sobre el impacto a largo plazo de estas metodologías en el desarrollo de competencias científicas y profesionales en los estudiantes. A través de la integración de prácticas innovadoras en las experiencias de laboratorio, la educación en ciencias puede responder de manera más efectiva a los desafíos y demandas de un mundo en constante cambio.

Referencias

- [1] J. A. Álvarez Cedillo, T. Álvarez Sánchez, R. J. Sandoval Gómez, and M. Aguilar Fernández, "La exploración en el desarrollo del aprendizaje profundo," *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, vol. 9, no. 18, pp. 833–844, 2019.
- [2] J. D. Velásquez, "Una guía corta para escribir Revisiones Sistemáticas de Literatura Parte 2," *Dyna*, vol. 81, no. 188, pp. 9–10, 2014.

- [3] E. E. E. Freire, “La búsqueda de información científica en las bases de datos académicas.” Online resource or presentation, mar 2020.
- [4] M. A. Sánchez-Rodríguez and O. D. Castelán-Martínez, “Refinamiento de la estrategia y búsqueda en diferentes bases de datos para una revisión sistemática,” *Casos y Revisiones de Salud*, vol. 3, no. 2, pp. 80–91, 2021.
- [5] J. M. Martínez-Naizaque and J. D. Cifuentes-Cortés, “Revisión sistemática para las técnicas de minería web de contenido,” Repositorio Institucional Universidad Católica de Colombia, 2018.
- [6] V. I. Marín-Juarros, “La revisión sistemática en la investigación en Tecnología Educativa: Observaciones y consejos,” *Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*, no. 13.
- [7] M. Sánchez-Martín, F. Navarro-Mateu, and J. Sánchez-Meca, “Las Revisiones Sistemáticas y la Educación Basada en Evidencias,” *ESPIRAL. CUADERNOS DEL PROFESORADO*, vol. 15, no. 30, pp. 108–120, 2022.
- [8] M. Molina, “El todo es mayor que la suma de las partes. Revisión sistemática y metanálisis,” *Revista Electrónica AnestesiaR*, vol. 10, no. 9, p. 4.
- [9] J. Agudelo and G. García, “Aprendizaje significativo a partir de prácticas de laboratorio de precisión,” *Latin-American Journal of Physics Education*, 2010.
- [10] E. A. Espinosa, K. D. González, and L. T. Hernández, “Las prácticas de laboratorio: Una estrategia didáctica en la construcción de conocimiento científico escolar,” *ENTRAMADO*, vol. 12, no. 1, pp. 266–281.
- [11] C. L. Fernández and M. I. Aguado, “Aprendizaje basado en problemas como complemento de la enseñanza tradicional en Físicoquímica,” *Educación Química*, vol. 28, no. 3, pp. 154–162, 2017.
- [12] N. E. Fernandez, “Actividades prácticas de laboratorio e indagación en el aula,” *Tecné Episteme y Didaxis: TED*, no. 44, pp. 171–188.
- [13] M. Marín, “El trabajo práctico de laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales: Una experiencia con docentes en formación inicial,” *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, no. 49, pp. 167–182.
- [14] M. G. Soler, F. A. Cárdenas, and F. Hernández-Pina, “Enfoques de enseñanza y enfoques de aprendizaje: Perspectivas teóricas promisorias para el desarrollo de investigaciones en educación en ciencias,” *Ciência & Educação (Bauru)*, vol. 24, no. 4, pp. 993–1012, 2018.
- [15] J. Vega and F. Fernandez, “Una mirada a la enseñanza de conceptos científicos y tecnológicos a través del material didáctico utilizado,” *Revista Espacios*, vol. 40, no. 15, p. 15.
- [16] J. G. Aranzabal, M. C. Gárate, J. M. A. García, and J. L. Z. Herranz, “La resolución de problemas basada en el desarrollo de investigaciones guiadas en cursos introductorios de física universitaria,” in *Enseñanza de las Ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, pp. 439–452, 2011.
