

Teaching Chemistry: A Comprehensive Analysis of Virtual Simulators as Pedagogical Tools

Cardoza Sernaqué, Manuel Antonio, Doctor en Educación¹; Alba Callacná, Rafael Arturo, Doctor en Educación²; García Fariás Víctor Alejandro, Doctor en Administración de la Educación³; García Salirrosas Liz Maribel, Magister en Docencia universitaria⁴; Gutiérrez Ulloa, Cristian Raymound, Doctor en Educación⁵; Yliana Gilma Fatima Alvarado Castillo, Doctora en Gestión pública y gobernabilidad⁶; Yudy Lisbeht Alfaro Zavaleta, Maestra en Psicología Educativa⁷;

¹Universidad San Ignacio de Loyola, Perú, manuel.cardoza@epg.usil.pe,

^{2,7}Universidad Cesar Vallejo, Perú, RALBA@ucv.edu.pe, YudyLisalfaroz@gmail.com,

³Universidad Nacional del Santa, Perú, vgarciafarias@ucvvirtual.edu.pe,

^{4,5}Universidad Nacional de Trujillo, Perú, lgarcias@unitru.edu.pe, cgutierrezu@unitru.edu.pe,

⁶Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Perú, yalvaradoc@unprg.edu.pe

Abstract- *The objective of this research is to design a laboratory program (LP) for Energy Engineering students at a public university in Ancash. The methodology used is a qualitative, propositional approach, based on the development of sessions under the Problem-Based Learning (PBL) model. This approach is based on diverse epistemologies such as constructionism, complexity epistemology, critical rationalism, pragmatism, and experiential knowledge. The LP is structured in four main phases: planning, execution, evaluation, and formative feedback, which guide the teaching-learning process. Furthermore, the laboratory strategy is developed through five didactic moments: Experiment: Application of the topic using prior knowledge and appropriate materials and instrumentation. Problematicize: Reflect on students' prior ideas to define the problem and the problematic situation to be addressed. Analyze: Identification of the problem variables, decomposition, and establishment of relationships for their generalization. Discussion: Analysis of the results obtained in the previous phase, encouraging the exchange of ideas and solutions. Achievement: Explanation of the observed phenomenon, consolidating the knowledge acquired through problem-solving. This program is designed to foster critical, reflective, and collaborative skills in the training of future engineering professionals.*

Keywords: *Chemistry teaching, virtual simulators, pedagogical innovation, inclusive education, bibliometric analysis.*

Enseñanza de la Química: Un análisis integral de los simuladores virtuales como herramientas pedagógicas

Cardoza Sernaqué, Manuel Antonio, Doctor en Educación¹; Alba Callacná, Rafael Arturo, Doctor en Educación²; García Farías Víctor Alejandro, Doctor en Administración de la Educación³; García Salirrosas Liz Maribel, Magister en Docencia universitaria⁴; Gutiérrez Ulloa, Cristian Raymound, Doctor en Educación⁵; Yliana Gilma Fatima Alvarado Castillo, Doctora en Gestión pública y gobernabilidad⁶; Yudy Lisbeht Alfaro Zavaleta, Maestra en Psicología Educativa⁷

¹Universidad San Ignacio de Loyola, Perú, manuel.cardoza@epg.usil.pe,

^{2,7}Universidad Cesar Vallejo, Perú, RALBA@ucv.edu.pe, YudyLisalfaroz@gmail.com,

³Universidad Nacional del Santa, Perú, vgarciafarias@ucvvirtual.edu.pe,

^{4,5}Universidad Nacional de Trujillo, Perú, lgarcias@unitru.edu.pe, cgutierrezu@unitru.edu.pe,

⁶Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Perú, yalvaradoc@unprg.edu.pe

Resumen– El objetivo de esta investigación es diseñar un programa de laboratorio (PL) dirigido a estudiantes de la carrera de Ingeniería en Energía en una universidad pública de Ancash. La metodología empleada es cualitativa de tipo propositiva, fundamentada en el desarrollo de sesiones bajo el modelo de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP). Este enfoque se sustenta en diversas epistemologías como el construccionismo, la epistemología de la complejidad, el racionalismo crítico, el pragmatismo y los conocimientos experienciales. El PL se estructura en cuatro fases principales: planificación, ejecución, evaluación y retroalimentación formativa, las cuales guían el proceso de enseñanza-aprendizaje. Además, la estrategia de laboratorio se desarrolla a través de cinco momentos didácticos: Experimenta: Aplicación de la temática utilizando conocimientos previos y materiales e instrumentación adecuados. Problemática: Reflexión sobre las ideas previas de los estudiantes para definir el problema y la situación problemática a abordar. Analiza: Identificación de las variables del problema, descomposición y establecimiento de relaciones para su generalización. Discute: Análisis de los resultados obtenidos en el momento anterior, fomentando el intercambio de ideas y soluciones. Logra: Explicación del fenómeno observado, consolidando los conocimientos adquiridos a través de la resolución del problema. Este programa está diseñado para fomentar habilidades críticas, reflexivas y colaborativas, en la formación de los futuros profesionales en ingeniería.

Palabras clave: Enseñanza de la química, simuladores virtuales, innovación pedagógica, educación inclusiva, análisis bibliométrico.

I. INTRODUCCIÓN

El avance en las ciencias y su aplicación en campos como la medicina, la química y la educación abarca una diversidad de investigaciones y descubrimientos. Actualmente, los estudios en áreas como la fitoterapia y la salud, las innovaciones en biomateriales y su aplicación en medicina, las innovaciones en la enseñanza de la química y la evaluación y el aprendizaje experimental en química han demostrado el potencial y la importancia de la investigación científica en la mejora de la calidad de vida y la educación.

Categoría: Fitoterapia y Salud

En este campo, los estudios destacan la incorporación de aceite de semilla de alhydwán en el aceite de maní resultó en un compuesto de alta calidad y económico, adecuado para aplicaciones alimenticias y farmacéuticas. Además, el aceite esencial de *Lippia alba* demostró actividad antifúngica, especialmente en combinación con antifúngicos convencionales. [1, 2]. Asimismo, el software Chemkinlator se emplea como una herramienta clave para validar las predicciones de algoritmos que investigan fenómenos de homociralidad. Mientras tanto, el Proyecto PAPIME PE210820, focalizado en la respuesta a la emergencia sanitaria del COVID-19, ofrece una perspectiva académica sobre la contribución de la química analítica desde la enseñanza e investigación formativa, con especial atención en América Latina. [3, 4]. La miel de *Apis mellifera* L. de una región contaminada cumplió con los estándares de calidad, excepto para el cromo. Además, se identificaron dificultades en la interpretación de gráficos cartesianos por parte de estudiantes de primer semestre de Ingeniería Física [5, 6]. El diseño de un trabajo práctico en química orgánica en secundaria sobre la industria del perfume fortaleció conocimientos y habilidades prácticas. Simultáneamente, la investigación de las propiedades físicas del polvo de dátiles *Sukkari* confirmó la teoría de compensación y reveló que el proceso de sorción de humedad es no espontáneo y está dirigido por la entalpía. [7, 8].

La adaptación de la enseñanza de laboratorio a la educación a distancia, motivada por la disrupción causada por el COVID-19, ha demostrado favorecer tanto la comprensión conceptual como la competencia técnica. Sin embargo, existe una oportunidad para mejorar la reflexión sobre la naturaleza de la ciencia, esto fortalece la formación investigativa de científicos forenses. Además, se detallan los modos de acción y conceptos químicos de los sanitizantes recomendados por ANVISA-Brasil para combatir el COVID-19, destacando su acción biocida y el equilibrio entre eficacia y toxicidad [8, 9].

