

José Luis Escamilla Reyes
(organizador)

EDUCAÇÃO
E
ENSINO
DE
CIÊNCIAS EXATAS
E
NATURAIS

VOL II



**EDITORA
ARTEMIS
2024**

José Luis Escamilla Reyes
(organizador)

EDUCAÇÃO
E
ENSINO
DE
CIÊNCIAS EXATAS
E
NATURAIS

VOL II



EDITORA
ARTEMIS
2024



O conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons Atribuição-Não-Comercial NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0). Direitos para esta edição cedidos à Editora Artemis pelos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento, desde que sejam atribuídos créditos aos autores, e sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

A responsabilidade pelo conteúdo dos artigos e seus dados, em sua forma, correção e confiabilidade é exclusiva dos autores. A Editora Artemis, em seu compromisso de manter e aperfeiçoar a qualidade e confiabilidade dos trabalhos que publica, conduz a avaliação cega pelos pares de todos manuscritos publicados, com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

Editora Chefe	Prof. ^a Dr. ^a Antonella Carvalho de Oliveira
Editora Executiva	M. ^a Viviane Carvalho Mocellin
Direção de Arte	M. ^a Bruna Bejarano
Diagramação	Elisangela Abreu
Organizador	Prof. Dr. José Luis Escamilla Reyes
Imagem da Capa	ekaart/123RF
Bibliotecário	Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Conselho Editorial

Prof.^a Dr.^a Ada Esther Portero Ricol, *Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría”*, Cuba
Prof. Dr. Adalberto de Paula Paranhos, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil
Prof. Dr. Agustín Olmos Cruz, *Universidad Autónoma del Estado de México*, México
Prof.^a Dr.^a Amanda Ramalho de Freitas Brito, Universidade Federal da Paraíba, Brasil
Prof.^a Dr.^a Ana Clara Monteverde, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina
Prof.^a Dr.^a Ana Júlia Viamonte, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Portugal
Prof. Dr. Ángel Mujica Sánchez, *Universidad Nacional del Altiplano*, Peru
Prof.^a Dr.^a Angela Ester Mallmann Centenaro, Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil
Prof.^a Dr.^a Begoña Blandón González, *Universidad de Sevilla*, Espanha
Prof.^a Dr.^a Carmen Pimentel, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil
Prof.^a Dr.^a Catarina Castro, Universidade Nova de Lisboa, Portugal
Prof.^a Dr.^a Cirila Cervera Delgado, *Universidad de Guanajuato*, México
Prof.^a Dr.^a Cláudia Neves, Universidade Aberta de Portugal
Prof.^a Dr.^a Cláudia Padovesi Fonseca, Universidade de Brasília-DF, Brasil
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos, Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil
Prof. Dr. David García-Martul, *Universidad Rey Juan Carlos de Madrid*, Espanha
Prof.^a Dr.^a Deuzimar Costa Serra, Universidade Estadual do Maranhão, Brasil
Prof.^a Dr.^a Dina Maria Martins Ferreira, Universidade Estadual do Ceará, Brasil
Prof.^a Dr.^a Edith Luévano-Hipólito, *Universidad Autónoma de Nuevo León*, México
Prof.^a Dr.^a Eduarda Maria Rocha Teles de Castro Coelho, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal
Prof. Dr. Eduardo Eugênio Spers, Universidade de São Paulo (USP), Brasil
Prof. Dr. Eloi Martins Senhoras, Universidade Federal de Roraima, Brasil
Prof.^a Dr.^a Elvira Laura Hernández Carballido, *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, México