- [17] N. A. Barajas León and J. Ortiz Alvarado, “Desarrollo de competencias científicas en estudiantes de básica primaria mediante la estrategia didáctica de resolución de problemas,” *Espiral, Revista de Docencia e Investigación*, vol. 8, no. 1, pp. 43–52, 2019.
- [18] M. d. V. Coronel and M. Curotto, “La resolución de problemas como estrategia de enseñanza y aprendizaje.” Working paper or technical report, 2008.
- [19] Á. L. Cortés Gracia and M. De La Gándara Gómez, “La construcción de problemas en el laboratorio durante la formación del profesorado: Una experiencia didáctica,” *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, vol. 25, no. 3, pp. 435–450, 2007.
- [20] J. Merino and F. Herrero, “Resolución de problemas experimentales de química: Una alternativa a las prácticas tradicionales,” *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, vol. 6, no. 3, pp. 630–648, 2007.
- [21] I. Orcajo and M. Teresa, “Aplicación de una metodología de resolución de problemas como una investigación para el desarrollo de un enfoque ciencia-tecnología-sociedad en el currículo de biología de educación secundaria,” *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, no. 48.
- [22] J. J. S. Portolés and V. S. López, “Conocimientos y procesos cognitivos en la resolución de problemas de ciencias: Consecuencias para la enseñanza,” *Magis: Revista Internacional de Investigación en Educación*, vol. 1, no. 1.
- [23] J. M. Camino, V. Mena, J. Alonso, A. Ravelo, and E. García, “Prácticas de laboratorio en contextos de enseñanza-aprendizaje basados en competencias: Dificultades y oportunidades.” Conference paper or institutional report, 2014.
- [24] G. Garcés and C. Peña, “Ajustar la Educación en Ingeniería a la Industria 4.0: Una visión desde el desarrollo curricular y el laboratorio,” *Revista de Estudios y Experiencias en Educación*, vol. 19, no. 40, pp. 129–148, 2020.
- [25] B. Gargallo, I. Morera, and E. García, “Metodología innovadora en la universidad: Sus efectos sobre los procesos de aprendizaje de los estudiantes universitarios,” *Anales de Psicología*, vol. 31, no. 3, pp. 901–915, 2015.
- [26] I. Gavilán, S. Cano, and S. Aburto, “Diseño de herramientas didácticas basado en competencias para la enseñanza de la química ambiental,” *Educación química*, vol. 24, no. 3, pp. 298–308, 2013.
- [27] J. Grilli, “El material natural en la Biología escolar. Consideraciones éticas y didáctica sobre las actividades prácticas de laboratorio,” *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 15, no. 1, p. 1104.
- [28] H. L. Meza Arguello, V. I. Eras Briones, D. M. Meza Arguello, J. M. Simisterra Muñoz, and J. L.

- Franco Valdez, "Escuela tradicional y escuela nueva: Estudio comparativo," *Código Científico Revista de Investigación*, vol. 5, no. 1, pp. 838–850, 2024.
- [29] I. Sospedra, A. Norte, J. M. Martínez, M. Gallar, and A. Oliver, "Aplicación de diferentes metodologías de enseñanza en los procesos de prácticas guiadas," in *Memories del Programa de Xarxes-I3CE de qualitat, innovació i investigació en docència universitària, Convocatòria 2017-18* (I. de Ciències de l'Educació, ed.), pp. 2179–2196, Universitat d'Alacant: Institut de Ciències de l'Educació, 1a ed ed., 2018.
- [30] W. A. Zapata Lascano, "Optimizando el Proceso Enseñanza-Aprendizaje a Través de la Integración de Metodologías Activas," *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, vol. 8, no. 1, pp. 11066–11081, 2024.