El análisis puntual desplegado para investigar las características mineralógicas y petrográficas de cerámicas negras del Santuario de Venus Física en Pompeya fue fundamental para verificar las indicaciones arqueológicas de sitios de producción específicos. Paralelamente, el estudio de las características físicas de los catéteres centrales insertados periféricamente (PICC) reveló resultados satisfactorios en la mayoría de las pruebas, salvo en la resistencia a la ruptura de los catéteres de silicona, esto implica una necesidad de revisar los estándares existentes [10, 11]. En el ámbito de la química en Brasil, se evidencia una subrepresentación de las mujeres en niveles avanzados de carrera y en roles de liderazgo. Además, hace un llamado a una mayor valoración y reconocimiento de las mujeres en el campo científico [12].

Los estudios en fitoterapia destacan el amplio potencial de los compuestos naturales de plantas para tratar diversas afecciones médicas. Estos compuestos poseen propiedades antimicrobianas, antioxidantes, antiproliferativas y neuroprotectoras, ofreciendo alternativas prometedoras para enfermedades crónicas, infecciones resistentes y trastornos neurodegenerativos.

Categoría: Innovaciones en biomateriales y su aplicación en medicina

El estudio demuestra la reducción selectiva del doble enlace C=C en productos de Knoevenagel con diferentes sustituyentes utilizando NaBH₄, mientras que propone una vía mecanística plausible para este proceso reductivo selectivo. Por otro lado, el artículo introduce una innovación metodológica en la enseñanza de química para estudiantes universitarios de primer año, destacando un enfoque constructivista que fomenta una actitud proactiva hacia el aprendizaje y la conexión de la química con problemas cotidianos [13, 14]. El estudio demuestra la eficacia del método de extracción con CO₂ supercrítico para producir aceite de semilla de uva de alta calidad, con propiedades antioxidantes y un alto contenido de ácido linoleico. Este enfoque ofrece una alternativa más segura y respetuosa con el medio ambiente en comparación con los métodos de extracción convencionales. Por otro lado, el artículo concluye que tanto la física clásica como la einsteiniana son inconmensurables, tanto conceptual como matemáticamente, respaldando así el concepto de inconmensurabilidad local propuesto por Thomas Kuhn [15, 16] cuantifica los componentes químicos de los residuos de frutas de *Bertholletia excelsa* y *Lecythis pisonis*, demostrando su potencial para diversos usos industriales, como la fabricación de polímeros, adhesivos y productos energéticos. Además, se destaca la actividad antimicrobiana prometedora de la fracción volátil de IFR contra *M. tuberculosis*, siendo esta la primera vez que se reporta la composición química y las propiedades antimicrobianas de los aceites esenciales de IFI y IFR [17, 18]. La adaptación de la clase invertida al entorno completamente virtual se beneficia significativamente del trabajo de tutoría, esto destaca su viabilidad y eficacia en este contexto. Por otro lado, esta investigación representa una innovación al

identificar compuestos fenólicos perjudiciales en productos plásticos mediante un método químico simple y rentable, abordando así una preocupación relevante en la industria comercial [19, 20].

El análisis de componentes principales ha permitido distinguir entre los genotipos de acerola, especialmente el híbrido CMF07-OKSE-3, el cual se caracteriza por presentar mayores niveles de humedad, vitamina C, polifenoles extraíbles totales y una mayor actividad antioxidante. Por otro lado, se proporciona una recopilación de métodos, variables de síntesis y tipos de perovskita haluro inorgánico empleados en el desarrollo de dispositivos con las mejores eficiencias, destacando las tendencias emergentes en esta área de investigación [21, 22]. El uso de la realidad aumentada en la enseñanza de la química ofrece a los estudiantes la oportunidad de llevar a cabo prácticas virtuales, de manera que, contribuye significativamente a mejorar la comprensión de los conceptos abordados en el aula. Además, se presentan rejillas visuales diseñadas para ofrecer ejemplos concretos de sistemas con puentes de hidrógeno a instructores de cursos de química introductoria, facilitando la clasificación de estas interacciones según su relevancia y proporcionando una herramienta visual efectiva para la enseñanza de estos conceptos [23] extracto de hojas de *C. xanthocarpa* ha mostrado efectos antiinflamatorios y antinociceptivos en múltiples ensayos in vivo, respaldando su potencial como planta medicinal. Por otro lado, se propone el Mapa Conceptual Híbrido como una representación gráfica que describe el sistema de prácticas químico-matemáticas implicadas en la resolución de problemas en clases de química [24, 25]. El empleo de Al₂O₃ en la composición mejora las propiedades mecánicas del compuesto Hap, al tiempo que reduce su potencial hidrofílico. Se determina que la composición con un 40% de Hap y un 60% de Al₂O₃ es óptima para aplicaciones biomédicas. Paralelamente, se desarrolla una secuencia didáctica para compartir el conocimiento sobre el sistema CRISPR/Cas y su relevancia en la edición del genoma, promoviendo la reflexión sobre la naturaleza colaborativa de la ciencia [26, 27].

El estudio muestra que los estudiantes experimentaron un desarrollo significativo en habilidades como la argumentación, el pensamiento crítico y la comunicación, además de adquirir conocimientos sobre biodiésel. Por otro lado, se evidencia que el reemplazo del 50% de los residuos de construcción en la mezcla de hormigón para bloques es técnicamente viable, al tiempo que mantiene el rendimiento dentro de los estándares establecidos por la normativa. [28, 29]. Los resultados de los ensayos biológicos in vitro destacan un notable potencial farmacéutico en *Platonia insignis*, demostrando su eficacia en fotoprotección solar y actividades antirradicales. Por otro lado, las bebidas a base de frutas y kefir elaboradas con granos de kefir exhiben prometedores atributos probióticos, destacándose la variante endulzada con stevia por su menor contenido calórico y buena aceptación sensorial. [30, 31]. Los poliuretanos elaborados

con polioles derivados del aceite de ricino exhibieron características mecánicas y biológicas apropiadas, esto destaca su idoneidad para la creación de biomateriales [32].

Categoría: Innovaciones en la Enseñanza de la Química

Los estudios en biomateriales y compuestos naturales destacan su potencial terapéutico y aplicaciones en medicina y alimentación. La mejora de propiedades mecánicas en cerámicas y la evaluación de la capacidad antioxidante de aceites y extractos de plantas muestran su versatilidad en el tratamiento de afecciones y su importancia en la industria alimentaria [33] [34]. Los datos promueven el aceite de nuez de pecán como una fuente potencial de compuestos bioactivos con propiedades nutraceuticas y desentrañan por primera vez las propiedades térmicas del aceite de *Carya illinoensis*. Además, el método voltamétrico demostró ser una alternativa de bajo costo y eficaz para la cuantificación de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) en aguas residuales lácteas [35] [36]. La propuesta didáctica contextualizada, centrada en el desarrollo de combustibles para la enseñanza de la química en estudiantes de secundaria, tiene como objetivo principal fomentar la alfabetización científica, especialmente en temas ambientales y transdisciplinarios. Por otro lado, los aceites esenciales de *Croton pulegioides* y *C. piauiensis* han demostrado actividad contra *Leishmania infantum*, esto fortalece la investigación y desarrollo de nuevos agentes leishmanicidas [37] [38]. La experiencia en el aula demostró que la reflexión sobre las producciones escritas permitió a los estudiantes repensar y mejorar tanto el contenido de química como la estructura de sus explicaciones. Por otro lado, la actividad propuesta muestra cómo implementar el enfoque tridimensional en las aulas de química del bachillerato, presentando una situación donde los estudiantes ordenan tarjetas de elementos ficticios relacionados con los elementos de la tabla actual [39].