Prof.ª Dr.ª Emilas Darlene Carmen Lebus, *Universidad Nacional del Nordeste/ Universidad Tecnológica Nacional, Argentina*
Prof.ª Dr.ª Erla Mariela Morales Morgado, *Universidad de Salamanca, Espanha*
Prof. Dr. Ernesto Cristina, *Universidad de la República, Uruguay*
Prof. Dr. Ernesto Ramírez-Briones, *Universidad de Guadalajara, México*
Prof. Dr. Fernando Hitt, *Université du Québec à Montréal, Canadá*
Prof. Dr. Gabriel Díaz Cobos, *Universitat de Barcelona, Espanha*
Prof.ª Dr.ª Gabriela Gonçalves, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Portugal
Prof. Dr. Geoffroy Roger Pointer Malpass, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Brasil
Prof.ª Dr.ª Gladys Esther Leoz, *Universidad Nacional de San Luis, Argentina*
Prof.ª Dr.ª Glória Beatriz Álvarez, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*
Prof. Dr. Gonçalo Poeta Fernandes, Instituto Politécnico da Guarda, Portugal
Prof. Dr. Gustavo Adolfo Juarez, *Universidad Nacional de Catamarca, Argentina*
Prof. Dr. Guillermo Julián González-Pérez, *Universidad de Guadalajara, México*
Prof. Dr. Håkan Karlsson, *University of Gothenburg, Suécia*
Prof.ª Dr.ª Iara Lúcia Tescarollo Dias, Universidade São Francisco, Brasil
Prof.ª Dr.ª Isabel del Rosario Chiyon Carrasco, *Universidad de Piura, Peru*
Prof.ª Dr.ª Isabel Yohena, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*
Prof. Dr. Ivan Amaro, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil
Prof. Dr. Iván Ramon Sánchez Soto, *Universidad del Bío-Bío, Chile*
Prof.ª Dr.ª Ivânia Maria Carneiro Vieira, Universidade Federal do Amazonas, Brasil
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz, *University of Miami and Miami Dade College, Estados Unidos*
Prof. Dr. Jesús Montero Martínez, *Universidad de Castilla - La Mancha, Espanha*
Prof. Dr. João Manuel Pereira Ramalho Serrano, Universidade de Évora, Portugal
Prof. Dr. Joaquim Júlio Almeida Júnior, UniFIMES - Centro Universitário de Mineiros, Brasil
Prof. Dr. Jorge Ernesto Bartolucci, *Universidad Nacional Autónoma de México, México*
Prof. Dr. José Cortez Godinez, Universidad Autónoma de Baja California, México
Prof. Dr. Juan Carlos Cancino Diaz, Instituto Politécnico Nacional, México
Prof. Dr. Juan Carlos Mosquera Feijoo, *Universidad Politécnica de Madrid, Espanha*
Prof. Dr. Juan Diego Parra Valencia, *Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín, Colômbia*
Prof. Dr. Juan Manuel Sánchez-Yañez, *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México*
Prof. Dr. Juan Porras Pulido, *Universidad Nacional Autónoma de México, México*
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil
Prof. Dr. Leinig Antonio Perazolli, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil
Prof.ª Dr.ª Livia do Carmo, Universidade Federal de Goiás, Brasil
Prof.ª Dr.ª Luciane Spanhol Bordignon, Universidade de Passo Fundo, Brasil
Prof. Dr. Luis Fernando González Beltrán, *Universidad Nacional Autónoma de México, México*
Prof. Dr. Luis Vicente Amador Muñoz, *Universidad Pablo de Olavide, Espanha*
Prof.ª Dr.ª Macarena Esteban Ibáñez, *Universidad Pablo de Olavide, Espanha*
Prof. Dr. Manuel Ramiro Rodriguez, *Universidad Santiago de Compostela, Espanha*
Prof. Dr. Manuel Simões, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal
Prof.ª Dr.ª Márcia de Souza Luz Freitas, Universidade Federal de Itajubá, Brasil
Prof. Dr. Marcos Augusto de Lima Nobre, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil
Prof. Dr. Marcos Vinicius Meiado, Universidade Federal de Sergipe, Brasil
Prof.ª Dr.ª Mar Garrido Román, *Universidad de Granada, Espanha*
Prof.ª Dr.ª Margarida Márcia Fernandes Lima, Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil
Prof.ª Dr.ª María Alejandra Arecco, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*
Prof.ª Dr.ª Maria Aparecida José de Oliveira, Universidade Federal da Bahia, Brasil
Prof.ª Dr.ª Maria Carmen Pastor, *Universitat Jaume I, Espanha*

Prof.ª Dr.ª Maria da Luz Vale Dias – Universidade de Coimbra, Portugal
 Prof.ª Dr.ª Maria do Céu Caetano, Universidade Nova de Lisboa, Portugal
 Prof.ª Dr.ª Maria do Socorro Saraiva Pinheiro, Universidade Federal do Maranhão, Brasil
 Prof.ª Dr.ª MªGraça Pereira, Universidade do Minho, Portugal
 Prof.ª Dr.ª Maria Gracinda Carvalho Teixeira, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil
 Prof.ª Dr.ª María Guadalupe Vega-López, *Universidad de Guadalajara, México*
 Prof.ª Dr.ª Maria Lúcia Pato, Instituto Politécnico de Viseu, Portugal
 Prof.ª Dr.ª Maritza González Moreno, *Universidad Tecnológica de La Habana, Cuba*
 Prof.ª Dr.ª Mauriceia Silva de Paula Vieira, Universidade Federal de Lavras, Brasil
 Prof. Dr. Melchor Gómez Pérez, Universidad del Pais Vasco, Espanha
 Prof.ª Dr.ª Ninfa María Rosas-García, Centro de Biotecnología Genómica-Instituto Politécnico Nacional, México
 Prof.ª Dr.ª Odara Horta Boscolo, Universidade Federal Fluminense, Brasil
 Prof. Dr. Osbaldo Turpo-Gebera, *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Peru*
 Prof.ª Dr.ª Patrícia Vasconcelos Almeida, Universidade Federal de Lavras, Brasil
 Prof.ª Dr.ª Paula Arcoverde Cavalcanti, Universidade do Estado da Bahia, Brasil
 Prof. Dr. Rodrigo Marques de Almeida Guerra, Universidade Federal do Pará, Brasil
 Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares, Universidade Federal do Piauí, Brasil
 Prof. Dr. Sérgio Bitencourt Araújo Barros, Universidade Federal do Piauí, Brasil
 Prof. Dr. Sérgio Luiz do Amaral Moretti, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil
 Prof.ª Dr.ª Silvia Inés del Valle Navarro, *Universidad Nacional de Catamarca, Argentina*
 Prof.ª Dr.ª Solange Kazumi Sakata, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN)- USP, Brasil
 Prof.ª Dr.ª Stanislava Kashtanova, *Saint Petersburg State University, Russia*
 Prof.ª Dr.ª Susana Álvarez Otero – Universidad de Oviedo, Espanha
 Prof.ª Dr.ª Teresa Cardoso, Universidade Aberta de Portugal
 Prof.ª Dr.ª Teresa Monteiro Seixas, Universidade do Porto, Portugal
 Prof. Dr. Valter Machado da Fonseca, Universidade Federal de Viçosa, Brasil
 Prof.ª Dr.ª Vanessa Bordin Viera, Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
 Prof.ª Dr.ª Vera Lúcia Vasilévski dos Santos Araújo, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil
 Prof. Dr. Wilson Noé Garcés Aguilar, *Corporación Universitaria Autónoma del Cauca, Colômbia*
 Prof. Dr. Xosé Somoza Medina, *Universidad de León, Espanha*