- [31] M. Cano, A. Riquelme, R. Tomás, J. C. S. Cerezal, L. H. Gutiérrez, and M. J. Guillén, "Implementación de metodologías docentes interactivas basadas en las nuevas tecnologías en ingeniería del terreno." Conference paper or institutional report, 2014.
- [32] Z. Cataldi, D. Chiarenza, C. Dominighini, C. Donnamaría, and F. J. Lage, "TICs en la enseñanza de la química. Propuesta para selección del Laboratorio Virtual de Química (LVQ)," *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*.
- [33] N. E. Fernandez-Marchesi and E. Costillo-Borrego, "EVOLUCIÓN DE LAS CONCEPCIONES DOCENTES SOBRE LAS ACTIVIDADES PRÁCTICAS DE LABORATORIO A PARTIR DE UNA FORMACIÓN DE POSGRADO REFLEXIVA," *Investigações em Ensino de Ciências*, vol. 25, no. 3, p. 252, 2020.
- [34] M. Galvis Alba, P. D. Laitõn Cubides, and A. Ávalo Azcárate, "Prácticas de laboratorio en educación superior: cómo transformarlas?," *Actualidades Pedagógicas*, no. 69, pp. 81–103, 2017.
- [35] C. Jenaro, N. Flores, R. Poy, F. Gonzalez-Gil, and E. Martin-Pastor, "Metodologías Docentes En La Educación Superior: Percepciones Del Profesorado Sobre Su Importancia Y Uso," *Revista de Enseñanza Universitaria*, no. 39, pp. 1–16, 2013.
- [36] A. Lorandi, G. Hermida, J. Hernandez, and E. Ladron de Guevara, "Los laboratorios virtuales y laboratorios remotos en la enseñanza de la ingeniería," *Revista Internacional de Educación en Ingeniería*, vol. 4, no. 1.
- [37] D. Rodríguez and J. Llovera, "Estrategias de enseñanza en el laboratorio docente de Física para estudiantes de ingeniería," *Latin-American Journal of Physics Education*, vol. 8, no. 4, pp. 4401–1 – 4401–8.
- [38] C. Severiche and R. Acevedo, "Las prácticas de laboratorio en las ciencias ambientales," *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, no. 40, pp. 174–185.
- [39] Y. Alvarado, J. Luis, A. Quintero, X. José, P. Alvarado, and A. T. Prieto Sánchez, "Methodology for practices in laboratories of mechanical design. an educational experience in the university of zulua," *Actualidades Investigativas en Educación*, vol. 11, no. 1, 2011.
- [40] E. Barolli, C. E. Laburú, and V. M. Guridi, "Laboratorio didáctico de ciencias: Caminos de investigación," in *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, vol. 9, pp. 88–110, Universidade de Vigo, 2010.
- [41] F. E. Cardona, *Las Prácticas De Laboratorio Como Estrategia Didáctica*. Tesis de maestría, Universidad del Valle, 2013.
- [42] R. A. Franco Moreno, M. A. Velasco Vásquez, and C. M. Riveros Toro, "LOS TRABAJOS PRÁCTICOS DE LABORATORIO EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS: TENDENCIAS EN REVISTAS ESPECIALIZADAS (2012-2016)," *TED: Tecné, Episteme y Didaxis*, no. 41, pp. 37–54.
- [43] A. Lopez and Ó. Tamayo, "Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales," *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (Colombia)*, vol. 8, no. 1, pp. 145–166, 2012.
- [44] J. Paternina Durán, J. D. J. Paternina Anaya, J. M. Paternina Durán, and A. J. Pedraza Mesa, "Propuesta para la implementación de resultados de aprendizaje que contribuyan al perfil de egreso del ingeniero electrónico desde cursos básicos de ingeniería," in *Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology*.
- [45] G. Pérez, "Empleo de metodologías activas de enseñanza para el aprendizaje de la química." Conference paper or report, 2011.
- [46] E. A. Reyes Aguilera, "Prácticas de laboratorio: La antesala a la realidad," *Revista Multi-Ensayos*, vol. 6, no. 11, pp. 61–66, 2020.