La práctica de laboratorio propuesta se enfoca en la participación activa de los estudiantes y en la comprensión de conceptos de propiedades fisicoquímicas y estructuras moleculares mediante la experimentación, como estrategia de enseñanza-aprendizaje en química a microescala. Por otro lado, se observa que las almendras cultivadas de manera convencional muestran un mayor contenido mineral y un menor valor de ácidos grasos en comparación con las almendras cultivadas orgánicamente [40]. El estudio aborda tanto la síntesis como la caracterización de recubrimientos duros de TiN, considerados como un material de referencia prometedor para la metrología de superficies en el campo de la química, destacando la homogeneidad y composición química de estos recubrimientos como aspectos clave. Por otro lado, se presenta una herramienta educativa que permite a los estudiantes predecir y clasificar la probabilidad de interacciones de puente de hidrógeno entre moléculas orgánicas comunes, esto ayuda a comprender mejor los efectos de dichas interacciones en sistemas más complejos [41]. Se propone una nueva metodología para presentar estructuras

moleculares, que inicia con un análisis de la enseñanza de los pares solitarios sin utilizar los modelos HAO y VSEPR, con el fin de evitar malentendidos sobre la distribución de la carga electrónica en las moléculas. Además, se sintetizan los conceptos de efectos isotópicos cinéticos, la síntesis de compuestos deuterados y las principales aplicaciones del deuterio en la enseñanza de ciencias multidisciplinarias para estudiantes de química a nivel universitario [42]. Se propone el uso de seis modelos de redes neuronales artificiales dinámicas recurrentes para predecir con precisión las concentraciones de contaminantes del aire en Teherán, Irán, demostrando eficacia con bajo margen de error. Paralelamente, se presenta un estudio de caso que resalta cómo el entendimiento de la química atmosférica es fundamental para abordar la calidad del aire en Hermosillo, Sonora, destacando la responsabilidad de las autoridades municipales en la gestión de la contaminación atmosférica [43].

Se reflexiona sobre la importancia de introducir dispositivos educativos en los cursos de grado en Química para garantizar una formación completa de los docentes en el contexto de la internacionalización de estos programas. Además, se resume la información relevante sobre fármacos en estudio como potenciales agentes antivirales contra el SARS-CoV-2, resaltando el remdesivir como el único aprobado por la FDA para tratar la COVID-19 en pacientes hospitalizados [44]. Se aborda la importancia de incorporar la historia y la filosofía de la ciencia en los cursos de didáctica de la química para la formación inicial de docentes, destacando la relevancia de las pautas meta-teóricas y metodológicas de esta experiencia innovadora. Además, se destaca el impacto significativo del método de proyecto en el aprendizaje de la química industrial entre estudiantes de Ingeniería Industrial en una universidad privada en Lima, Perú [45]. Se exploraron los aceites esenciales de tres especies de *Bocageopsis*, destacando la presencia de sesquiterpenos y sus derivados, con un enfoque particular en la composición química de la especie *B. canescens* en la región amazónica, proporcionando así el primer informe detallado sobre su composición. Por otro lado, se destaca la contribución del químico francés Edouard Duvillier, quien se enfocó en el estudio de los oxoácidos y sus derivados, esto condujo a la síntesis de numerosos compuestos químicos nuevos y a la determinación de sus propiedades físicas y químicas, marcando un hito importante en el desarrollo de la química moderna. [46]. (Soares et al., 2022; Wisniak, 2022). Se ofrece una panorámica sobre las huellas dactilares y su composición, con el propósito de describir y comprender los aspectos químicos de dos técnicas de desarrollo químico. Este enfoque busca introducir y captar el interés de los estudiantes en este campo de aplicación y estudio, al tiempo que motiva a los docentes a integrar conceptos químicos en un contexto forense [47].

Los estudios en el ámbito de la enseñanza de la química y la investigación en nanomateriales han mostrado avances significativos en la optimización del proceso de

enseñanza-aprendizaje y la remoción de contaminantes ambientales. Desde la aplicación de metodologías innovadoras como el método del proyecto y la presentación de estructuras moleculares sin modelos tradicionales hasta la síntesis y aplicaciones de nanomateriales como los basados en óxidos de hierro, zeolitas y grafeno, estos estudios destacan la importancia de la investigación y la educación en química para abordar desafíos contemporáneos en medicina, industria y medio ambiente.

Categoría: Evaluación y Aprendizaje Experimental en Química

Se caracterizan y discuten las prácticas químicas a través del análisis de investigaciones galardonadas con los Premios Nobel de Fisiología, Física y Química en 2022, destacando un enfoque de aprendizaje activo representado por el lema "conocer haciendo". Además, se examinan las relaciones entre la promoción de prácticas alimentarias adecuadas y la aplicación de regulaciones de consumo, utilizando como base una secuencia didáctica desarrollada en un curso de "Gestión de Calidad" en la Universidad Nacional de Quilmes, Argentina (Chamizo, 2023; Crivaro, 2023). La implementación exitosa del método de proyectos en el aprendizaje de la química industrial en estudiantes de ingeniería industrial resalta su impacto significativo en el proceso educativo. Además, se destaca el hallazgo de sesquiterpenos y sus derivados en los aceites esenciales de tres especies de *Bocageopsis*, con especial énfasis en el primer informe sobre la composición química de *B. canescens* (de Lima & Passos, 2023; Del Carmen Suárez Millón & Arangd, 2023). Se destaca la síntesis y caracterización de compuestos derivados de oxoácidos, así como el desarrollo de un método eficiente para la separación de tres aminas pertenecientes al mismo radical alcohólico. Además, se presenta una visión general de las huellas dactilares, con énfasis en los aspectos químicos de dos técnicas de desarrollo químico, con el propósito de promover el interés en este campo de estudio (Ekwere, 2023; Fernández & Quintanilla, 2023). Las prácticas químicas promueven un enfoque de aprendizaje activo que se resume en la filosofía "conocer haciendo". Paralelamente, se examina cómo la comprensión de aspectos legales afecta el manejo de productos alimenticios entre estudiantes universitarios (Fernández et al., 2023; Flores, 2023). La implementación de la química click y la química bioortogonal ha revolucionado la síntesis molecular, especialmente en el ámbito farmacéutico, al posibilitar la creación de conjugados con biomoléculas, esto abre nuevas posibilidades en terapias más efectivas y dirigidas. Por otro lado, las actividades realizadas durante el curso de formación han contribuido al crecimiento profesional de los futuros docentes, al emplear estrategias didácticas que fomentan el desarrollo del pensamiento científico y promueven la generación de discusiones enriquecedoras (Guadarrama et al., 2023; Herrera et al., 2023).