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

E24 Educação e ensino de ciências exatas e naturais II [livro eletrônico] /
Organizador José Luis Escamilla Reyes. – Curitiba, PR: Artemis,
2024.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

Edição bilingue

ISBN 978-65-81701-29-1

DOI 10.37572/EdArt_311024291

1. Educação. 2. Ciências exatas e naturais – Estudo e ensino.
3. Professores – Formação. I. Reyes, José Luis Escamilla.

CDD 371.72

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422



PRÓLOGO

En este volumen, se presentan los resultados de varios y diversos proyectos de investigación en innovación educativa relacionados con la enseñanza de las ciencias y la ingeniería, tanto en niveles universitarios como básicos. Es así como, a través de distintas experiencias, se aborda la enseñanza de la Física, la Química Analítica y la enseñanza de temas matemáticos tales como la Aritmética y el Álgebra. También, se explora la incorporación de nuevas alternativas como la Inteligencia Artificial y sus aplicaciones en la enseñanza de las ciencias, particularmente de la Química.

Adicionalmente, en este libro se discuten los procesos de evaluación, no sólo de las actividades realizadas por los alumnos en los diferentes niveles educativos, sino de la pertinencia y adecuación del currículum en las disciplinas científicas, dentro de las que se puede mencionar a la Química Analítica y las Ciencias Exactas en general.

Por supuesto, hago la invitación a nuestros lectores para que disfruten la lectura de estos artículos de innovación educativa y, si son docentes en activo, que implementen alguna o varias de las estrategias y metodologías expuestas en este volumen con el fin de enriquecer su práctica docente y, de esta manera, contribuir en la mejora de los procesos educativos desde los niveles básicos hasta los universitarios.

Finalmente, los autores de este libro agradeceremos la retroalimentación y los comentarios propositivos que nos hagan llegar, puesto que lo más importante es asegurar que nuestros alumnos tengan una educación de calidad y que logren un aprendizaje significativo que les permita superar con éxito los problemas tanto en su formación académica como en su vida cotidiana.

Dr. José Luis Escamilla Reyes

SUMÁRIO

NUEVAS PERSPECTIVAS EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS E INGENIERÍA

CAPÍTULO 1.....1

LINEAR MOTION AND STATIC FRICTION COEFFICIENT USING HOTWHEELS TOYS

Uriel Rivera-Ortega

 https://doi.org/10.37572/EdArt_3110242911

CAPÍTULO 2.....11

INVESTIGACIÓN FORMATIVA EN QUÍMICA ANALÍTICA

Norma Ruth López Santiago

María Teresa de Jesús Rodríguez Salazar

 https://doi.org/10.37572/EdArt_3110242912

CAPÍTULO 3.....23

INTEGRACIÓN DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA ENSEÑANZA DE QUÍMICA:
EXPERIENCIAS Y DESAFÍOS

Luis Bello

 https://doi.org/10.37572/EdArt_3110242913

CAPÍTULO 4.....33

UNA MANERA DE AFIANZAR LA COMPETENCIA COMUNICATIVA EN ESTUDIANTES
DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Marta Graciela Caligaris

Georgina Beatriz Rodríguez

Lucas Matías Maggiolini

Milton Tadeo Martin

 https://doi.org/10.37572/EdArt_3110242914

CAPÍTULO 5.....41

LA INTERPOLACIÓN LAGRANGIANA, LAS SERIES DE FOURIER Y EL MODELADO
MATEMÁTICO DEL PERFIL DE FIGURAS COTIDIANAS

José Luis Escamilla Reyes

 https://doi.org/10.37572/EdArt_3110242915

CAPÍTULO 6..... 51

ANALYZING THE USE OF THE KIRKPATRICK MODEL IN HIGHER EDUCATION:
INSIGHTS FROM AN NSF-FUNDED CHEMISTRY CURRICULUM PROJECT

James Lipuma

Cristo Leon

 https://doi.org/10.37572/EdArt_3110242916

**ENFOQUES NOVEDOSOS PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EN LOS
NIVELES BÁSICOS**

CAPÍTULO 7..... 68

EL TALLER DE CIENCIAS Y EL USO DEL MÉTODO CIENTÍFICO PARA PROMOVER
EL PENSAMIENTO CIENTÍFICO EN PREESCOLARES

Karina Lisbet Ronzón Rodríguez

Ana Graciela Cortés Miguel

Kena Vásquez Suárez

 https://doi.org/10.37572/EdArt_3110242917

CAPÍTULO 8..... 81

POTENCIALIDADE DA PARTICIPAÇÃO DOS ALUNOS DO 1.º CICLO DO ENSINO
BÁSICO NAS ATIVIDADES PRÁTICAS DE CIÊNCIAS

Daniel Rui de Brito Geraldo

 https://doi.org/10.37572/EdArt_3110242918

CAPÍTULO 9..... 89

DEVELOPING LEARNERS' ALGEBRAIC MANIPULATION ABILITY: A MATHEMATICS
TEACHER/EDUCATOR REFLECTS ON PRE-SERVICE TEACHERS' INITIAL THOUGHTS