- [47] C. N. Gutiérrez Curipoma, M. E. Narváez Ocampo, D. P. Castillo Cajilima, and S. R. Tapia Peralta, "Metodologías activas en el proceso de enseñanza-aprendizaje: Implicaciones y beneficios," *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, vol. 7, no. 3, pp. 3311–3327, 2023.
- [48] D. C. López and L. A. Mejía, "Una mirada a las estrategias y técnicas didácticas en la educación en ingeniería. Caso Ingeniería Industrial en Colombia," *Entre ciencia e ingeniería*, vol. 11, no. 21, pp. 123–130.
- [49] M. Pesa, S. D. V. Bravo, S. Pérez, and M. Villafuerte, "Las actividades de laboratorio en la formación de ingenieros: Propuesta para el aprendizaje de los fenómenos de conducción eléctrica," *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, vol. 31, no. 3, pp. 642–669.
- [50] J. C. Tovar-Gálvez, "Modelo metacognitivo como integrador de estrategias de enseñanza y estrategias de aprendizaje de las ciencias, y su relación con las competencias," *Revista Iberoamericana de Educación*, vol. 46, no. 7, pp. 1–9, 2008.
- [51] S. Umpiérrez Oroño and M. T. Cafferata, "La enseñanza de procedimientos en el laboratorio de ciencias de formación docente," *Cuadernos de Investigación Educativa*, vol. 9.
- [52] W. Forero-Corba and F. Negre Bennasar, "Técnicas y aplicaciones del Machine Learning e Inteligencia

- Artificial en educación: Una revisión sistemática,” *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, vol. 27, no. 1, pp. 209–253, 2024.
- [53] A. F. D. Jesus, M. L. Triques, J. E. S. Segundo, and A. C. D. Albuquerque, “Processamento de linguagem natural e machine learning na categorização de artigos científicos: Um estudo em torno do “patrimônio cultural”,” *Revista Ibero-Americana de Ciência da Informação*, vol. 16, no. 1, pp. 167–184, 2023.
- [54] V. Rivero, J. Farfán, M. E. Rodríguez, L. A. Vargas, A. Vega, C. B. Garcete, Á. F. Llampá, P. N. Ramos, F. Contreras, C. N. Churquina, V. Águila, and N. I. P. Genzel, “Aplicación de técnicas descriptivas de minería de textos sobre contenido digital realizando análisis inteligente.” Conference paper or technical report, 2020.
- [55] Á. F. G. Viera, “Técnicas de aprendizaje de máquina utilizadas para la minería de texto,” *Investigación Bibliotecológica: archivonomía, bibliotecología e información*, vol. 31, no. 71, pp. 163–186.
- [56] E. Carbajal-Degante, M. Hernández Gutiérrez, and M. Sánchez-Mendiola, “Hacia revisiones de la literatura más eficientes potenciadas por inteligencia artificial,” *Investigación en Educación Médica*, vol. 12, no. 47, pp. 111–119, 2023.
- [57] E. G. Muñoz Muñoz, D. A. Verduga Alcívar, G. A. Yandri Francinet, M. A. Lapo Palacios, and O. Zorrilla Briones, “Búsqueda de Patrones con Machine Learning en Datos de Siniestros de Tránsito,” *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, vol. 8, no. 2, pp. 1617–1638, 2024.
- [58] S. Roth and A. Wermer-Colan, “Machine Learning Methods for Systematic Reviews,” *Delaware Journal of Public Health*, vol. 9, no. 1.
- [59] V. Frittelli and M. J. Diván, “Estrategias de Abordaje y Visualización de Grandes Datos Mediante Grafos Semánticos,” *Argentine Journal of Embedded Systems*.
- [60] H. J. Hernández-Gómez and J. Canul-Reich, “Visualizaciones de datos para el análisis de bacterias coexistentes en modelos de clustering de pacientes con Vaginosis Bacteriana,” *Programación Matemática y Software*, vol. 15, no. 2, p. Art. 4, 2023.