Se exploran diferentes métodos experimentales para enseñar la reacción de Maillard en un curso de Química de Alimentos, ofreciendo actividades que capacitan a los estudiantes para interpretar resultados y entender los fenómenos cotidianos relacionados. Además, se expone un estudio sobre la evolución de la comida comercial para mascotas y las operaciones unitarias empleadas en la fabricación de alimentos secos, acompañado de una propuesta educativa para comprender este proceso productivo (Igartúa & Sceni, 2023; Lampert, 2023). Se investiga la composición y los efectos para la salud de la yerba mate, centrándose en sus posibles propiedades antitumorales y en la influencia de diversos compuestos químicos en la modulación de señalización biológica relacionada con el cáncer. Además, se propone un método sencillo y eficaz para la delaminación de precursores de la zeolita MCM-22 en nanoláminas, evaluando sus características estructurales, texturales y su desempeño como catalizadores en reacciones ácidas (Lázaro, 2023; Lee et al., 2023). Se destaca el impacto significativo de la química click y la química bioortogonal en diversos campos, incluyendo la síntesis de moléculas complejas, materiales y en la industria farmacéutica, al permitir la creación de conjugados con biomoléculas para terapias más efectivas y específicas. Además, se presenta un experimento multidisciplinario que enriquece las habilidades de los estudiantes de ingeniería química en el campo de la fotocatalisis para la eliminación de contaminantes en aguas, ofreciéndoles una comprensión completa del uso de fotocatalizadores en la protección del medio ambiente (Monti et al., 2023; Peñas et al., 2023). Se resalta la efectividad de los juegos educativos de química desarrollados en la Facultad de Química de la UNAM para mejorar el aprendizaje y corregir conceptos erróneos, esto motiva su expansión para un uso más amplio tanto lúdico como educativo. Además, se presenta una hoja didáctica centrada en la comprensión del artículo sobre el premio Nobel de Química 2022 en química click, destinada a respaldar a los docentes en la enseñanza de la tecnología aplicada en contextos biológicos, conocida como química bioortogonal (Reina et al., 2023; Rodesa et al., 2023). Se destaca la implementación de recursos didácticos innovadores: por un lado, se presenta una serie de video-capítulos que abordan aspectos de seguridad y manejo de material de laboratorio, promoviendo la autonomía del estudiante y sirviendo como guía de referencia. Por otro lado, se propone una herramienta lúdica basada en el cubo de Rubik para enseñar nomenclatura química inorgánica de sales binarias, esto muestra una efectividad superior en el aprendizaje interactivo (Sampaioles et al., 2023; Vargas et al., 2023).

Las investigaciones en la enseñanza de la química se centran en innovar y mejorar el proceso educativo mediante la implementación de metodologías activas, la integración de la historia de la química y el uso de herramientas tecnológicas como laboratorios virtuales y recursos en línea. Estos estudios buscan enriquecer la comprensión de los estudiantes, fomentar el pensamiento crítico y adaptar la enseñanza a las necesidades

actuales, contribuyendo a una educación más accesible, segura y de mayor calidad en la disciplina de la química.

Preguntas de investigación y objetivo

¿Cuál es el impacto de la integración de simuladores virtuales y metodologías activas en la enseñanza de la química en términos de comprensión conceptual, motivación y resultados de aprendizaje de los estudiantes, considerando las tendencias actuales?

Objetivo

El objetivo de esta investigación es analizar y valorar el impacto y la eficacia de las innovaciones pedagógicas y tecnológicas en la enseñanza de la química, con el objetivo de mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje y fomentar una educación inclusiva y adaptativa en este campo.

II. METODOLOGÍA

Se empleó una metodología cualitativa basada en la estrategia PBMI, que comprende la definición y formulación del objeto de estudio, una búsqueda eficaz utilizando operadores booleanos, la aplicación de indicadores de diseño bibliométrico, y la minería de metadatos con el lenguaje “R” - librerías de Bibliometrix y Vosviewer.

Se llevó a cabo una exploración en la base de datos Scopus para identificar documentos relevantes publicados entre 2020 y 2024. Se seleccionaron estudios por su relevancia temática y acceso abierto, identificando un total de 78 documentos para la revisión.

III. RESULTADOS

TABLA I
CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y SELECCIÓN DE DOCUMENTOS PARA LA REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Total	51,379 documentos
2020 -2024	4,024 documentos
Subject área Chemistry	341 documentos
Document type: Artículos científicos	282 documentos
Open access	210 documentos
Language Limited to English 44 Limited to Spanish 39	83 documentos
Documentos identificados	78 documentos

TABLA 2
DISEÑO METODOLÓGICO BIBLIOMÉTRICO

Fase	Descripción	Clasificación
Fase I Cuestionamiento	Implica cuestionar el estado actual del conocimiento sobre el tema de investigación.	1. ¿Cómo ha evolucionado la producción científica anual en el campo de la educación y la química, y cuál ha sido la contribución acumulada de cada año a la producción total en ese periodo; según categorías emergentes?
		2. ¿Cuáles son las disciplinas

- de estudio más dinámicas dentro del ámbito de la química y sus aplicaciones interdisciplinarias, según la frecuencia de producción científica reportada en los últimos años?
3. ¿Cuáles son las revistas científicas más centrales o relevantes y las interconexiones temáticas en el campo de la química educativa y sus disciplinas relacionadas, según un análisis de co-citación?
4. ¿Qué autores están contribuyendo significativamente dentro del campo de la química y cómo están interrelacionados sus trabajos a través de citas y temáticas comunes?
5. ¿Cuáles son los autores más destacados o centrales y sus conexiones en el campo de estudio actual, basado en la frecuencia de co-citación o colaboración?

Recopilación de datos del término de interés “simuladores”, AND “virtuales”, AND “química” se buscó en la base de datos Scopus el 25 al 27 de febrero de 2024.

La cadena de búsqueda: (ALL (simuladores) OR ALL (virtuales) AND ALL (química) OR ALL (educación) AND ALL (docente) AND TITLE-ABS-KEY (aprendizaje) OR TITLE-ABS-KEY (tecnología)) AND PUBYEAR > 2019 AND PUBYEAR < 2025 AND (LIMIT-TO (SUBJAREA , "SOCI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "ARTS") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "PSYC") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "MEDI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "HEAL") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "MULT") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "CENG") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "CHEM") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "NEUR")) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar")) AND (LIMIT-TO (OA , "all")) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE , "Spanish") OR LIMIT-TO (LANGUAGE , "English"))

Se estableció el tema de investigación, la pregunta de investigación, los términos clave asociados y se empleó la base de datos Scopus.

Fase II
Búsqueda eficiente

Fase III levantamiento de datos	Elección de los estudios incorporados en el análisis bibliométrico. Además, la identificación, extracción y estandarización de los datos pertinentes para el análisis: n = 78	Asimismo, se exportaron en formato RIS y BibTeX para su posterior procesamiento. Documentos publicados ▪ Periodo: 2020 – 2023. ▪ Acceso abierto. ▪ Ajuste sin limitado a países. Indicadores bibliométricos: - Producción científica anual - Frecuencia de producción científica - Mapa de cocitación de fuentes - Three-Field Plot - Co citación de autores.
Fase IV Construcción de material de análisis	El cómputo de los índices bibliométricos que posibilitaron describir la producción científica.	Representación visual de indicadores bibliométricos (IB) con uso del Lenguaje “R” y Bibliometrix. - Annual scientific production - Frequency of scientific production - Co-citation map of sources - Three-Field Plot - Co-citation of authors.
Fase V Redacción y conclusiones	El análisis crítico de los descubrimientos y resultados adquiridos en función de la interrogante planteada. Además, se expone la argumentación de forma coherente y estructurada.	La fase III y IV implican la síntesis y el análisis de los resultados a partir de los objetivos y preguntas planteadas inicialmente. Se identifican tendencias, patrones y relaciones en los datos, teniendo en cuenta la investigación previa y la relevancia de estos descubrimientos para el área de estudio. Se evalúan las fortalezas y limitaciones de la investigación científica. Las conclusiones resumen los hallazgos y su contribución al conocimiento existente.

Nota: Proceso de investigación en formación docente en la educación inclusiva: Fases, descripciones y métricas bibliométricas.

La Figura 2 muestra las categorías "Nutrición y Alimentación" y "Tecnología Educativa" con frecuencia significativamente más alta que las demás, con 21 y 11 apariciones respectivamente, destacando que son áreas de gran interés y activas en la investigación actual. Las categorías relacionadas con la "Química Educativa", "Farmacología", y "Educación en línea" presentan una frecuencia menor pero similar entre ellas, esto indica un nivel de investigación intermedio; no obstante, existe una interrelación temática. Las demás categorías tienen una frecuencia de aparición unitaria, pero también su singularidad dentro del panorama científico evaluado.