Barbara Kinach

 https://doi.org/10.37572/EdArt_3110242919

CAPÍTULO 10..... 107

ENSEÑANZA DE LAS FRACCIONES EN PRIMER CICLO BÁSICO. UNA EXPERIENCIA
DE INTERVENCIÓN CON DOCENTES

Ana Luisa Alvarado Pinto

Carmen Cecilia Espinoza Melo

Erich Leighton Vallejos

 https://doi.org/10.37572/EdArt_31102429110

SOBRE O ORGANIZADOR.....	120
ÍNDICE REMISSIVO	121

CAPÍTULO 2

INVESTIGACIÓN FORMATIVA EN QUÍMICA ANALÍTICA¹

Data de submissão: 02/10/2024

Data de aceite: 14/10/2024

Norma Ruth López Santiago

LABQA y Depto. Química Analítica

Facultad de Química-UNAM

Ciudad de México, México

<https://orcid.org/0000-0002-3198-5186>

María Teresa de Jesús Rodríguez Salazar

Depto. Química Analítica

Facultad de Química-UNAM

Ciudad de México, México

RESUMEN: La química analítica es una disciplina que juega un papel transcendental en diversas áreas como la farmacéutica, ambiental, alimentaria o forense. Los químicos analíticos tienen trabajos relacionados con el servicio, investigación y la educación, y se emplean en los sectores privados y gubernamentales, y en la academia, por ello

¹ Agradecimiento a la DGAPA por el financiamiento otorgado a través del proyecto. A la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA) de la UNAM por el apoyo otorgado a través del proyecto PE201324 Apoyo a la titulación y formación terminal desde la investigación formativa y docencia en química analítica. A la Lic. Pamela Rodríguez López por la elaboración de las figuras.

deben tener conocimientos profundos de instrumentación y estadística, una mente lógica e independiente, así como la capacidad de resolver problemas complejos. Desde esta perspectiva la investigación formativa se presenta como una herramienta esencial para el aprendizaje de la química analítica, ya que permite a los estudiantes involucrarse activamente en su proceso de aprendizaje a través de la experimentación y la resolución de problemas reales. Al integrar la investigación en el proceso de aprendizaje, se promueve una educación más dinámica y efectiva, que prepara a los estudiantes para ser investigadores competentes y profesionales capaces de enfrentar los desafíos científicos y tecnológicos del futuro. Involucrar a los estudiantes en investigaciones reales fomenta que ellos mismos construyan su conocimiento a través de la experiencia.

PALABRAS CLAVE: Investigación formativa. Química analítica. Educación superior. Enseñanza.

FORMATIVE RESEARCH IN ANALYTICAL CHEMISTRY

ABSTRACT: Analytical chemistry is a discipline that plays a transcendental role in various areas such as pharmaceutical, environmental, food or forensics. Analytical chemists have jobs related to service, research and education, and are employed in the private and government sectors, and in

academia, so they must have in-depth knowledge of instrumentation and statistics, a logical and independent mind, as well as the ability to solve complex problems. From this perspective, formative research is presented as an essential tool for learning analytical chemistry, since it allows students to be actively involved in their learning process through experimentation and solving real problems. By integrating research into the learning process, a more dynamic and effective education is promoted, which prepares students to be competent researchers and professionals capable of facing the scientific and technological challenges of the future. Involving students in real research encourages them to build their knowledge themselves through experience.

KEYWORDS: Formative research. Analytical chemistry. Higher education. Teaching.

1 INTRODUCCIÓN

La educación superior está intensamente vinculada con la investigación para iniciar la formación en investigación de los estudiantes, es decir para enseñar a hacerla; y en su aplicación directa, ya sea para la resolución de un problema concreto o bien para la generación de conocimiento (Restrepo, 2003). El proceso de formación de profesionales en el área de la química incluye el desarrollo óptimo de habilidades investigativas que le permitan proponer y llevar a cabo investigaciones científicas (Abad et al, 2021; FQ-UNAM, 2024). En este sentido la investigación formativa (IF) se ha convertido en una herramienta educativa esencial a nivel universitario, su relevancia radica en su capacidad para transformar la forma en que los estudiantes aprenden y aplican el conocimiento (Espinoza, 2020). La IF posee un enfoque educativo constructivista, se centra en el desarrollo continuo de los conocimientos y habilidades de los educandos a través de la investigación y la reflexión crítica, insertándose en el proceso de aprendizaje, para promover tanto una comprensión más profunda como la adquisición y fortalecimiento de habilidades prácticas a través de la participación activa en tareas investigativas, brinda experiencias de aprendizaje únicas en los estudios universitarios (Valencia et al, 2015; Asis et al, 2022). La IF contribuye al incremento de las capacidades y libertades humanas que favorecen la reducción de la desigualdad social (Valencia et al, 2015), y formar a los estudiantes para que tengan la capacidad de proponer, diseñar y ejecutar un proyecto de investigación en su futura área de desempeño laboral (Asis et al, 2022). LA IF hace referencia a los procesos de adquisición, construcción y reconstrucción de conocimientos (López et al, 2023), así mismo es una potente herramienta pedagógica para fortalecer el concepto de los estudiantes como investigadores desde el inicio mismo de sus carreras (Espinoza, 2020; Imbert et al, 2024).