- [61] D. Peña, “Análisis de datos multivariantes,” 2002.
- [62] D. R. Cadenas, “El rigor en la investigación cualitativa: Técnicas de análisis, credibilidad, transferibilidad y confirmabilidad.” Online resource, may 2016.
- [63] E. Castillo and M. L. Vásquez, “El rigor metodológico en la investigación cualitativa,” *Colombia Médica*, vol. 34, no. 3, pp. 164–167, 2003.
- [64] D. A. Celis Cuervo and R. A. González Reyes, “Aporte de la metodología Steam en los procesos curriculares,” *Revista Boletín Redipe*, vol. 10, no. 8, pp. 279–302, 2021.
- [65] E. Camacho Tamayo and A. Bernal Ballén, “Educación STEAM como estrategia pedagógica en la formación docente de ciencias naturales: Una revisión sistemática,” *EduTec: Revista electrónica de tecnología educativa*, no. 87, pp. 220–235, 2024.
- [66] T. Z. Escalona, Y. G. Cartagena, and D. S. R. González, “Educación para el sujeto del siglo XXI: Principales características del enfoque STEAM desde la mirada educacional.” Conference paper or presentation, sep 2018.
- [67] O. García Fuentes, M. Raposo Rivas, and M. E. Martínez Figueira, “El enfoque educativo STEAM: Una revisión de la literatura,” *Revista Complutense de Educación*, vol. 34, no. 1, pp. 191–202, 2023.
- [68] J. P. Santillán-Aguirre, E. M. Jaramillo-Moyano, R. D. Santos-Poveda, and V. D. C. Cadena-Vaca, “STEAM como metodología activa de aprendizaje en la educación superior.” Conference paper or report, 2020.
- [69] P. E. Deleg Sari and L. P. Fajardo Tinizhanay, “ABP como estrategia didáctica para contribuir al proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física,” *Revista Iberoamericana de Investigación en Educación*, vol. 7, 2023.
- [70] E. R. Ruiz-Ledezma, F. Acosta-Magallanes, and M. D. S. Valero-Cázaréz, “Una Aproximación Interdisciplinar STEM con Recursos Tecnológicos para el Tratamiento de Conceptos de Física y Matemáticas,” *Cultura Científica y Tecnológica*, vol. 19, no. 2, 2022.
- [71] R. Gil-Galván, “El uso del aprendizaje basado en problemas en la enseñanza universitaria: Análisis de las competencias adquiridas y su impacto.” *Revista Complutense de Educación*, 29(1), pp. 13–29, mar 2018.
- [72] G. Ariza, “Metodologías utilizadas para el desarrollo de la habilidad experimental mediante prácticas de laboratorio en el programa de ingeniería electrónica de la universidad autónoma del caribe,” *Prospectiva*, vol. 8, no. 1, pp. 29–34, 2010.
- [73] A. Rojas-Hernández and M. T. Ramírez-Silva, “La enseñanza experimental de la Química General y la Química Analítica desde México (la enep-Cuautitlán de la unam y la uam-Iztapalapa) en el último cuarto del siglo xx,” *Educación Química*, vol. 23, no. Extraordinario 1.
- [74] S. A. Otero-Potosi, G. B. Nuñez-Silva, C. E. S. Valencia, and D. F. P. Castillo, “El proceso de enseñanza en el aula desde la perspectiva del aprendizaje significativo,” *Revista Latinoamericana Ogmios*, vol. 3, no. 7, 2023.
- [75] J. D. Bransford, A. L. Brown, and R. R. Cocking, *How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School*. Washington, D.C.: National Academy Press, 2000. Expanded Edition. Version española: *Cómo Aprende la Gente: Cerebro, Mente, Experiencia y Escuela*. (2002). Traducido por SEP-ILCE.