El agrupamiento de categorías implica ciertas relaciones temáticas, como, la cercanía entre "Química Educativa", "Farmacología" y "Educación en línea" esto implica una intersección en metodologías educativas aplicadas a la ciencia y la salud.

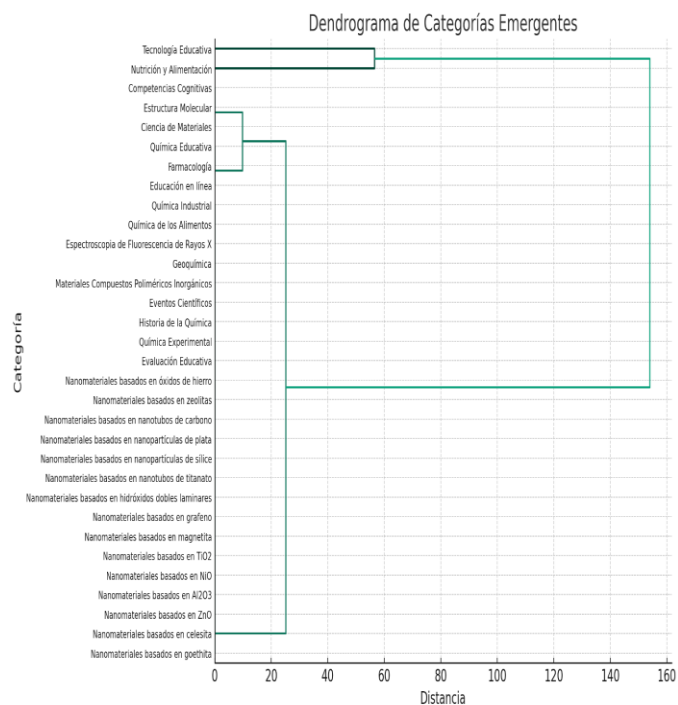


Fig. 2. Distribución Anual de la Producción Científica en Revisión Bibliométrica Utilizando “RStudio” y Bibliometrix. El Dendrograma establece una clasificación jerárquica de categorías emergentes en el ámbito de la investigación científica, basada en la distancia o similitud entre los temas estudiados. En este contexto, la "distancia" se entiende como una medida de disimilitud: cuanto más larga es la línea que conecta dos categorías, menos relacionadas están.

IB - Producción científica anual sobre la enseñanza de la química

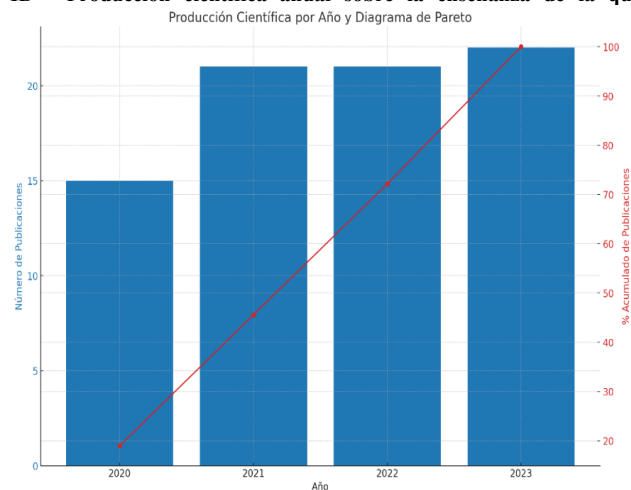


Fig 3 Distribución Anual de la Producción Científica en Revisión Bibliométrica Utilizando “RStudio” y Bibliometrix.

El análisis de la producción científica en el campo de los simuladores virtuales en química destaca tendencias significativas y momentos clave en la evolución de este ámbito investigativo. Se aprecia un aumento progresivo en la cantidad de publicaciones a lo largo de los años, lo cual refleja un creciente interés y reconocimiento de la importancia de los simuladores virtuales como herramientas educativas e investigativas en el campo de la química. El incremento en la producción científica se atribuye a

varios factores. Primero, la evolución tecnológica ha facilitado el desarrollo de simuladores virtuales más sofisticados y accesibles, permitiendo su integración en diversos contextos educativos y de investigación.

IB - Frecuencia de producción científica en el campo educativo de la Química

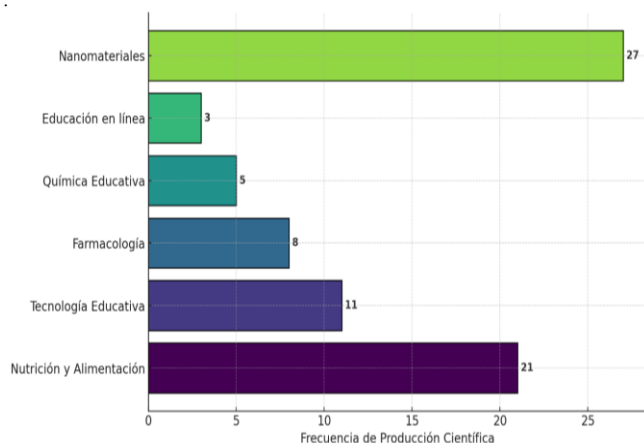


Fig 4 Distribución de frecuencia de producción científica según campos identificados

Nota: Distribución de frecuencia de producción científica.

La Figura 4 muestra las categorías mostradas, "Nanomateriales" predomina claramente con la mayor frecuencia de publicaciones científicas, contabilizando 27 artículos. Esto implica un fuerte interés y una tendencia de investigación hacia la nanotecnología aplicada en química, esto se atribuye a la creciente importancia de los nanomateriales en diversas aplicaciones, desde medicina hasta tecnología y medio ambiente.

La segunda categoría por frecuencia es "Nutrición y Alimentación" con 21 publicaciones, implica un área de investigación sustancial, destaca el papel de la química en el estudio y mejora de la calidad alimentaria, la seguridad y la innovación en nutrición. En cuanto a "Tecnología Educativa" con 11 publicaciones, se muestra una atención considerable a cómo las innovaciones tecnológicas mejoran la enseñanza y el aprendizaje de la química. La categoría "Farmacología" cuenta con 8 publicaciones, destacando la investigación en la intersección de la química y la aplicación médica para el desarrollo de fármacos y terapias.

Las categorías "Educación en línea" y "Química Educativa" muestran menor frecuencia, con 3 publicaciones cada una, indicando que, aunque hay interés en el desarrollo de recursos y métodos para enseñar química a través de plataformas digitales y mejorar la didáctica de la química, estas son áreas menos exploradas en comparación con las aplicaciones directas de la química en nanotecnología y nutrición.

IB - Mapa de cocitación de fuentes

La figura 5 muestra el mapeo científico del análisis bibliométrico del indicador de cocitación. Se demuestra varias interacciones significativas entre revistas dentro del campo de la educación química. Centrándose en los nodos más prominentes, el "Journal of Chemical Education" destaca notoriamente como un núcleo principal en la red, evidenciado por su tamaño y la densidad de conexiones que emergen de él. Al lado de este, el nodo etiquetado "Educación Química" destaca una fuerte interacción con el "Journal of Chemical Education", esto demuestra que existe una colaboración entre las investigaciones publicadas en estas dos revistas y una coincidencia temática y metodológica significativa. La proximidad de estos nodos y la fortaleza de sus conexiones implica que estas revistas comparten una orientación pedagógica similar y se enfocan en áreas complementarias dentro de la educación química.