2 INVESTIGACIÓN FORMATIVA EN QUÍMICA ANALÍTICA

La Química Analítica (QA) es una disciplina que juega un papel importante en diversas áreas, como la farmacéutica, ambiental y forense. El Depto. de Química Analítica de la Facultad de Química-UNAM la define como “...el conjunto de estrategias y tácticas de las mediciones químicas...” (FQ-UNAM, 2023). Los químicos analíticos tienen trabajos relacionados con el servicio, investigación y la educación, empleándose en los sectores privado y gubernamental, entre las actividades que pueden efectuar están: la realización de investigaciones, desarrollo y diseño de instrumentos y métodos, y preparación de la documentación relacionada (Zippia, 2024). Dado el carácter práctico del quehacer analítico y su relevancia, es crucial que los estudiantes desarrollen una comprensión profunda de los principios teóricos y habilidades prácticas específicas para identificar y cuantificar componentes químicos en diversas muestras. Desde esta perspectiva la IF se presenta como una herramienta esencial para el aprendizaje de la QA, ya que permite a los estudiantes involucrarse activamente en su proceso de aprendizaje a través de la experimentación y la resolución de problemas reales. Los alumnos aprenden y aplican los principios fundamentales de la disciplina, lo que mejora su capacidad para realizar análisis químicos precisos y confiables, a la par se fomenta un ambiente de aprendizaje colaborativo, crítico y de reflexión, promoviendo así un aprendizaje más profundo, desarrollo del pensamiento crítico, trabajo colaborativo, habilidades comunicativas orales y escritas, así como la resolución de problemas (Committee on Professional Training, 2015; Hadinugrahaningsih et al, 2017; Ananda et al, 2023; López et al, 2023).

El surgimiento de la IF se da en las aulas de clase, y es allí en donde radica su mayor capacidad de acción (Gamboa, 2013), la investigación científica es una de las características de la enseñanza superior; lo que implica que los egresados universitarios pueden y deben desarrollar durante su formación habilidades investigativas (Espinoza, 2020). En diversas universidades a nivel mundial como las Universidades de Michigan, de Barcelona, Facultad de Química-UNAM, se efectúa la inserción de los estudiantes a los procesos investigativos (Espinoza, 2020, FQ-UNAM, 2024).

3 IMPACTO Y BENEFICIOS DE LA INVESTIGACIÓN FORMATIVA EN QUÍMICA ANALÍTICA

La IF en QA facilita la comprensión de los conceptos teóricos y el desarrollo de habilidades prácticas esenciales para la resolución de problemas y la realización de

experimentos de laboratorio. Su incorporación en la enseñanza de la química analítica a nivel universitario es crucial por varias razones (Gamboa, 2013; Committee on Professional Training, 2015; Hadinugrahaningsih et al, 2017; Espinoza, 2020; Asis et al, 2022; Ananda et al, 2023; López et al, 2023; Zippia, 2024):

- A. Mejora del aprendizaje activo.** Los estudiantes participan de manera dinámica en su proceso educativo, en actividades de investigación real, se promueve una comprensión más profunda y significativa de los conceptos.
- B. Desarrollo de habilidades de investigación.** La IF permite a los estudiantes desarrollar competencias en investigación científica, a través de proyectos de investigación y estudios de caso aprenden a formular hipótesis, diseñar experimentos, analizar datos y presentar sus hallazgos, lo que les prepara mejor para roles de investigación, desarrollando su capacidad de independencia cognoscitiva.
- C. Comprensión teórica.** Apoya en la comprensión de conceptos complejos.
- D. Desarrollo de habilidades prácticas.** La IF permite a los estudiantes aplicar teorías aprendidas en el aula a situaciones prácticas, desarrollando así las destrezas prácticas en el laboratorio y en manejo de instrumentos de técnicas analíticas esenciales.
- E. Fomento del pensamiento crítico y resolución de problemas.** El involucramiento de los estudiantes en investigaciones, promueve el desarrollo del pensamiento crítico e incrementa la capacidad de resolver problemas complejos, habilidades esenciales de un químico analítico.
- F. Preparación para el mercado laboral.** La experiencia en IF prepara mejor a los estudiantes para el mercado laboral, ya que la capacidad de realizar investigaciones independientes y trabajar en proyectos colaborativos es altamente valorada.

En la Figura 1 se presenta el Impacto y beneficios de la investigación formativa en química analítica.

Figura 1. Impacto y beneficios de la investigación formativa en química analítica.



Elaborado por P. Rodríguez con información de (Gamboa, 2013; Committee on Professional Training, 2015; Hadinugrahaningsih et al, 2017; Espinoza, 2020; Asis et al, 2022; Ananda et al, 2023; López et al, 2023; Zippia, 2024).

- G. Mejora del compromiso y motivación.** La participación activa en proyectos de investigación puede aumentar el interés y la motivación intrínseca de los estudiantes, haciendo el aprendizaje más relevante y significativo.
- H. Innovaciones pedagógicas.** Ejemplos de nuevas técnicas de enseñanza que han surgido a partir de investigaciones formativas.

4 TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS UTILIZADAS

Entre las técnicas y herramientas que se emplean para implementar la investigación formativa se encuentran (Espinoza, 2020; Abad et al, 2021; Anthrologica, 2022; Asis et al, 2022), Figura 2:

- **Actividades y ejercicios**, favorecen el desarrollo de habilidades prácticas e investigativas, y fomentan la reflexión crítica del trabajo desarrollado, argumentación fundamentada y el análisis comparativo, entre otras.
- **Aprendizaje basado en problemas**, a partir de una situación problemática se promueve la investigación y se vinculan los conocimientos adquiridos con las necesidades del entorno para proponer soluciones.