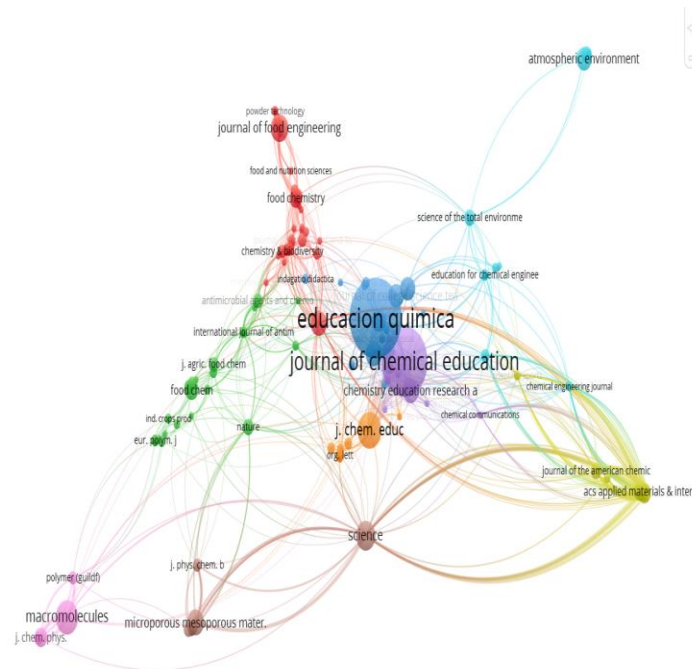


Fig 5 Distribución de cocitación de fuentes, de acuerdo con el análisis bibliométrico

IB - Three-Field Plot

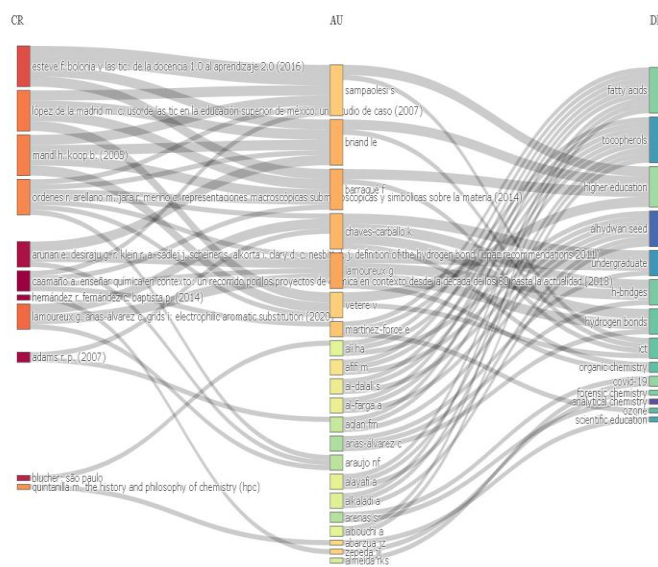


Fig 6 Gráfico de Tres Campos, según la revisión bibliométrica. Con aplicación de "R" y Bibliometrix.

La Figura 6 muestra el extremo izquierdo del gráfico, los nodos representan las referencias citadas, donde las obras de "Esteve F. y Bolonia" y "López de la Madrid M." se destacan, sus aportes sobre la educación química. En el centro del gráfico, se identifican los autores actuales, "Samapoeils S." y "Briand L.E." tiene una contribución más predominante, mientras que, en el extremo derecho, los descriptores o palabras clave (DE) muestran los temas prevalentes dentro del campo. "Fatty acids" y "tocopherols" aparecen prominentemente, sugiriendo que estos compuestos bioquímicos son de interés actual en el contexto de la enseñanza de la química. Además, términos como "higher education", "hydrogen bonds" y "organic chemistry" son líneas

temáticas de interés en la investigación educativa química, desde la teoría pedagógica hasta los conceptos fundamentales de la química.

Las líneas que conectan estos tres campos ilustran la sinergia entre los trabajos citados, los autores y los temas discutidos. La densidad y la intersección de estas líneas destacan las tendencias, como un interés creciente en determinadas áreas específicas.

IB - Cocitación de autores

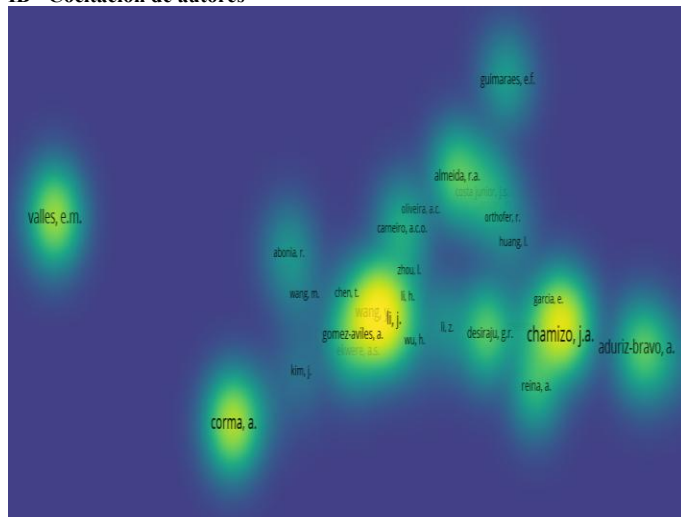


Fig. 7 Distribución de cocitación de autores, de acuerdo con el análisis bibliométrico mediante la aplicación de Vosviewer.

Se identifican patrones de colaboración y referencias cruzadas en el ámbito de la investigación, las áreas más brillantes y densas, donde los nombres de los autores son más prominentes y concentrados, sugieren nodos de actividad investigativa intensa, con "Chamizo, J.A." y "Corma, A." destacándose como los más influyentes. De ellos, se deduce por el resplandor y tamaño relativo de sus etiquetas. Estos autores, ubicados en el corazón de las regiones de mayor densidad, son líderes de pensamiento en su área de estudio, ejerciendo considerable influencia en la comunidad científica. Los investigadores adyacentes a estos nodos, como "Valles, E.M." y "Aduíz-Bravo, A.", están fuertemente asociados con los trabajos de los autores centrales, ya sea como coautores frecuentes o por tener investigaciones que regularmente se refieren a sus contribuciones.

La conexión entre "Chamizo, J.A." y "Aduíz-Bravo, A." indica una interacción mutua significativa en el campo, destacando una posible área temática común o complementaria en sus trabajos. La separación entre diferentes nodos de autores y las transiciones de color en el fondo representar distintas subcomunidades de investigación o especializaciones dentro del ámbito más amplio del tema tratado. La cercanía entre "Corma, A." y "Valles, E.M." señala un subcampo de interés compartido que es importante para futuras investigaciones o para la creación de sinergias académicas.

La dispersión de otros autores en el mapa refleja la diversidad de contribuciones dentro del campo. Autores que se encuentran en los extremos o en áreas menos densas representan nichos de investigación emergentes o especializados que, aunque no son el foco principal de las cocitaciones, contribuyen al cuerpo diversificado de conocimiento en la disciplina.

En términos bibliométricos, este mapa brinda una visión integral de las relaciones entre investigadores y destaca la importancia de redes de colaboraciones en el desarrollo del conocimiento científico.

IV. CONCLUSIONES

En el contexto de la investigación, se diseña un programa de laboratorio (PL) basado en el modelo de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), dirigido a estudiantes de la carrera de Ingeniería en Energía. La implementación de este programa tiene el objetivo de fomentar el desarrollo de habilidades prácticas y de resolución de problemas en escenarios reales. A través de las cuatro fases principales del PL (planificación, ejecución, evaluación y retroalimentación formativa), se establece un marco que facilita el aprendizaje activo y colaborativo que permite que los estudiantes se involucren de manera significativa en su proceso de aprendizaje.

El enfoque metodológico utilizado, sustentado en epistemologías como el constructivismo y el pragmatismo, va a permitir que los estudiantes adquieran conocimientos teóricos, y desarrollar competencias prácticas en el ámbito de la ingeniería. El modelo ABP demuestra ser eficaz en la resolución de problemas complejos porque promueve la reflexión crítica, el análisis profundo y la toma de decisiones informadas, habilidades necesarias para los futuros profesionales en ingeniería.

Los resultados de la implementación del PL destacan la importancia de la retroalimentación formativa como herramienta fundamental para la mejora continua de los estudiantes. La interacción entre docentes y estudiantes durante las fases de retroalimentación permite una evaluación constante del aprendizaje, esto favorece el ajuste de estrategias pedagógicas y optimiza el proceso de enseñanza-aprendizaje.

En conclusión, este estudio destaca la relevancia de integrar metodologías activas, como el ABP, en la formación de los estudiantes de ingeniería. El diseño de implementación del programa de laboratorio brinda una experiencia educativa que, sin duda, fortalece las habilidades técnicas y colaborativas de los estudiantes, alineándose con las demandas del contexto profesional actual.

AGRADECIMIENTO

Al equipo responsable de la investigación, por su dedicación, esfuerzo y compromiso en el desarrollo del presente estudio.

REFERENCIAS

- [1] A. Al-Farga; M. Baeshen; F. Aqlan; A. Siddeeq; M. Afifi; H. Ali; A. Alayafi, S. Al-Dalali, S.; and A. Alkaladi, A., "Chemical composition, oxidative stability, and sensory properties of Boerhavia elegans Choisy (alhydwani) seed oil/peanut oil blends," *Grasas y Aceites*, vol. 71(3), 2020. doi:10.103989/GYA.0463191
- [2] P. S. Costa, S. S. Oliveira, E. B. de Souza, E. H. S. de Brito, C. S. de Paula Cavalcante, S. M. de Moraes, A. L. A. B. Leal, H. M. Barreto, A. M. R. Teixeira, C. E. S. Nogueira, R. O. dos Santos Fontenelle, y H. S. dos Santos, "Antifungal activity and synergistic effect of essential oil from Lippia alba against Trichophyton rubrum and Candida spp.," Rev. Virtual Quím., vol. 12, no. 6, pp. 1529–1540, 2020, doi: 10.21577/1984-6835.20200119.
- [3] E. Cruz, A. Montoya, y J. Ágreda, "CHEMical KINetics SimuLATOR (Chemkinlator): A friendly user interface for chemical kinetics simulations," Rev. Colomb. Quím., vol. 49, no. 1, pp. 40–47, 2020, doi: 10.15446/rev.colomb.quim.v49n1.83298.
- [4] M. de Jesús Rodríguez Salazar, M. M. Barreto, O. Z. Martínez, F. Trejo, I. Coria, R. Basurto, J. de J. García Valdés, A. Estrella, A. Méndez, A. Velázquez, A. Carrasco, C., Sánchez, E. Solís, I., España, & S. Arenas. Distance education and continuity in a health emergency period (SARS-CoV2, COVID-19)," Educ. Quím., vol. 31, no. 5, pp. 159–167, 2020, doi: 10.22201/fq.18708404e.2020.5.77297.
- [5] do Nascimento, A., L. Clarton, C. Machado, A. Ferreira y C. de Carvalho. Physicochemical characterization and determination of metals in apismel líferal. Honey produce dina region contaminated by lead. Revista Virtual de Química, vol. 12, no. 2. Scopus. https://doi.org/10.21577/1984-6835.20200040
- [6] A. Garza-Kanagusico, J. Zaldívar-Rojas, S. Quiroz-Rivera y C. Rodríguez-García. "An analysis of the graph interpretation practice in engineering's students in a laboratory of Physics' context," Uniciencia, vol. 34, no. 2, pp. 95–113, 2020, doi: 10.15359/RU.34-2.6.
- [7] V. A. Guntero et al., "Organic chemistry in harmony with our sensations," Educ. Quím., vol. 31, no. 4, pp. 63–74, 2020, doi: 10.22201/fq.18708404e.2020.4.72604
- [8] L. Hernández et al., "COVID-19 school disruptions as drivers of curriculum change in the forensic science organic chemistry laboratory," Educ. Quím., vol. 31, no. 5, pp. 3–14, 2020, doi: 10.22201/fq.18708404e.2020.5.76857.
- [9] M. Lima et al., "A química dos saneantes em tempos de covid-19: Você sabe como isso funciona?," Quím. Nova, vol. 43, no. 6, pp. 685–691, 2020, doi: 10.21577/0100-4042.20170537.
- [10] L. Medeghini et al., "How microanalysis can be discriminant on black pompeian wares," Crystals, vol. 10, no. 10, pp. 1–18, 2020, doi: 10.3390/cryst10100879.