- **Ensayos**, con estructura científica, apartados como antecedentes, metodología, variables, resultados, discusión y argumentación, conclusiones y referencias.
- **Estrategia de investigación**. Se adquieren y fortalecen conocimientos y habilidades, formulan de propuestas de solución a problemas, hay gestión de información, uso de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, integración del estado del arte y construcción del marco teórico referencial.
- **Proyectos institucionales de investigación**, para integrar la docencia y la investigación. Permiten una participación relevante del alumno, ya que éste puede contribuir en el desarrollo, validación y aplicación de métodos analíticos, participara en la generación de los documentos científicos como protocolos, procedimientos o informes, en procesamiento de la información.
- **Prácticas profesionales**, las cuales pueden ser efectuadas por el alumno en laboratorios relacionados al área de la química analítica, donde se pueden aplicar y consolidar los conocimientos adquiridos durante sus estudios universitarios para la solución de problemas específicos.
- **Semilleros**. Son una estrategia que permite abordar el conocimiento de forma constructiva y activa, la participación en ellos favorece el trabajo en equipo, independiente, dirigido; fomenta la creatividad; permite la generación de estrategias de investigación y de herramientas metodológicas, y resultan beneficiosas tanto para docencia como para investigación.
- **Trabajo cooperativo**, se asimilan los elementos que integran el proceso de investigación, se desarrollan y consolidan habilidades diversas como elaborar propuestas, protocolos, llevara a cabo experimentos, procesar y analizar los resultados e interpretarlos; para finalmente elaborar y presentar el informe de la investigación.

Figura 2. Técnicas y herramientas de la investigación formativa.



Elaborado por P. Rodríguez con información de (Espinoza, 2020; Abad et al, 2021; Anthrologica, 2022; Asis et al, 2022)

5 APLICACIÓN A LA QUÍMICA ANALÍTICA

Diseñar estudios de IF en QA implica seguir un proceso estructurado para explorar y desarrollar métodos analíticos, técnicas de instrumentación y aplicaciones prácticas. A continuación, se presenta una propuesta de estrategia para investigación formativa, vista como un proyecto de investigación-acción (Gamboa, 2013; Hernández et al, 2014; Espinoza, 2020; Hurtado, 2020):

- A. Definición del Problema o tema de investigación.** Definir con claridad el problema que se desea resolver y justificar por qué es importante abordarlo y cómo podría beneficiar la aplicación específica.
- B. Revisión en la literatura.** Hay que explorar la literatura científica pertinente al tema para identificar los métodos que ya se encuentran propuestos, así como sus fortalezas y debilidades.
- C. Establecimiento de objetivos y preguntas de Investigación.** Se deben definir los objetivos que se desean alcanzar, por ejemplo, desarrollar y validar un nuevo método analítico o mejorar la precisión intermedia de un método existente. También hay que formular las preguntas de investigación que

se deben responder tanto con la investigación teoría como con el trabajo experimental, las interrogantes deben ser investigables y relevantes para tu campo de estudio.

- D. Metodología experimental.** Efectuar la selección de métodos y técnicas, y diseña una estrategia de la experimentación, incluyendo la definición de insumos, equipos, tipo de muestras, controles de calidad, los participantes, como se hará la documentación, y el tiempo estimado.
- E. Trabajo experimental.** Realizar los experimentos de acuerdo con el plan diseñado, documentando cada etapa. Para el análisis de datos es esencial el empleo de métodos estadísticos.
- F. Evaluación preliminar.** Evaluar los resultados que se han obtenido, y la correspondencia con los objetivos y preguntas de investigación. Con base en ellos se pueden ir obteniendo conclusiones preliminares sobre la viabilidad y eficacia de los métodos analíticos desarrollados o mejorados.
- G. Iteración y ajuste.** La perspectiva de la investigación-acción del proyecto se basa en ciclos repetidos de análisis para conceptualizar y rediseñar el problema una y otra vez. Así con base en los hallazgos, se refina el proyecto, por medio de ajustes al enfoque experimental si es preciso y se realiza las iteraciones necesarias para mejorar los métodos desarrollados. Cuando es pertinente se realiza una validación preliminar de los métodos desarrollados para evaluar su robustez y aplicabilidad.
- H. Documentación.** Informe detallado de la investigación incluyendo una introducción, objetivos, preguntas de investigación, la metodología empleada, resultados obtenidos y conclusiones alcanzadas, y las referencias consultadas.
- I. Comunicación.** Durante todo el proceso investigativo debe haber una interacción constante entre estudiante y el docente responsable (tutor. Para compartir el trabajo con la comunidad científica se pueden presentar los hallazgos de la investigación en eventos académicos y considerar la publicación en revistas especializadas.

Ejemplo: Evaluación de metodologías analíticas para la determinación de contaminantes orgánicos

Tema de Investigación: Desarrollo de un método analítico para la determinación de contaminantes orgánicos en muestras de agua potable.

A. Definición del problema o tema de investigación

- Identificación. Desarrollar un método analítico sensible y selectivo para detectar trazas de contaminantes orgánicos en agua potable.
- Justificación. Mejorar la seguridad y calidad del agua potable mediante la detección temprana y precisa de contaminantes que podrían representar riesgos para la salud pública.

B. Revisión en la literatura

- Revisión de métodos existentes para la extracción y determinación de contaminantes orgánicos en agua.
- Selección de la literatura relevante

C. Establecimiento de Objetivos y preguntas de Investigación

- Objetivo. Desarrollar un método de cromatografía de líquidos para la detección simultánea de contaminantes orgánicos en agua potable.
- Preguntas de investigación. ¿Cuáles son las condiciones óptimas para la extracción de los contaminantes orgánicos de las muestras de agua potable? ¿Cuáles son las condiciones cromatográficas más adecuadas para cuantificar a los analito de interés?

D. Metodología experimental

- Elección justificada del método con el que se trabajará.
- Diseño de experimentos para optimizar la extracción de muestras y las condiciones cromatográficas.

E. Trabajo experimental

- Ejecución de experimentos
- Procesamiento de los datos y análisis estadístico.