- [11] F. Mitelmao et al., "Physical characterization of peripherally-inserted central catheters (PICC)," *Rev. Materia*, vol. 25, no. 1, 2020, doi: 10.1590/s1517-707620200001.0870.
- [12] N. Naidek et al., "Women scientists in the Brazilian chemistry," *Quim. Nova*, vol. 43, no. 6, pp. 823-836, 2020, doi: 10.21577/0100-4042.20170556.
- [13] Abonia, R.; and García, A. C., "Uso de una mezcla dioxane/MeOH/NaBH₄ en caliente como un medio conveniente para la reducción química selectiva del doble enlace C=C en sistemas α,β -insaturados," **Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, vol. 45(177), 2021. doi:10.18257/raccefyn.1465
- [14] Barraqué, F.; Sampaioles, S.; Briand, L. E.; and Vetere, V., "Educational innovation for first-year college chemistry teaching," **Educacion Quimica**, vol. 32(1), 2021. doi:10.10.22201/fq.18708404e.2021.1.75760
- [15] M. Barriga-Sánchez et al., "Functional and chemical qualities of Vitis labrusca grape seed oil extracted by supercritical CO₂," *Rev. Colomb. Quim.*, vol. 50, no. 3, pp. 3-9, 2021, doi: 10.15446/rev.colomb.quim.v50n3.95469.
- [16] L. M. Cadavid-Ramírez and M. A. Vélez, "Kuhnian incommensurability and symbolic generalizations: A comparative analysis of the two theoretical paradigms of physics," *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Exact. Fis. Nat.*, vol. 45, no. 175, pp. 377-386, 2021, doi: 10.18257/raccefyn.1258.
- [17] I. N. Carmona et al., "Tannin quantification and chemical-energetic characterization of biomass residues of Bertholletia spp. And Lecythis' spp. Fruits," *Rev. Materia*, vol. 26, no. 4, 2021, doi: 10.1590/S1517-707620210004.1370.
- [18] P. S. Costa et al., "Antifungal Activity and Synergistic Effect of Essential oil from Lippia alba against Trichophyton rubrum and Candida spp.," *Rev. Virtual Quim.*, vol. 12, no. 6, pp. 1529-1540, 2020, doi: 10.21577/1984-6835.20200119.
- [19] A. de Freitas, V. B. Irala, and D. M. Bordin, "The challenges of teaching Chemistry in the COVID-19 pandemic: The flipped classroom methodology adapted for virtual mode in Brazil," *Educ. Quim.*, vol. 32, no. 5, pp. 6-22, 2021, doi: 10.22201/fq.18708404e.2021.5.78169.
- [20] J. De Pereira et al., "An innovative and accessible chemical approach to bisphenol identification on plastic surfaces," *Rev. Virtual Quim.*, vol. 13, no. 1, pp. 234-241, 2021, doi: 10.21577/1984-6835.20200146
- [21] E. de Souza Viana et al., "Physicochemical and bioactive compound evaluation of acerola genotypes," *Rev. Virtual Quim.*, vol. 13, no. 4, pp. 993-998, 2021, doi: 10.21577/1984-6835.20210024.
- [22] C. M. Díaz-Acosta et al., "ABX3 inorganic halide perovskites for solar cells: Chemical and crystal structure stability," *Rev. Materia*, vol. 26, no. 4, 2021, doi: 10.1590/S1517-707620210004.1316.
- [23] G. Lamoureux and J. F. Ogilvie, "New Directions in Teaching Introductory and Organic Chemistry," *Educ. Quim.*, vol. 33, no. 3, pp. 167-177, 2022, doi: 10.22201/fq.18708404e.2022.3.80759.
- [24] F. D. Leandro et al., "Dereplication and evaluation of the antinociceptive and anti-inflammatory activity of hydroethanolic extract of leaves from Campomanesia xanthocarpa O. Berg," *Nat. Prod. Res.*, vol. 35, no. 23, pp. 5549-5553, 2021, doi: 10.1080/14786419.2020.1795654.
- [25] N. M. Martínez et al., "The hybrid maps in school chemistry," *Educ. Quim.*, vol. 32, no. 3, pp. 117-129, 2021, doi: 10.22201/FQ.18708404E.2021.3.77443.
- [26] M. R. Masseli et al., "Mechanical and physical characterization of hydroxyapatite/alumina biocomposites produced by the powder metallurgy route for biomedical applications," *Rev. Materia*, vol. 26, no. 4, 2021, doi: 10.1590/S1517-707620210004.1382.
- [27] M. I. Palacios-Arreola and R. Huerta-Lavorie, "CRISPR / Cas, the system awarded the 2020 Nobel Prize in Chemistry. How do Molecular Scissors work?," *Educ. Quim.*, vol. 32, no. 3, pp. 196-201, 2021, doi: 10.22201/FQ.18708404E.2021.3.79857.
- [28] K. A. Peron, C. Sotério, and S. L. Queiroz, "Combining primary chemistry literature and peer-review into a science communication course," *Educ. Quim.*, vol. 32, no. 1, pp. 74-84, 2021, doi: 10.22201/fq.18708404e.2021.1.76119.
- [29] D. M. Scheifer and I. J. A. Callejas, "Physical and mechanical characterization of concrete blocks with the incorporation of sand aggregate from construction waste," *Rev. Materia*, vol. 26, no. 4, 2021, doi: 10.1590/S1517-707620210004.1387.
- [30] A. Silva et al., "Chemical composition and photoprotective and antiradical activities of the branches of platanus insignis (clusiaceae)," *Quim. Nova*, vol. 44, no. 8, pp. 954-962, 2021, doi: 10.21577/0100-4042.20170761
- [31] P. Tavares et al., "Chemical, microbiological and sensory viability of low-calorie, dairy-free kefir beverages from tropical mixed fruit juices," *CYTA - J. Food*, vol. 19, no. 1, pp. 457-464, 2021, doi: 10.1080/19476337.2021.1906753.
- [32] Fernández, L. C., & Quintanilla, M. Emerging representations in the teaching discourse from the history of chemistry in teaching. *Educacion Quimica*, 34(3), 118-131, 2023. Scopus. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2023.3.83880>
- [33] J. M. Alonzo, Comparative study of the cognitive competencies of students of the degree in biology and chemistry. *Educacion Quimica*, 33(3), 151-166, 2022. Scopus. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2022.3.81963>
- [34] Y. Ariza. The notion of "theoretical model" in chemistry education: Representation and role of the periodic system. *Educacion Quimica*, 33(4), 97-110, 2022. Scopus. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404E.2022.4.0.81499>
- [35] Bouali, I., Rattouli, H., Herchi, W., Martine, L., Grégoire, S., Albouchi, A., Martínez-Force, E., Boukhchina, S., & Berdeaux, O. Chemical composition and thermal properties of Tunisian pecan nut [Carya illinoensis (Wangenh.) K. Koch] oils. *Grasas y Aceites*, 73(3), 2022. Scopus. <https://doi.org/10.3989/GYA.0436211>
- [36] Cadre, J. E. V., Fernández, D. B., De La Rosa, H. R., & Pérez, M. D. L. A. Voltammetric method for chemical oxygen demand in a dairy wastewater using homemade minimal instrumentation. *Afinidad*, 80(598), 3-7, 2022. Scopus. <https://doi.org/10.55815/413408>
- [37] Cipamocha, S. M. The development of fuels a learning context for the teaching of chemistry. *Educacion Quimica*, 33(4), 169-178, 2022. Scopus. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404E.2022.4.0.82383>
- [38] de Carvalho, M. G., Rondon, F. C. M., Carneiro-Torres, D. S., Fampa, P., Bevilacqua, C. M. L., Bandeira, P. N., & Gomes, G. A.. Croton pulegioidorus Baill and Croton piauhiensis Mull. Arg. (Euphorbiaceae) Essential Oils: Chemical Composition and Anti-Leishmania Activity. *Revista Virtual de Quimica*, 14(6), 938-946, 2022. Scopus. <https://doi.org/10.21577/1984-6835.20220049>
- [39] de los Angeles Bizzio, M., Guirado, A. M., & Maturano, C. I. Writing explanations based on experiments in chemistry classes. *Educacion Quimica*, 33(3), 80-91, 2022. Scopus. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2022.3.81470>
- [40] Gonzales-Balladares, J. D., & Toque-Huaman, E. Microscale chemistry in experimental teaching using a quartz crystal microbalance. *Educacion Quimica*, 33(4), 86-96. Scopus, 2022. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404E.2022.4.0.81489>
- [41] Juárez-García, J., Morales-Hernández, J., Gutiérrez-Peralta, A., Cruz-Valeriano, E., Ramírez-Bon, R., & Yañez Limón, J. TiN hard coating as a candidate reference material for surface metrology in chemistry: Characterization and quantification by bulk and surface analyses techniques. *Revista de Metalurgia*, 58(4), 2022. Scopus. <https://doi.org/10.3989/revmetalm.231>
- [42] Lamoureux, G., & Ogilvie, J. New Directions in Teaching Introductory and Organic Chemistry. *Educacion Quimica*, 33(3), 167-177, 2022. Scopus. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2022.3.80759>
- [43] Miranbaygi, A., Moghimi, M., & Eghbal Ahmadi, M. Prediction of chemical composition concentration in an urban area by Artificial Neural Networks. *Afinidad*, 79(597), 485-493, 2022. Scopus. <https://doi.org/10.55815/411475>
- [44] Oliveira Feliciano, J., & Feliciano dos Santos, J. Mobility Paulo Freire: Internationalization of chemistry teacher training. *Educacion Quimica*, 33(1), 102-115, 2022. Scopus. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2022.1.78054>
- [45] Quintanilla-Gatica, M., Cabrera, H. G., & Zambrano, J. The history and philosophy of chemistry in the initial training of chemistry teachers. *Educacion Quimica*, 33(4), 192-205, 2022. Scopus. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404E.2022.4.0.81572>
- [46] Soares, E. R., de Almeida, R. A., de Lima, B. R., Pereira Junior, R. C., de Freitas, F. A., Mafra, H. R., Araujo, N. F., Maciel, J. B., de Leão, L. Q. S., de Souza, A. D. L., da Silva, F. M. A., & Pinheiro, M. L. B. (2022). Chemical Composition of Essential Oils of Three Species of the Genus Bocageopsis (Annonaceae) Amazon Region. *Revista Virtual de Quimica*, 14(6), 947-953. Scopus. <https://doi.org/10.21577/1984-6835.20220050>