F. Evaluación preliminar

- Evaluación de la sensibilidad, precisión y robustez del método desarrollado, y de otros factores como manejo y almacenamiento de muestras, costo, tiempo,
- Conclusiones preliminares. Determinación de la aplicabilidad del método para la detección de contaminantes orgánicos en muestras reales de agua potable.

G. Iteración y ajuste

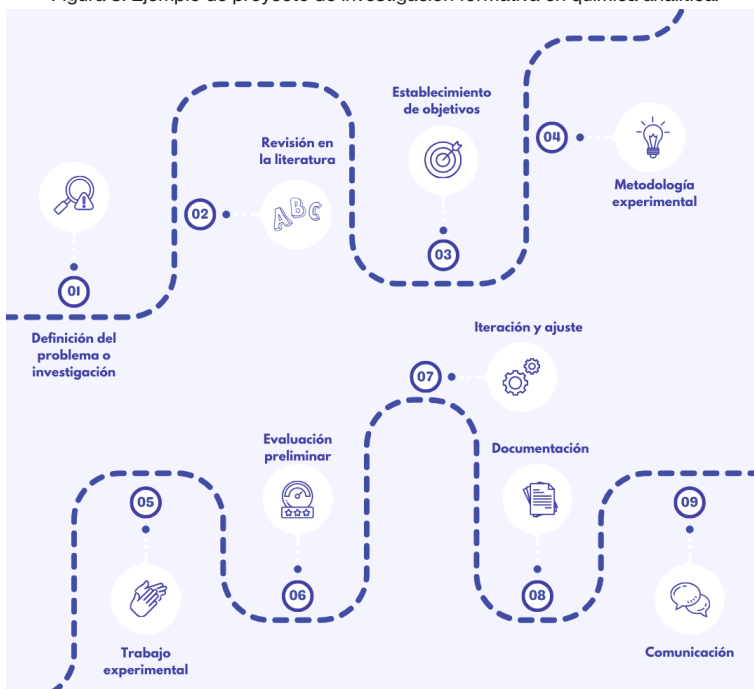
- Refinamiento. Modificación del método según sea necesario para optimizar los parámetros de desempeño del mismo.
- Aplicación a muestras reales.

H. Documentación. Protocolo de desarrollo y validación del método, registros técnicos e informe de resultados.

I. Comunicación (algunas opciones). Informe, presentación en foros académicos y/o publicación de artículo

Diseñar estudios de investigación formativa en QA requiere paciencia, meticulosidad y una comprensión profunda de los principios científicos y técnicas analíticas pertinentes, en la Figura 3 se presenta la secuencia propuesta a seguir en un proyecto de investigación formativa en QA.

Figura 3. Ejemplo de proyecto de investigación formativa en química analítica.



Elaborado por P. Rodríguez con información de (Gamboa, 2013; Hernández et al, 2014; TIC Innovación, 2015; Espinoza, 2020; Hurtado, 2020)

6 CONCLUSIÓN

La investigación formativa en química analítica representa una metodología poderosa que va más allá de la simple transmisión de conocimiento. Al integrar la investigación en el proceso de aprendizaje, se promueve una educación más dinámica y efectiva, que prepara a los estudiantes para ser investigadores competentes y profesionales capaces de enfrentar los desafíos científicos y tecnológicos del futuro. Involucrar a los estudiantes en investigaciones reales fomenta que ellos mismos

construyan su conocimiento a través de la experiencia directa y la reflexión crítica, se preparan para afrontar desafíos profesionales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abad Camacho, C. G., Rivera Ríos, A. R., y Romero Arcaya, A. S. (2021). La titulación profesional como corolario de la investigación formativa en Ecuador. *Revista Sociedad & Tecnología*, 1(1), 18-27. ISSN: 2773-7349

Ananda, L., Rahmawati, Y., y Khairi, F. (2023). Critical Thinking Skills of Chemistry Students by Integrating Design Thinking with STEAM-PjBL. *Journal of Technology and Science Education*, 13(1), 352-367. <https://doi.org/10.3926/jotse.1938>

Anthrologica. (2022). *Anthrologica.com/*. Recuperado el 19 de 06 de 2024, de https://www.anthrologica.com/application/files/7016/7885/1477/Anthrologica_WFP_Methods_Paper_Spanish_FINAL.pdf

Asis López, M. E., Monzón Briceño, E., & Hernández Medina, E. (2022). Investigación formativa para la enseñanza y aprendizaje en las universidades. *Mendive*, 20(2), 675-691. ISSN: 1815-7696

Committee on Professional Training. (2015). *American Chemical Society*. (A. C. Society, Ed.) Recuperado el 12 de 06 de 2024, de <https://www.acs.org/content/dam/acsorg/about/governance/committees/training/acsapproved/degreeprogram/development-of-student-skills.pdf>

Espinoza Freire, E. (2020). La investigación formativa. Una reflexión teórica. *Revista Conrado*, 16(74), 45-53. ISSN: 1990-8644

Facultad de Química UNAM. (2023). Obtenido de Departamento de Química Analítica: <https://quimica.unam.mx/la-facultad/organizacion/departamentos-academicos/quimica-analitica/#presentacion-qa>

FQ-UNAM. (2024). *Facultad de Química-UNAM*. Recuperado el 26 de 06 de 2024, de <https://quimica.unam.mx/ensenanza/licenciaturas/presentacion/>

Gamboa Bobadilla, C. A. (2013). *Apuntes sobre investigación formativa*. Ibagué, Colombia: © Carlos Arturo Gamboa Bobadilla. ISBN: 978-958-44-3693-1

Hadinugrahaningsih, T., Rahmawati, Y., y Ridwan, A. (2017). Developing 21st Century Skills in Chemistry Classrooms: Opportunities and Challenges of STEAM Integration. En *The 4th International Conference on Research, Implementation, and Education of Mathematics and Science (4th ICRIEMS)* (030008-1-030008-8). Melville, New York: AIP Publishing. doi: 10.1063/1.4995107

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la investigación* (6ta ed.). México: McGraw-Hill.

Hurtado de Barrera, J. (2020). *CESE*. Recuperado el 2024, de <https://dariososafoula.files.wordpress.com/2017/01/hurtado-de-barrera-metodologicc81a-de-la-investigaciocc81n-guicc81a-para-la-comprensioocc81n-holicc81stica-de-la-ciencia.pdf>

Imbert Romero, D., Rebollo, C., Cabrera Borges, B., Elósegui, E., Torres, J., y Otero, L. (2024). Formative research in teacher training: A case study carried out in Uruguay. *International Journal of Educational Research*, 125(1), 1-12. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijer.2024.102345>

López Roque, F., López Medina, F. L., y Moreira Macías, B. A. (2023). The Investigative Training from the improvement of the Educational Research Methodology in the Bachelor's Degree in Chemical Education. *Luz*, 22(4), 77-93. doi:ISSN 1814-151X

Restrepo Gómez, B. (2003). Investigación formativa e investigación productiva de conocimiento en la universidad. *Nómadas*, 18, 195-202.

TIC Innovación. (2015). B05.02 Las 4 fases de la Investigación - Acción. *B05.02 Las 4 fases de la Investigación - Acción*. España, España.

Valencia, J., Macias, J., y Valencia, A. (2015). Formative research in higher education: some reflections. *Procedia. Social and Behavioral Sciences*, 176, 940-945. :doi: 10.1016/j.sbspro.2015.01.562

Zippia. (2024). Zippia "The career expert". Recuperado el 17 de 06 de 2024, de <https://www.zippia.com/analytical-chemist-jobs/>

SOBRE O ORGANIZADOR

Dr. José Luis Escamilla Reyes- Profesor del Tecnológico de Monterrey, Campus Ciudad de México desde 1998. Doctor en Física por la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. Cuenta con una experiencia docente de 32 años. Es coautor de Manuales de Física II y Física III, así como de dos ebooks, uno sobre Física General y otro sobre Óptica y Física Moderna. Está certificado en el Programa de Desarrollo de Habilidades Docentes del Tecnológico de Monterrey. Ha participado con varios trabajos en Congresos Nacionales e Internacionales relacionados con la Física de Semiconductores de los grupos IV y III-V. Sus áreas de interés son: fuentes alternativas de energía, Física del Estado Sólido, diseño y aplicaciones de los MEMS y modelación matemática de Sistemas Complejos. Ha publicado más de 15 trabajos arbitrados y memorias en congresos. Colaboró en el diseño y construcción de láseres pulsados de N₂ en el Laboratorio de Óptica Cuántica de la Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa (UAMI). En el Tecnológico de Monterrey Campus Ciudad de México, participó en el desarrollo de un prototipo de Celda de Combustible con membrana de intercambio protónico (PEMFC) de alta eficiencia. Obtuvo la Medalla al Mérito Académico por el mejor promedio de Maestría otorgada por la UAMI. Fue líder de la Cátedra de Investigación “Micro Sistemas Electromecánicos: Diseño y aplicaciones” del Tecnológico de Monterrey, Campus Ciudad de México y miembro del SNI.

ÍNDICE REMISSIVO

A

ADDIE Approach 51

Atividades práticas 81, 82, 86, 87

C

Circular economy 51, 52, 53, 59, 60, 66

Coefficient of static friction 1, 6, 9

Competencias 14, 32, 33, 34, 35, 40, 79, 80, 81

Comunicación oral 33

Cultura científica 81, 82

D

Doctoral pedagogy 51

E

Educação em ciências 81, 83

Educación 11, 12, 13, 20, 23, 24, 25, 31, 32, 33, 40, 52, 70, 79, 80, 107, 108, 110, 112, 118

Educación superior 11, 12, 52

Enseñanza 11, 13, 14, 15, 21, 23, 24, 31, 32, 36, 37, 69, 80, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 115, 116, 117, 118, 119

Enseñanza de las fracciones 107, 110, 118

Enseñanza de química 23

Environmental challenges 51

Experiment 1, 3, 4, 5, 6, 7, 105

F

Formación del profesorado 107, 108

Fracciones 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119

Funciones definidas a trozos 41

I

Interdisciplinary chemistry education 51

Interpolación Lagrangiana de funciones 41

Investigación formativa 11, 12, 13, 14, 15, 17, 20, 21, 22

K

Kirkpatrick Model 51, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 64, 65, 66, 67

L

Linear motion 1, 2, 3, 4, 9, 10

M

Método científico 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80

Metodología de enseñanza 36, 107

P

Participação 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87

PCK for Simplifying Algebraic Expressions 89, 96

Pensamiento científico 68, 70, 71, 72, 73, 74, 78, 79, 80

Personalización del aprendizaje 23, 27, 28, 31

Q

Química analítica 11, 13, 14, 15, 16, 17, 20, 21

R

Registros semióticos 33, 35, 38, 39, 40

S

Series de Fourier 41, 42, 45, 46, 48, 49

Socio-economic governance 51

STEM resource 1

Sustainability education 51

Sustainable Development Goal 4 Quality Education (SDG 4) 51

T

Taller 68, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 79, 80

Tecnologías educativasal 23

Transdisciplinary communication 51

1.º Ciclo do Ensino Básico 81, 87